

导语：承载网是5G端到端系统的基础，如何建设高效、成本最优的承载网以满足5G时代的要求成为业内关注的焦点。作为较早开始探索5G承载方案的省份，针对承载创新方案，浙江移动早在2016年11月就联合华为公司成立5G承载创新项目组，对5G承载方案进行了很多有益的实践和探索。对于这些探索，浙江移动规划部副总沈刚为总结为：要看清目标网络，关注技术方案的变化会对运营商带来哪些实质的影响、如何快速规模建设；其中基础资源规划先行，技术需要结合资源探索最合适、高效的方案；基础资源规划最终要形成方法论和明确的指导原则，指导规模生产。希望浙江移动关于5G承载网的一些创新思路和经验对业界同仁有所借鉴，共同推动5G网络建设。

5G将至 承载先行 ——浙江移动探索5G承载方案

吴晓峰 王晓义

摘要 介绍5G的三大典型应用场景以及5G演进产生的技术新需求，分析面向5G需求，承载网必须具备的关键技术，进行如何建设高效、成本最优的承载网以满足5G需求的承载方案探索。

关键词 5G 承载网 高效 成本最优 承载方案

1 引言

ITU定义5G的三大类典型应用场景，包括eMBB（移动宽带增强）、uRLLC（超高可靠、超低时延通信）、mMTC（大规模物联网）。5G将渗透到未来社会的各个领域，以用户为中心构建全方位的信息生态系统，最终实现“信息随心至，万物触手及”的总体愿景。5G三大类应用场景如图1所示。

2 5G时代产生的新需求

看5G无线架构演进，相比4G时代基站划分为BBU与RRU两个功能单元，5G无线基站功能将分解为CU、DU和RRU三个功能模块。CU、DU、RRU这三个模块可分可合，非常灵活，可能出现多种部署形态。承载网需要满足灵活转发需求，满足DU多归属，基站之间COMP或CA等协同需要。5G部署形态见表1。

看5G核心网的变化，5G时代，eMBB/uRLLC/mMTC业务对网络的带宽、时延等要求差异化巨大。2016年年底，3GPP确定5G网络架构，以C/U分离实现用户面分布式部

署，控制与承载的分离使得用户面变得简单，可以灵活地部署在业务体验需要的地方。核心网云化下移给承载网带来的最大变化是连接变化，单个基站存在到不同核心网的流量，如自动驾驶业务在边缘的MEC处理，视频类等业务则在本地DC处终结；由于内容备份、虚拟机迁移等需要，不同层级核心网之间也存在流量，导致整个网络的流量呈现Mesh化。为了应对Mesh化的连接以及连接的不确定性，承载网需要将L3下移，至少下移至MEC所在的位置，从而灵活地调度。5G核心网变化示意如图2所示。

由此可见，5G三大类典型业务场景的性能要求（大容量、低时延、多连接），以及无线网和核心网架构的演进，对承载网的需求主要体现在带宽、时延、同步、灵活连接、网络分片能力等方面。

(1)5G大带宽需求。按NGMN的带宽规划原则，单站峰值=单小区峰值+均值×(N-1)，单站均值=单小区均值×N；理论带宽计算得出5G低频站单站峰值带宽约5Gbit/s，均值约3Gbit/s，高频站峰值近20Gbit/s；因此，理论上来看，5G接入环需支持50GE/100GE；汇聚环需支持

100GE/200GE，核心环需支持200GE/400GE甚至T级别。

(2)5G低时延需求。不同的应用对时延的要求不同，其中uRLLC业务对承载网的时延挑战最大，具体见表2。5G uRLLC 场景，自动驾驶是重要应用之一，从3GPP当前定义来看，为避免汽车相撞，5G网络在理想状态下的时延为1ms，端到端时延125 μs，对传送网挑战大，每台设备的时延要控制在10 μs以下，光纤1km时延5 μs。为满足5G超低时

延业务需求，除了承载设备降低单跳时延之外，主要需要通过降低空中接口时延以及核心网下移，减少业务转发路径带来的光纤时延。

(3)5G网络切片需求。网络切片即在一个物理网络中，将相关的业务功能、网络资源组织在一起，形成一个完整、自治、独立运维的逻辑网络，满足特定的用户和业务需求。网络切片的第一推动力来源于5G的多样化应用场景，每种应用

场景的需求差别很大。NGMN提出的网络切片如图3所示。

(4)5G网络自动化需求。通过SDN自动化简化业务布放，满足一张物理网络支撑海量的不同SLA的定制等需求。具体可以分为以下三个方面。

- 按需的连接：承载网连接要以敏捷的方式，通过SDN提供分钟级自动化的连接。

- 切片全生命周期自动管理：网络切片的生成、调整、删除。

- 业务跨域快速布放：通过SDN自动化提升业务的跨域布放。

(5)5G时钟同步需求。5G NR使用超短帧，超短帧子载波越大，留给基本业务和协同业务时间同步的裕量越小，要求同步精度更高。基本业务时间同步：基本业务同步避免基站上行与下行重叠产生干扰。5G基本业务同步要求 ± 1.5 μs，同TDD LTE时间同步要求相同，协同业务时间同步：5G协同类业务可以减少物理小区之间交叠区域的同频

表1 5G部署形态

部署形态1	与传统4G宏站一致，CU与DU共硬件部署，构成BBU单元	
部署形态2	DU部署在4G BBU机房，CU集中部署	
部署形态3	DU集中部署，CU更高层次集中	
部署形态4	CU与DU共站点集中部署，类似4G的CRAN方式	

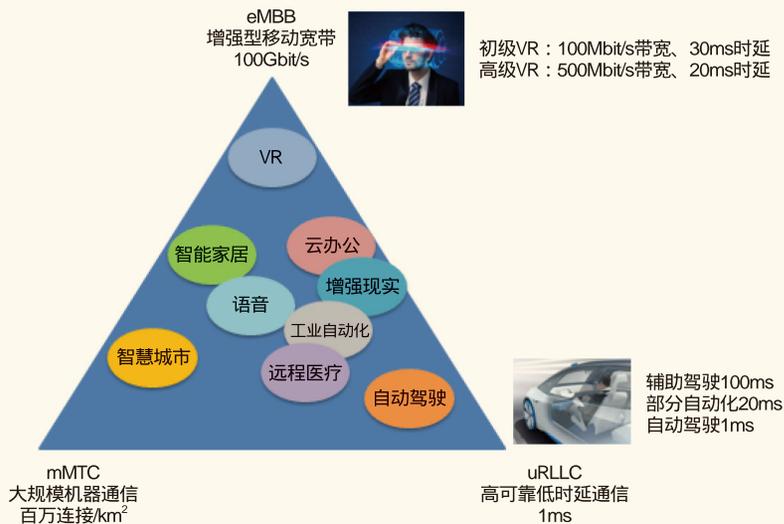


图1 5G三大类应用场景示意

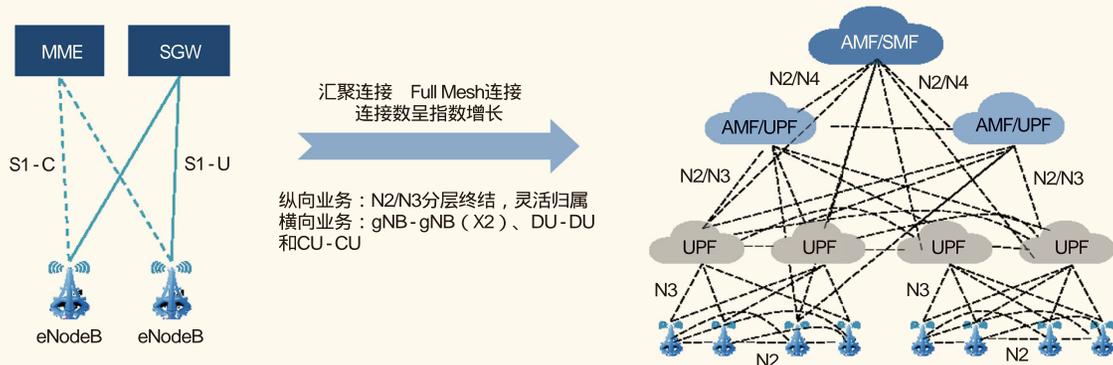


图2 5G核心网变化示意

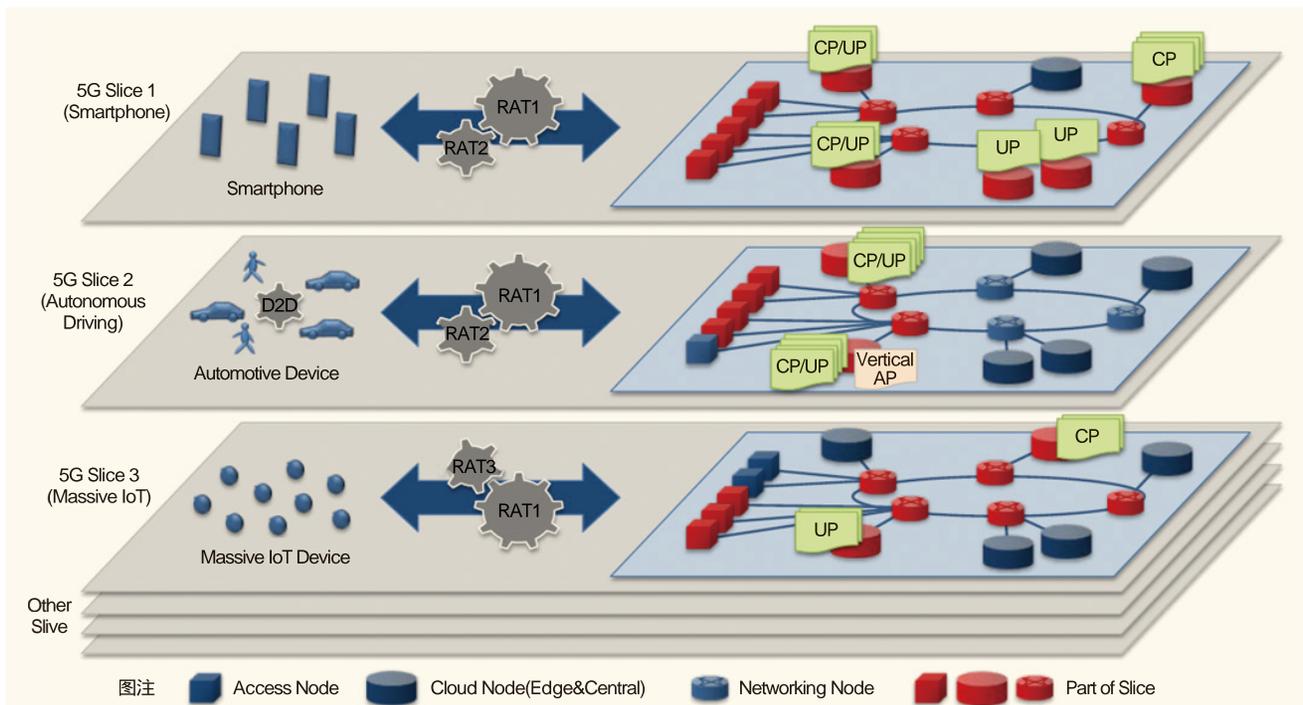


图3 NGMN提出的网络切片

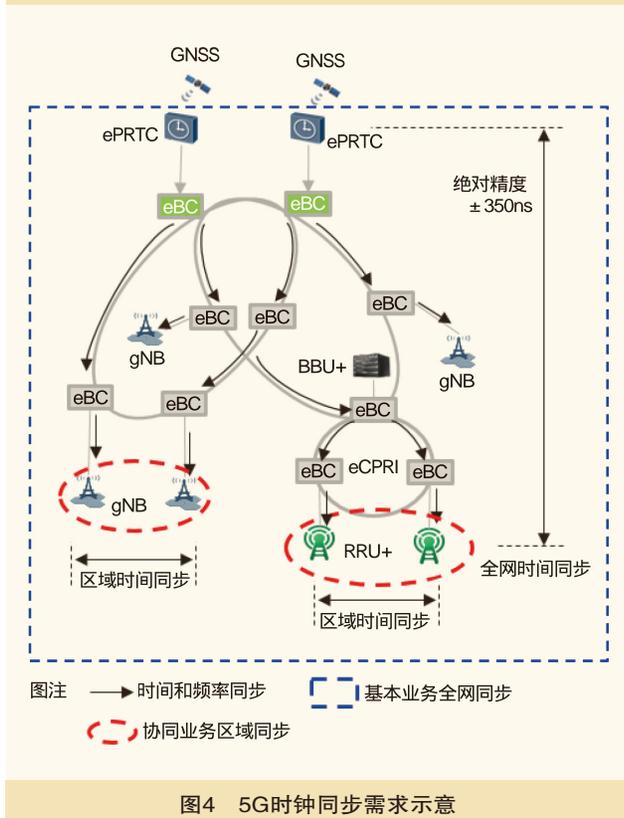


图4 5G时钟同步需求示意

干扰，改善小区边缘网络性能，5G协同特性需要高精度时间同步来进行多个站点间的信号协同。5G协同类业务对高精度时间同步的要求为 $\pm 350\text{ns}$ ，具体如图4所示。

表2 不同应用对时延的要求

对比项	4G时延	标准参考	5G时延	标准参考
User Plane (one way)	10ms	TR 25.913	参考各业务标准	-
Control Plane	100ms	TR 25.913	10ms	TR 38.913
V2X	20~100ms	TS 22.185	3~10ms	TS 22.186
eMBB	10ms	NA	10ms	TR 22.863
mMTC	NA	NA	时延不敏感	TR 22.861
Critical Communication	NA	NA	0.5~25ms	TR 22.862
RRU DU	100 μs	IEEE 802.1CM	100 μs	eCPRI Transport Network D0.1
UE CU (eMBB)	-	-	4ms	TR 38.913
UE CU (uRLLC)	-	-	0.5ms	TR 38.913



图5 5G基础设施需求示意

(6)5G基础设施需求。5G架构变化，CU部署在综合业务接入/汇聚机房，要求云化部署；5G DU在综合接入/汇聚机房，CRAN对电源、空间、光纤等方面的扩展性要求高；

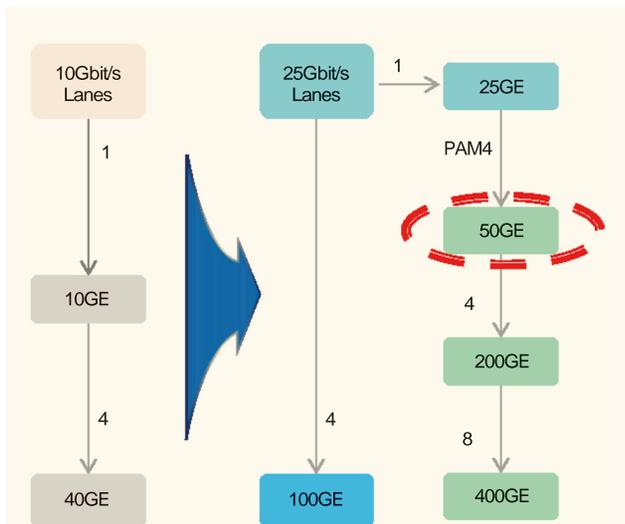


图6 以太网高速接口光电平台

5G DU在站址机房（铁塔资源）要求在现有4G BBU的综合柜中，新增1~2个5G DU；未来网络面临云化和IT化的需求，大量的服务器资源对机房数量、面积、供电等基础资源提出挑战，具体如图5所示。

3 5G时代承载网需具备的关键技术

总体来看，面向5G的需求，承载网必须具备以下关键技术。

(1)大带宽技术。以太网高速接口光电平台演进路线：2.5G（GE/FE）→10G（10GE/40GE）→25G（25GE/100GE）→50G PAM4（50GE/200GE/400GE）；接入层采用基于PAM4的高性价比50GE组网，未来可以平滑升级到100GE组网；汇聚层采用200GE/400GE环型组网，骨干汇聚核心层面向DC中心，初期采用200GE口字型组网，后期支持400GE或T级别组

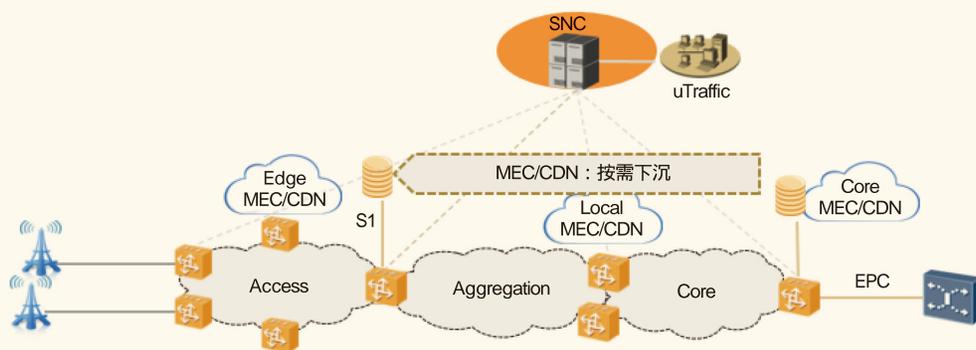


图7 传输时延的降低

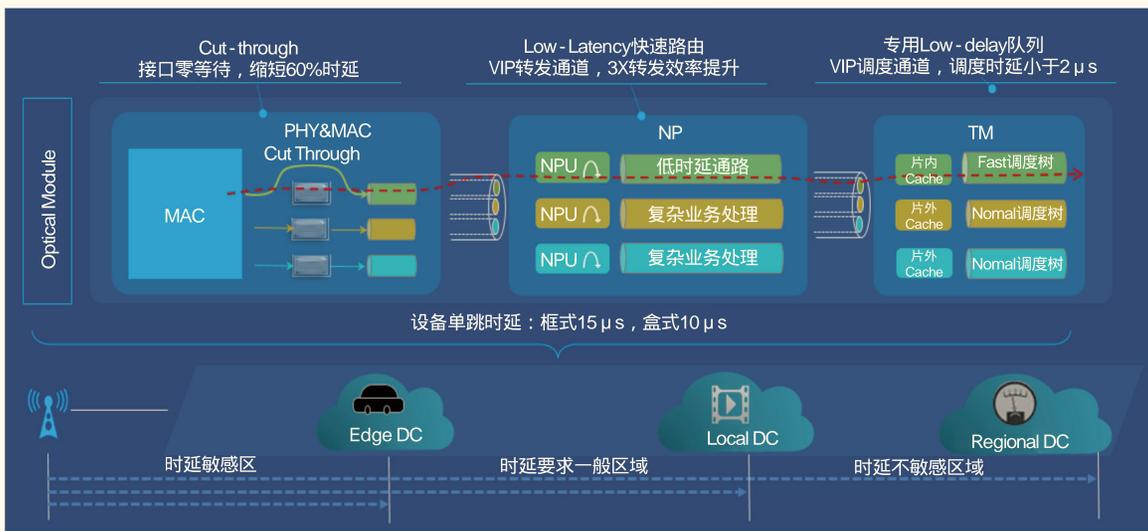


图8 设备时延降低

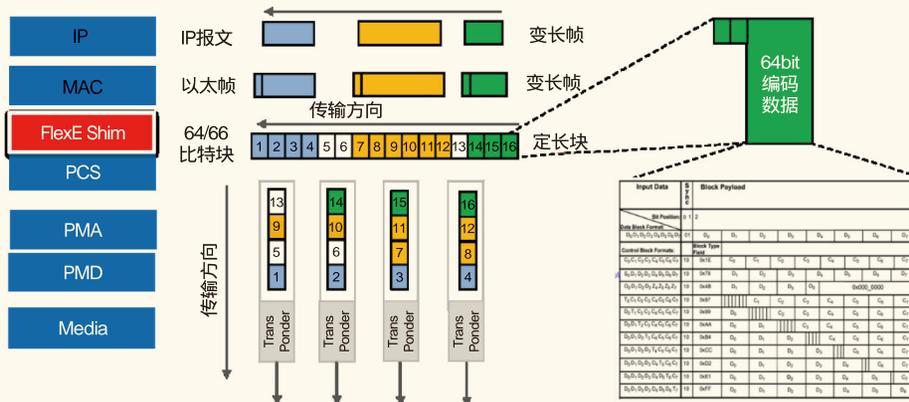


图9 网络切片技术

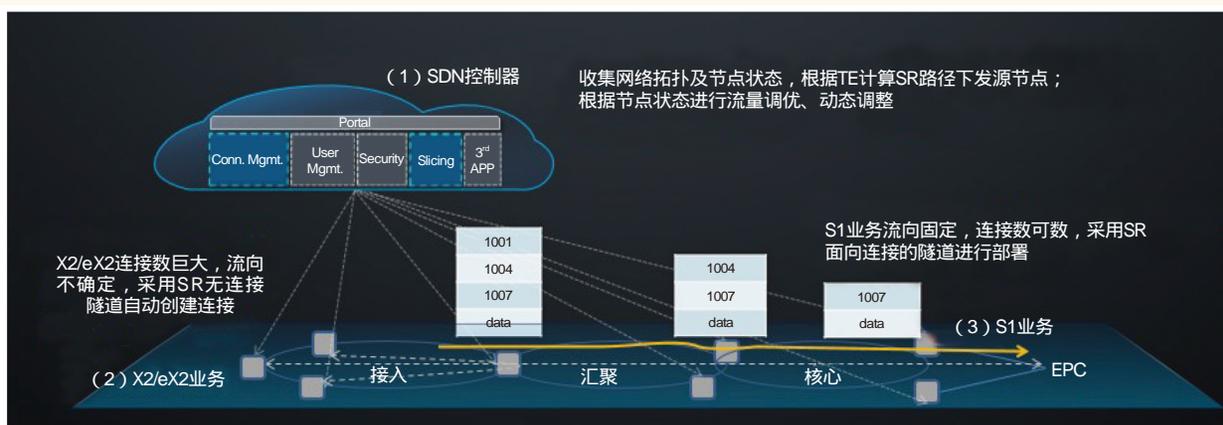


图10 灵活组网技术

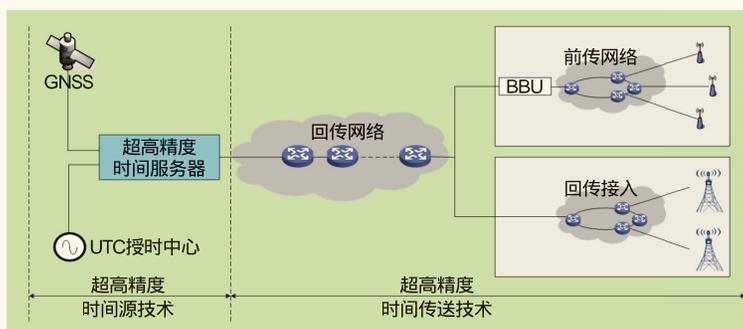


图11 高精度时钟同步

网，具体如图6所示。

(2)超低时延技术。承载网络的时延主要由两部分构成：光纤传输时延和设备时延。光纤传输时延是刚性的，每千米光纤传输时延为5 μs，降低这种时延的唯一方法就是减少传输距离；设备转发时延是弹性的，降低这种时延的方法有两个：一是降低报文转发的处理时延，二是降低报文的调度时延，即避免拥塞。关于传输时延的降低，需要应用网关

分类下移，提供业务就近接入。对于时延敏感的业务，将网关下沉到网络边缘，甚至下降到站点，大幅减少终端到网关的通信距离，从而降低传输时延，具体如图7所示。

关于设备时延降低，主要是设备转发和调度时延降低；可以实现框式设备单跳时延小于15 μs，盒式设备单跳时延小于10 μs，具体如图8所示。

(3)网络切片技术。FlexE实现网络切片是基于传统以太

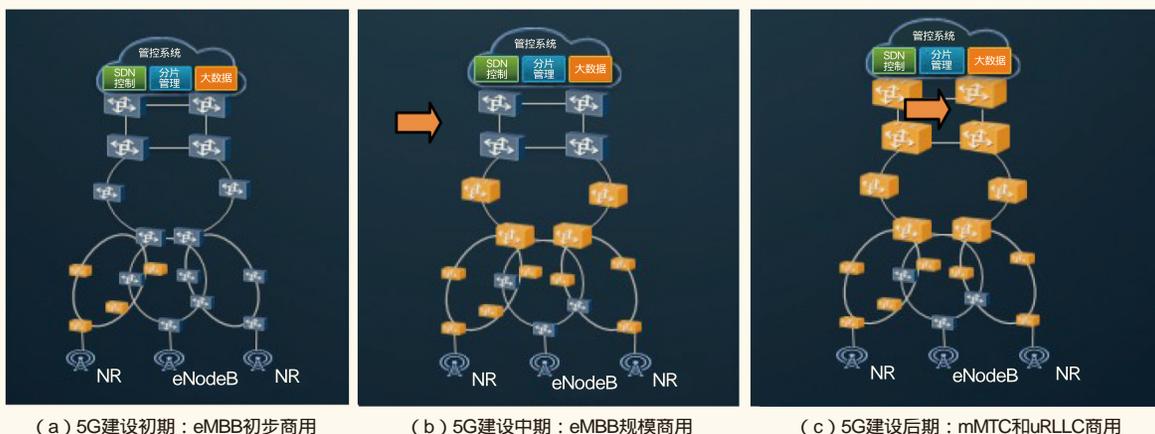


图12 现有PTN初期、中期、后期变化

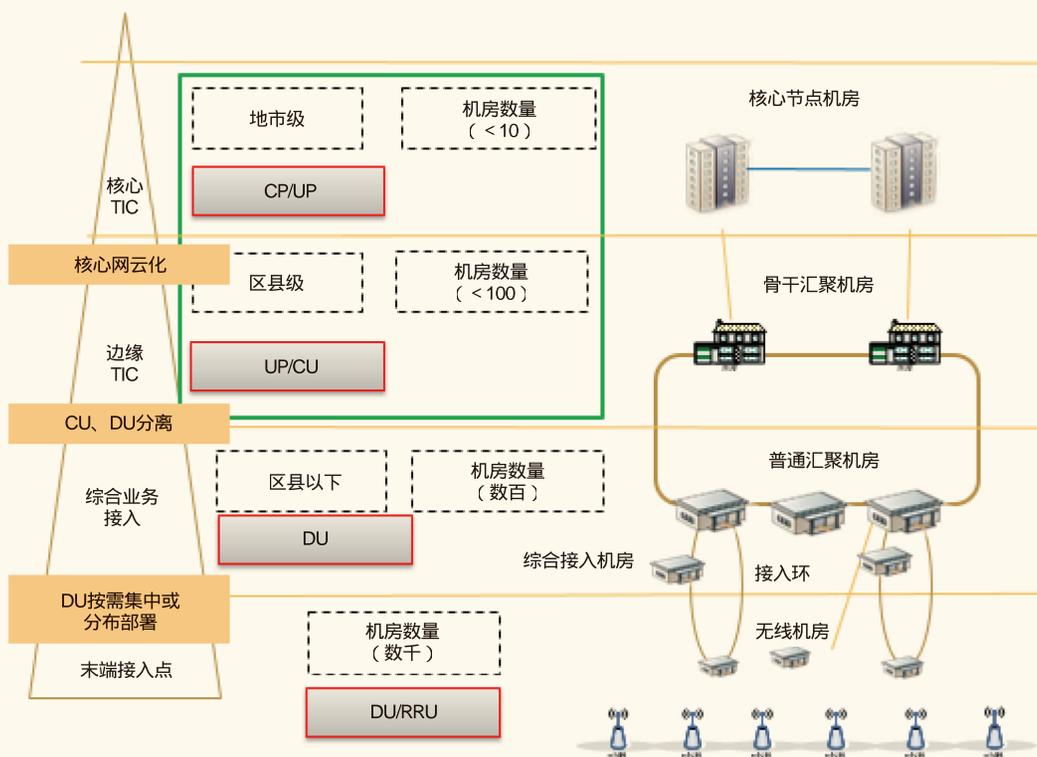


图13 基础网建设示意

网的轻量级增强，引入FlexE Shim（时隙化技术），采用64/66bit以太网的物理层码块，基于64/66bit块构成时隙，实现业务的隔离和捆绑；简单来讲，FlexE=标准以太网+时隙调度Shim，具体如图9所示。

(4)灵活组网技术。L3到边缘，支持多业务Mesh化流向，采用SR简化路由协议，业务调整仅源节点下发，转发节点不感知业务状态，只维护拓扑信息，同时与SDN控制器无缝衔接。SDN统一管理网络，实现端到端业务流量管理和路由调优，实现自动化业务发放，整网统一管控和运维，具

体如图10所示。

(5)高精度时钟同步。采用超高精度的时间基准源技术和超高精度的时间传送技术，保证5G端到端网络同步精度提升，具体如图11所示。

考虑到5G承载需求的节奏（初期只有eMBB业务），现有的PTN初期以容量提升为主，建议热点城区接入环升级支持50GE，部分区域10GE环可满足少量5G站接入，同步启动管控系统规划建设，L3逐步下移；中期根据流量变化逐

（下转19页）

浙江移动探索面向5G承载的基础资源规划方法

田 君 王 坚

摘要

浙江移动联合华为在面向5G承载的创新探索中，首先从基础资源入手，区分不同地市、业务区，分场景进行规划工作；通过无线和固网联合试点、成片试验区验证，逐步明确规则、流程和固化规划模板，形成方法论和建设指导意见，指导地市规模生产。

关键词

5G 承载网 基础资源

1 引言

目前5G无线、核心网标准和规范逐渐冻结，5G承载网技术方向基本明确，规模商用已提上议事日程。根据以往3G、4G建设经验，合理的基础网络资源包括节点机房和配套，对快速建网、持续发展、构筑领先竞争力起到至关重要的作用。

5G对基础资源的主要挑战是如何满足更密5G基站的部署，如何规划CRAN节点机房数量、机房资源、光缆网，如何应对转控分离、云化部署对IT资源的诉求。

由于5G发展还存在一些不确定性，资源规划同步跟踪关键技术进展，如无线频谱规划、设备形态、接口技术等，及时修正规划参数，将资源规划和技术发展相结合，探索最合适、高效的方案。

浙江移动在实际探索中，梳理规划的总体思路，形成看需求、定架构、筹储备、求验证和出成果的一套方法论。

2 看需求

基于对5G无线、核心网、承载网技术方向和部署方案的初步判断，确定影响基础资源的关键因素，假设量化参数，并结合实践以及无线相关规范、标准变化，逐步修正参数。

相比较4G，5G承载需求的变化主要体现在更大带宽、更低时延、更高精度同步、切片以及转控功能分离、弹性承载新架构等方面。经分析归纳，5G承载对基础网的影响主要在如下几个方面。

(1)5G无线站加密带来接入方式、资源需求的变化。5G无线站加密的参数是影响基础资源站点、光纤储备的关键因素，目前依据可能的频谱资源、无线规划，设计加密系数在

1.2~2.0，在地市实践中，依据各个试验区的业务情况、现网情况，分别修订各自的加密系数。

(2)CRAN和站间协同。5G加密组网后，热点区域存在干扰影响问题，为提升用户感知，优化覆盖，5G CRAN成为组网方式之一。基础网储备的重点在于依据无线的输入，结合现有基础网情况，新建（或改造）CRAN节点以及为CRAN组网提供光缆网连接。

(3)无线CU、DU分离，CU集中、云化部署。CU、DU分离是个长期的目标架构，目前部署方式和价值仍在探讨中。预判5G DU设备形态和4G BBU没有区别，主要需要考虑CU基于通用服务器的部署要求，可能的网络位置在汇聚层的部分机房。长远看，需要做机房IT资源的储备；近期看，CU的部署还存在较大不确定性，在资源规划中先作为需求项跟踪，具体操作时可暂不考虑。

(4)核心网CP、UP分离，网关下移。判断5G初期的eMBB业务网关键位置在核心层，资源不是瓶颈问题。面向垂直行业的uRLLC业务还比较遥远，需求不紧迫，在资源规划中先作为需求项跟踪，具体操作时可暂不考虑。

3 定架构

浙江移动在看清5G需求变化趋势的基础上，联合华为无线网、固网进行面向5G超密组网试点，验证无线加密系数，依据无线规划，区分场景、重构接入层模型。

首先，需要针对不同地市、不同区域的基础网资源进行信息收集和现场勘查，对现有资源情况进行梳理、分析，判断基础网与5G承载需求的适配和差距。

基础网资源的梳理重点包括区域业务情况、机房数量和

面积、空闲资源如机位和可装机容量、上下行光缆、传输类型和数量，以及机房布局、网元连接拓扑等，得出以下基本结论。

(1)大部分的站址机房和已有接入机房资源满足作为5G DRAN站址的条件（新增1~2个5G站）。

(2)绝大多数站址机房和已有接入机房不适合作为5G CRAN节点机房，动力、光缆匹配度较低，需要优化改造，其中动力的改造难度大，是主要瓶颈。可改造的接入机房比例比较低。

(3)预判5G基站、传输设备形态不会发生变化（1U~3U，300mm），安装灵活，对空间、机位压力不大。

在杭州试验区，无线按照预设的覆盖目标，进行试验区超密组网规划，超密覆盖规划结果是宏站/室内分布系统适度加密，杆/微站大幅加密，整体加密幅度32%，具体如图1所示。

试验区验证CRAN组网方案进行室外宏站连片覆盖，降低热点地区系统内同频干扰，在5G超密组网示范区中规划9大区块，在已经完成的CRAN簇中平均集中6~8个宏站和6~8个杆/微站。同时，在超密组网示范区中，以宏站为中心、300m范围的加密，规划25个“宏+微”的小云，平均每个宏站中心收编周围1~4个杆/微站。

试验区中，集中部署的CRAN的宏/宏、宏/微协同，以及以站址为中心的宏/微协同两种场景都存在，资源关注重点是针对CRAN带来的光缆架构改变，业务区节点规划、配套资源储备。

结合对节点机房能力和不同BBU集中度对资源需求的分析，建议按典型的动力输入值30kVA、50kVA、80kVA设计集中度上限模型。其中，30kVA，上限6宏站+9杆/微站；50kVA，上限10宏+15杆/微站；80kVA，上限16宏+24杆/微站。

4 筹储备

在各个地市的实践中，依据试验区的初步经验，基础网的变化主要在接入层，需要设计新的5G基础网拓扑，具体如图2所示。

筹储备重点是以综合接入机房为中心，构建新的基础网接入层，包括接入节点机房和资源、结合综合业务区的光缆交接箱规划，梳理新的连接关系，确定关于动力、光缆等资源配置的原则等。

同时，为规范、简化后续的生产建设，在资源储备过程中同步进行流程、模板的设计优化工作。资源储备的工作流程分为以下几个步骤。

(1)区分业务区（密集城区、普通城区、发达郊县、远郊）进行无线规划输入。

(2)业务区接入/汇聚机房（CRAN站点）数量规划。

依据的输入参数包括：本业务区类型关联的业务区加密系数、无线CRAN占比、平均每个CRAN的基站数等参数；本业务区站点现状（基本信息、现有站址及逻辑站）。

输出参数：本业务区接入机房（CRAN站点）数量需求。

(3)业务区接入/汇聚机房（CRAN站点）配套资源规划。

依据的输入参数包括：本站点归属业务区类型关联的每CRAN基站数，资源规划原则。

输出：接入机房配套资源需求表。

(4)现有接入/汇聚机房改造需求规划。

依据的输入参数包括：接入机房配套资源需求表，现有机房配套资源。

输出：接入机房资源差距，具备改造的接入机房数量。

制定资源储备的流程和模板，安排地市进行资源规划试点，然后根据试点情况优化建设标准、流程、模板。

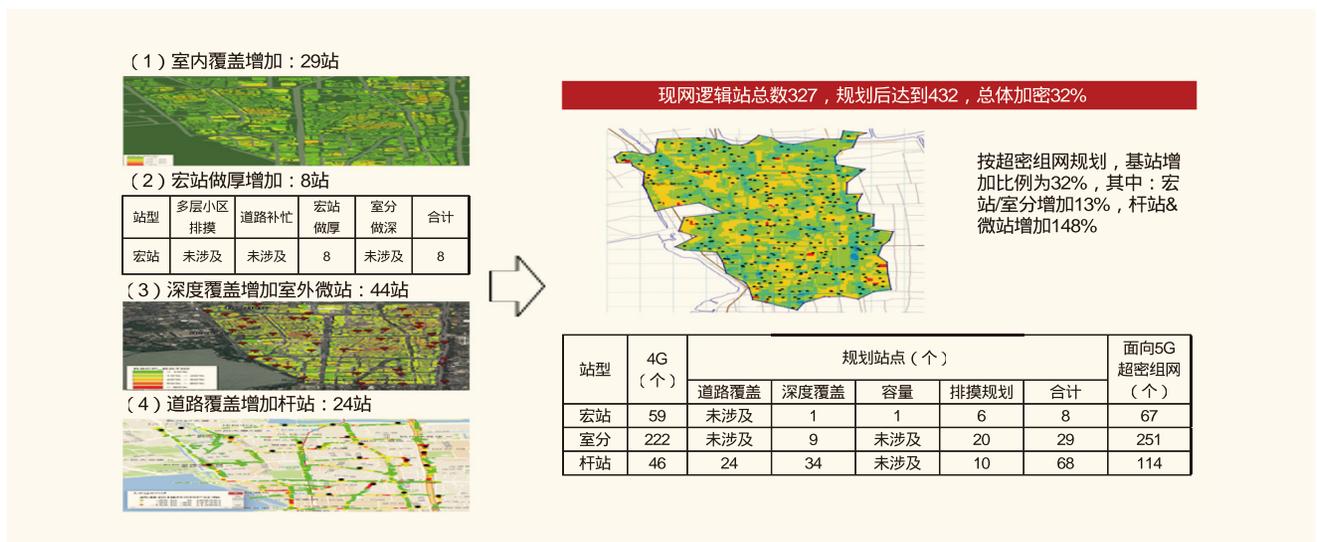
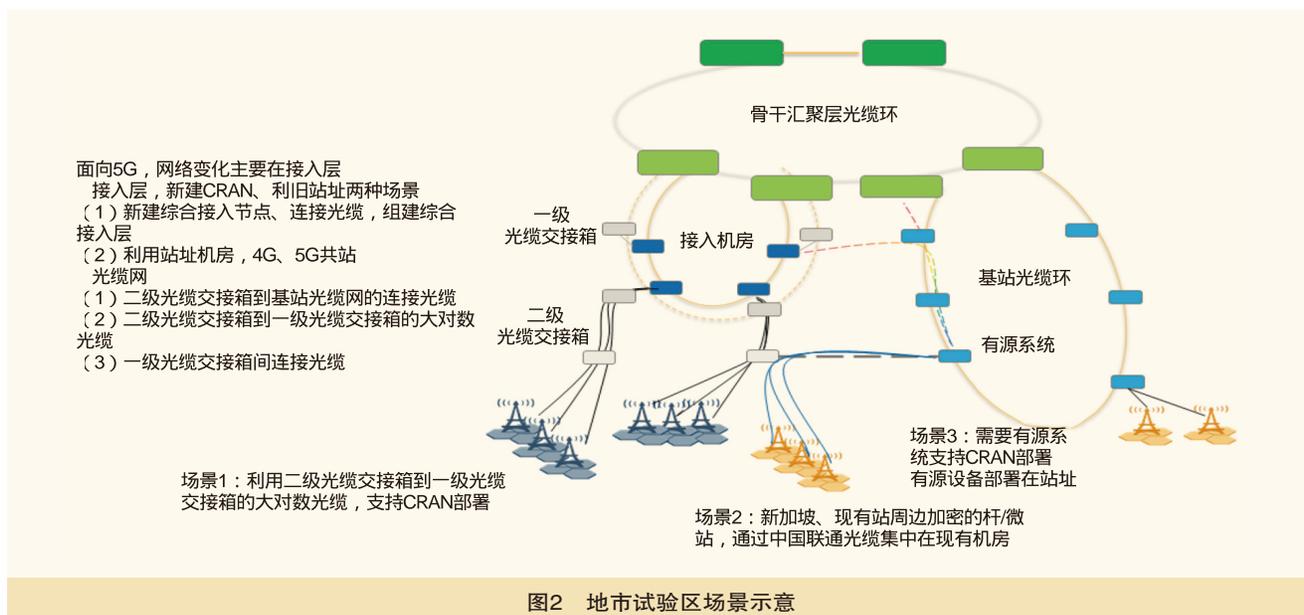


图1 杭州试验区超密组网规划示意



5 求验证和出成果

规划解决宏观上建设策略和建设方向正确的问题，对于细节的精确性不能达到完全正确。在基础资源完成储备的区域，需要进行设备和组网的验证，拉通无线、核心网、承载网，组成一个端到端网络，验证储备的效果。

浙江移动、华为在端到端的试验区验证中，承载网按目标网络从前传、接入、汇聚和核心层完整构建，接入5G基站、核心网，开通eMBB业务。

基础资源规划验证不仅是建成示范区，规划机房/分纤点/光缆的建设和改造需求，同时进行投资估算和宏观性的分析，如各类资源新增比例、改造比例等，以作为项目投资测算的依据。

基础资源规划最后的输出还包括方法论、流程、规划工具、模板等，指导其他地市、区域进行规模建设。

6 结束语

总结来看，面向5G基础资源规划从需求分析入手，判

断影响的因素，识别主要问题，进行相应的实践以找到解决问题的方向和原则，实践中给出量化的大致数值并逐步修订。规划探索不是为了单点验证，目标是规模复制，通过归纳提炼出建设指导意见，以规范生产，快速奠定坚实的5G承载基础网。

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

王坚

工程师，现就职于中国移动浙江公司，国家一级注册建造师，主要负责全省传输网维护管理工作。

田君

高级工程师，中国移动浙江公司城域传送网规划专家，从事城域传送网规划建设建设工作十余年，主要负责省内城域传输网规划建设指导意见的编制、集团联合攻关项目及省内研发课题的开展等工作，在各类国内重要期刊上发表过多篇论文，并参与了《PTN网络建设及其应用》的编著工作。

浙江移动开展面向5G承载的基础资源规划实践

陈琛 李永亮 徐海涛

摘要

分析总结杭州、金华、嘉兴三个地市的规划实践，浙江移动计划下一步对规划工作进行完善，通过联合无线开展更全面的CRAN规划，结合ODN网络微格化开展更细致的光缆网规划，联合华为公司开展5G承载规划工具研发等工作，为5G承载网规划提供更精确的指导和更高效的手段。

关键词

CRAN DRAN 5G承载 基础资源

1 引言

浙江移动在面向5G的网络规划中，一方面紧密跟踪5G承载需求和技术进展，明确5G承载技术选择和组网架构；另一方面研究5G部署对基础资源的需求，明确资源规划流程和模板，指导并推进资源储备。

2 基础资源储备思路

浙江移动和华为在完成无线面向5G超密组网试点后，初步总结出以综合接入节点为中心的基础资源储备思路，包括结合无线需求和节点机房能力提出的CRAN布局建议；分析得出不同类型节点电源和机位的需求，提出不同级别的机房基站集中度上限建议；提出节点机房能力提升标准和光缆网架构优化方案等。

同时，为规范、简化后续的生产建设，在地市资源储备过程中同步进行流程、模板的设计优化工作。目前考虑的资源储备工作流程如图1所示。

(1)业务区分类（密集城区、普通城区、发达郊县、远郊）进行无线规划输入。

(2)业务区接入/汇聚机房（CRAN站点）数量规划。

(3)业务区接入/汇聚机房（CRAN站点）配套资源规划。

(4)现有接入/汇聚机房改造需求规划。

资源储备规划模板如图2所示。初步设计规划流程和模板，在不同地市进行验证、优化、完善，使规划更贴合实际，更好地指导建设。

3 基础资源规划案例

浙江移动初步制定资源储备的流程和模板后，进行杭

州、金华和嘉兴资源规划试点，根据试点情况优化建设标准、流程和模板。

3.1 杭州5G基础资源规划案例

首先，设计面向5G网络架构的初期拓扑和远期演进。初期建设CRAN次级汇聚环、CRAN局前光缆交接箱、与原有光缆交接箱沟通三种层级；不新组光缆交接箱环路，只在局前光缆交接箱就近收敛CRAN机房云内各个RRU，较远地带在原有站点周边加密的杆/微站零星沟通主辅光缆交接箱，收敛至CRAN机房。远期规划一张光缆网的融合，从最小的引入层微格单位出发，从红线内开始融合，分两种场景：一是，红线内统一引入层光缆交接箱节点收敛有线无线；二是，红线外RRU，如室外场地的杆上、墙上，可直接上联CRAN机房的局前光缆交接箱。面向5G网络架构的拓扑设想如图3所示。

其次，试验区进行无线需求分析。杭州试验区属于业务密集区，区域现有178个宏站，8个微站，134个室内分布系统。此密集区进行无线需求规划，得到的主要输出包括：一是，预判无线加密40%；二是，集中布放的宏站比例约18%。

第三，CRAN节点机房需求规划。为满足无线需求，试验区需要规划数个接入节点机房，并按照节点机房能力标准要求，勘查现有机房条件。规划的机房中，大部分需新建。

按照目前无线CRAN的规划（平均一个区块6宏+6杆/微），根据机房需求输出结果，华门商务区计划新建5个接入机房，改造一个接入机房（翠苑接入机房）。具体CRAN机房情况及覆盖区域如图4所示。

第四，节点机房配套资源规划。按照浙江移动的节点能力提升标准，设计业务区接入机房配套资源需求，具体见表1。

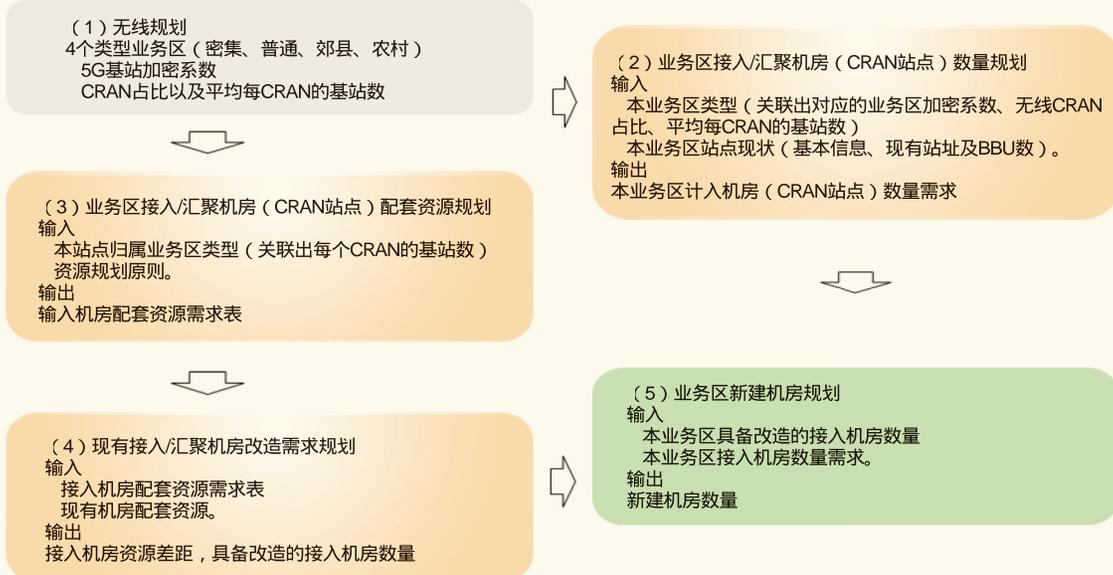


图1 资源储备的工作流程

无线规划输出表

业务区分类	5G基站加密比例			CRAN占比	平均每CRAN区的基站数
	室外宏站	杆站/微站	室内		
密集区					
普通区					
郊县					
农村					

业务区接入机房数量需求表

序号	业务区名称	业务区类型	现有逻辑站 BBU数量	现有站址机 房数量	现有接入机 房数量	5G站加密系数 (关联到无线规 划输出表)	CRAN占比 (关联到无线规 划输出表)	每CRAN基站数 (关联到无线规 划输出表)	本业务区接入 机房 (CRAN站 点) 数量
1									
2									

节点机房能力需求

主设备	数量	单位	功耗	机位	动力 (KVA)	蓄电池 (Ah)	空调	配电/ 高压电/ 开关机位	整流模块	配线架 机位	动力机房 面积 (m ²)
类站											
杆站/ 微站											
传输											
OLT (空网、 有线预留)											

接入机房改造需求

序号	机房名称	归属业务区	机位数	动力输入	蓄电池	接入RRU光芯对数 (一级光交到二级光交)	上联光交 (一级光交)	是否具备改造条件
1			目标数 (关联到规划输出表)	目标数 (关联到规划输出表)	目标数 (关联到规划输出表)	目标数 (关联到规划输出表)	目标数 (关联到规划输出表)	目标数 (关联到规划输出表)

初步设计规划流程和模板，在不同地市进行验证、优化、完善，使规划更贴合实际，更好地指导建设

图2 资源储备规划模板

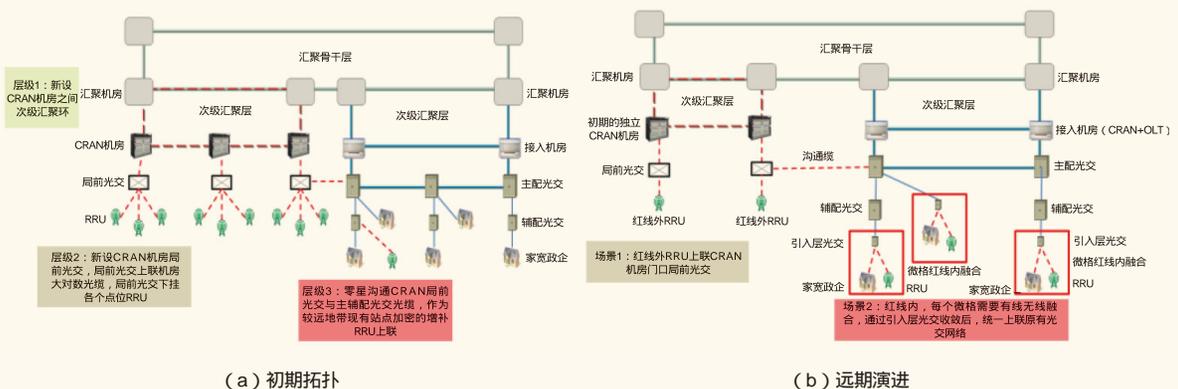


图3 面向5G网络架构的拓扑设想

动力规划示意如图5所示。

动力规划如下。

(1)主设备系统的总功耗限制=50%动力输入（其余预留给空调等配套消耗），总功耗预留70%给无线业务。

(2)集中机房的蓄电池备电按8h规划。

(3)综合接入及汇聚机房一般不设计专用通道冷风，依靠普通空调，一个机位的限制功耗是3000W。

(4)机房面积按照2×机位总数考虑。

3.2 金华综合业务区基础资源规划案例

在浙江金华试验区规划中，按照无线需求、CRAN机房数量规划、CRAN光缆和光缆交接箱需求规划、CRAN机房设计步骤进行规划。

首先看无线需求。金华全区包括密集城区、一般城区、发达乡镇和农村，整个区域5G宏站基站加密比例为15%，5G微站加密比例为150%；CRAN占比为：5G宏站数量×0.15+5G微站数量×0.45。其中，试验区的业务密集区规划后有155个宏站、176个微站。

为满足无线需求，试验区需要规划数个接入节点机房，并按照节点机房能力标准要求，勘查现有机房条件。规划的机房中，部分新建，部分改造。在每个接入节点中，平均7个宏站、23个微站。



图4 具体CRAN机房情况及覆盖区域

金华试验区CRAN接入光缆交接箱需求：考虑到全业务接入的需求，一个288芯的接入光缆交接箱预留72芯用于5G业务接入。根据表2计算，一个接入光缆交接箱最多可接入8个RRU。考虑到后期站点扩容预留余量，此次规划按照每个接入光缆交接箱最多接入6个RRU计算。接入光缆交接箱与RRU的关系见表2。

金华试验区CRAN主光缆交接箱需求：每个CRAN配置1~2个主光缆交接箱。考虑到全业务接入的需求，一个576芯的主光缆交接箱预留144芯用于5G业务接入。根据表2计算，一个主光缆交接箱最多可接入3个接入光缆交接箱。主光缆交接箱与RRU的关系见表3。

3.3 嘉兴试验区基础资源规划案例

在嘉兴试验区的规划中，思路如图6所示。机房规划主要体现在是否满足业务需求，起重要作用的指标有两个，一是机房空间是否满足升级5G设备的要求；二是机房动力负载

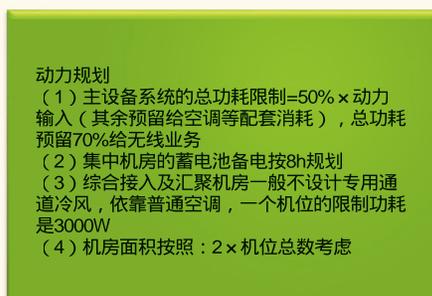


图5 动力规划示意

表1 接入机房配套资源需求

主设备网元	数量 (个)	单位功耗 (W)	功耗 (W)	机位	动力 (KVA)	蓄电池 (Ah)	空调	配电/配电/开关机位	整流模块	配线架机位	动力机房面积 (m ²)
宏站	6	800	4800	3	(4800+4500+1000)×2/0.7=29	(4800+4500+1000)/0.7×8/48=2452, 至少配置3组1000蓄电池	(4800+4500+1000)/0.7+53×120=21074W 至少需两台5P机	2	N+1配置	2	[5(设备)+6(电池)+2(空调)+2(开关电源)]×2=30
杆站/微站	9	500	4500								
传输	1	1000	1000	1							
OLT (空间、功耗预留)				1							

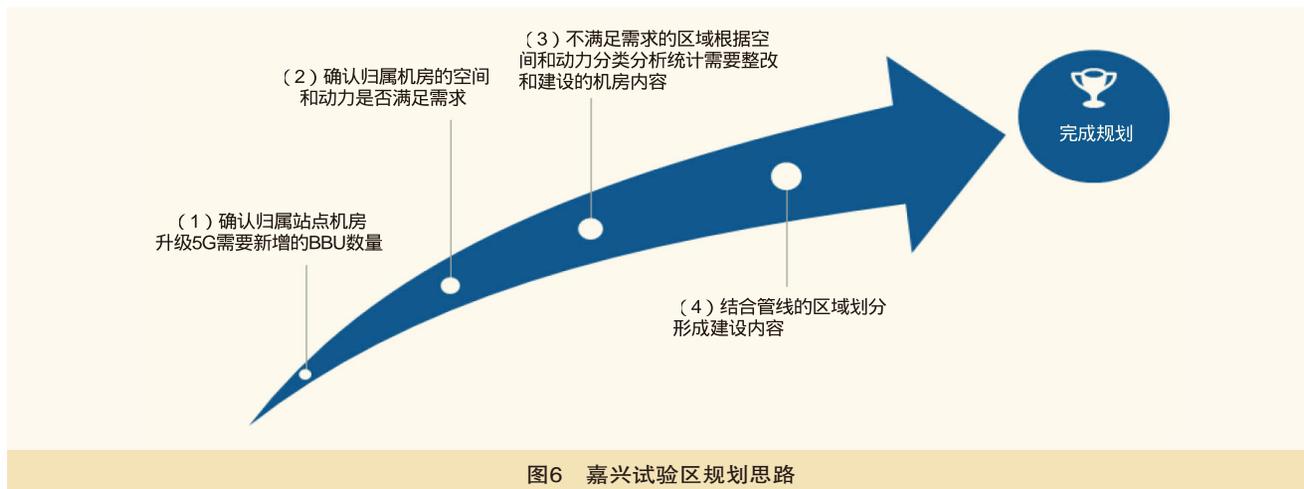


表2 接入光缆交接箱与RRU的关系

RRU接入数量	接入光交每个RRU成端芯数	接入光交上联主光交RRU占用芯数	接入光交上联主光交RRU预留芯数	接入光交RRU纤芯总需求
N	6芯	$N \times 2$	8	$N \times 6 + N \times 2 + 8$

表3 主光交交接箱与RRU的关系

接入光交数量	每个接入光交上联芯数需求	每个主光交上联CRAN机房芯数需求	主光交上联CRAN机房预留芯数	接入光交RRU纤芯总需求
M	$8 \times 2 + 8 = 24$	$M \times 8 \times 2$	$M \times 8$	$M \times 24 + M \times 16 + M \times 8$

表4 5G无线仿真需求

类别	宏站数量	微站数量	室分站数量
补点前站点数	70	50	49
补点后站点数	108	57	49
增补站点数	38	7	0

是否满足升级5G设备的需求。二者相辅相成，缺一不可。

试点区域内共有无线站点169个，其中70个宏站，50个微站，49个室内分布系统。通过无线仿真得到5G需求，具体见表4。

根据原有室内分布系统、微站上联和主辅配链等情况，试验区业务区共分为15个区域。再根据各个区域业务分布划分为9个CRAN区域、6个DRAN区域。其中集中布放的宏站比例56%、微站82%，平均每个CRAN：6宏+7微。

嘉兴移动分析现有综合接入机房资源差距，统计后发现空间机位一般不是主要限制，负载和蓄电池才是主要问题。

4 结束语

目前杭州、金华、嘉兴按照一定的流程进行基础资源储

备工作，得到初步规划建议，主要包括如下几个方面。

(1)不同地市的密集区，无线基站加密规划比例不尽相同，在一个范围内（27%~45%）。

(2)DRAN（利旧站址）、CRAN两种方式共存，其中杭州、金华以DRAN为主，嘉兴以CRAN为主。

(3)现有综合接入机房资源差距重点规划：优化动力输入、配电和备电、机位。其中动力是主要瓶颈。

分析总结三个地市的规划，并提出规划工作的下一步计划。

(1)联合无线CRAN配置更完善的规划接入层。

(2)结合微格化的要求进一步细致规划。

(3)联合华为开展5G承载规划工具开发。

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

李永亮

本科，现就职于中国移动通信集团浙江有限公司，主要从事城域传输网的规划和维护工作。

徐海涛

工程师，现就职于浙江移动嘉兴分公司，主要负责传输专业网络发展规划与优化工作，牵头开展基础资源瓶颈优化等疑难问题解决，连续参与多届世界互联网大会的保障工作，承担乌镇传输网规划建设重任。

陈琛

工程师，现就职于浙江移动杭州分公司，主要负责城域传输网络规划优化工作。

浙江移动关于5G承载方案的研究

殷响 毕婕

摘要 针对OTN/WDM技术、端到端路由器方案及下一代PTN方案进行技术方向的研究和探索，并分析确定下一代PTN方向。

关键词 5G PTN OTN WDM

1 引言

ITU-R定义5G三大应用场景：eMBB（增强移动宽带）、uRLLC（超高可靠低时延通信）和mMTC（海量连接），这些业务将推动无线、核心网和承载网发生变化。从移动承载的角度看，5G提出更高的要求，包括带宽、时延、灵活连接、可靠性、智能协同和时钟同步等各个方面。当前的承载网架构和技术是否能适应5G业务的综合承载？承载网络需要进行技术升级还是颠覆性的创新？2G时代是SDH/MSTP做回传，3G/4G时代是PTN，到了5G时代，技术路线的方向是什么？为此浙江移动进行了技术方向的研究和探索。

2 可能的技术方向一：OTN/WDM技术

OTN技术本来是为长距离大带宽的传输网而设计的，具有大带宽、硬隔离、可扩展、高可靠的特点，天然支持网络切片和时钟同步。当前已经成为多业务的基础传送平台，在干线、城域核心、汇聚层面得到广泛部署。对于5G承载，现有的OTN/WDM可以满足其中大部分的需求（大带宽、硬隔离、高可靠、网络分片、时钟同步），但是在满足灵活性需求方面严重不足，需要增强分组处理和路由转发功能；在面向uRLLC业务端到端1ms的苛刻时延需求时，OTN/WDM技术需要实现微秒量级的超低时延性能。在成本方面，过去OTN/WDM主要作为长途骨干网使用，芯片的需求量较小，成本偏高；5G承载考虑前传中传需求，需要针对短距离传送在光层进行优化，以降低成本。关于前传，OTN/WDM技术是解决前传问题的有效技术手段。有源WDM/OTN方案的优势在于节约光纤，减少光模块的数

量，维护简单，可管可控；挑战在于彩光模块成本，功耗要做到白光模块的水平才利于大规模部署。

3 可能的技术方向二：端到端路由器方案

接入、汇聚、核心端到端采用路由器组网，超强的三层功能使得网络天然具备灵活的路由转发和组网特性；可以利用端到端FlexE技术实现网络分片功能，满足不同业务的硬隔离需求；对于大带宽的需求，需要通过叠加OTN/WDM支持；由于两套设备叠加的时延大、成本高，而且路由器和OTN/WDM是两套产业链，发展节奏不完全一致。

4 可能的技术方向三：下一代PTN方案

目前，PTN在中国移动网络中已规模部署，满足2G/3G/4G移动回传和大客户专线等业务的承载需求。面向5G承载的新需求，下一代PTN需要具备一些新特性来支持。首先是带宽，下一代PTN具有高性价比的PAM4 50GE大端口，支持FlexE分片隔离和捆绑升级100GE，接入环带宽为50GE~100GE；汇聚核心可以支持200GE/400GE大端口；端到端的FlexE技术实现网络分片功能；关于时延，采用低时延芯片，降低处理转发时延，优化设备单跳时延，可以降低到框式15μs、盒式10μs；同时，设备采用高精度时钟芯片，可达15ns时钟精度；L3 VPN+SR方案简化三层协议，支持L3到边缘灵活组网，引入SDN进行整网统一调度和管理，简化运维。下一代PTN的方案依托完善的以太网产业链，成本较低，基于现网，根据业务需求节奏（初期只有eMBB业务）逐步演进，最终实现一张5G Ready的目标承载

网方案是可行的，且成本上有优势。

5 确定下一代PTN方向

综合考虑5G承载方案的多种可能性，OTN是强L1+弱L2，PTN是强L2+弱L3，路由器是强L3。面向5G承载需求，三者从技术上都可以实现，但从现网情况、实现难度和产业链的准备情况来看，PTN更具优势。OTN方案和路由器方案跨两个产业链，PTN依托庞大的以太网产业链，成本和运维存在优势，同时可以继承MPLS-TP，兼容现有2G/3G/4G承载。因此目前较为倾向于基于PTN演进的SPN（下一代PTN）技术。

同时，浙江移动于2016年11月联合华为成立5G承载创新项目组，并进行5G承载方案的一系列研究和讨论，计划开展5G承载方案和关键技术的验证：接入到汇聚、站点（前传）的物理组网方案和大带宽接口50GE&200GE、FlexE、SDN L3、高精度时钟、大规模L3 VPN、无线、核心网、传输E2E组网等的测试。

6 结束语

5G发展以务实为本、需求驱动为主，以满足5G本身的

（上接10页）

步扩容升级，热点城区汇聚环升级支持200GE，端到端满足5G流量的大幅提升，基本完成SDN L3到边缘的部署，简化运维同时提升灵活性；后期全网流量快速增长，核心层引入400GE接口，进入垂直行业，现网的板卡启动分片等特性，端到端分片部署，逐步实现一张5G Ready的目标承载网。现有PTN初期、中期、后期变化如图12所示。

关于基础网建设，考虑5G云化和TIC/TAC架构需求，机房作为重要的战略资源，需要提前储备机房面积、配电、光缆资源等。省会/大地市核心需要部署核心网CP（IT机房），地市核心部署核心网UP（IT机房），地市骨干汇聚部署核心网UP（IT机房）或基站非实时单元CU（IT机房），地市普通汇聚部署基站非实时单元CU（IT机房）或者CRAN（DU集中），各地市综合接入机房部署CRAN（DU集中），地市站址机房部署分布式DU等，具体如图13所示。

4 结束语

“5G之路、承载先行”，5G承载就相当于5G端到端系统的高速公路，是整个5G产业化进程的重要基石。全球不少

发展基本需求为原则，对于特殊的需求采用一些特殊的方式解决。基于现状，如果现阶段有成熟技术、成熟产业链和已有资源能够满足要求，就选择这些技术和方式；如果网络创新对于成本下降和性能提升有明显的优势，可以去做，否则不建议考虑。成本为重，目前运营商面临的成本压力还是很大的。建议循序渐进，不盲目超前投入。[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

毕婕

中级工程师，中国移动浙江公司网管中心技术骨干，集团专家，主要负责传输一干、二干网络维护和传输网络优化工作，有丰富的高速OTN网络运维经验；多次参与集团联合项目、前沿新技术试验课题研究及技术规范制定工作。

殷响

中级工程师，现就职于中国移动浙江公司，主要负责省级、省内干线传输设备、同步网和超级基站网维和省干光缆管理。

领先运营商已将5G承载网络建设提上日程，纷纷开启相关的关键技术研究、验证和测试，乃至筹备小规模试商用。浙江移动已积极开启5G承载方案的探索，并取得一些成果。[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

吴晓峰

高级工程师，现任浙江移动规划技术部基础承载网部经理，高级网络技术专家，目前负责浙江移动传输、IP网络规划和技术管理工作，有多年的光网络规划和运维工作经历，曾多次参与浙江移动光传输网络建设方案和规划建设指导原则制定，以及新技术试点组织工作。

王晓义

高级工程师，现任中国移动浙江公司网管中心传输部经理，中国移动技术咨询委员会网络领域专家、省公司资深网络技术专家，从事传输网规划、运维多年，多次牵头负责集团重点/联合科技创新课题的研究和技术规范制定工作，对传输网中长期网络演进、传输网新技术的研究和运用有深刻的理解。

数据中心计算资源池规划设计方法研究

罗世雄 卢乐天 李 烽

湖南省邮电规划设计院有限公司

摘要 首先分析目前存在的具体问题,然后确定云计算资源池的规划设计原则,结合各应用系统的不同使用场景,对计算资源池进行分类设计,再将应用系统按照迁移系统和新建系统进行区分,搭建不同的资源配置模型,最后确定每个子资源池的容量规模,从而为数据中心云平台提供最完善的底层基础设施服务。

关键词 云计算 虚拟化 资源池分类 资源配置

1 引言

随着互联网技术应用的飞速发展,信息化技术发展步伐的不断加快,IT资源的应用和管理模式正发生着深刻的变革,将逐步从独立、分散的功能型资源发展成以数据中心为承载平台的服务型创新资源。在此背景下,数据中心已经成为像交通、能源一样的基础设施。

信息化顶层设计及发展规划引入云计算、大数据等新技术,针对现有政企云平台IT现状、新业务需求及未来业务发展规划,依托现有资源,根据不同业务系统差异化需求,整体设计采用标准开放的软硬件平台,结合主流虚拟化技术构建资源池,实现应用系统与硬件资源的松耦合。从资源池分类设计、容量规划设计、功能设计几方面出发,遵从横向扩展及纵向扩展原则和现有应用系统迁移实施落地原则,选择合适的技术架构和物理设备类型,确定各计算资源池规模大小,最终通过云运维管理平台以服务方式交付。

2 问题分析

传统数据中心无法满足现代数据中心的要求,尤其在大数据时代,已有数据中心正面临着建设成本高、周期长、能耗高、运营管理效率低、可扩展性差等问题,严重制约业务发展。主要体现在如下几个方面。

(1) 成本高昂

随着应用和业务量的不断增加,服务器数量不断增加,机房面积不断扩大,空调制冷也不断加大,导致成本越来越高。

(2) 资源孤立且利用率低下

传统数据中心中,计算、存储及网络资源都是紧耦合,IT建设是烟囱式,系统之间无法相互通信,资源不能在整个

数据中心中实时、动态地调度与共享,使得服务器与存储、网络资源得不到充分利用,各种资源的利用效率全面低下。

(3) 自动化程度与灵活性低

现有数据中心缺乏自动化部署,增加人力和管理成本,还有出错率高、效率低、不灵活等问题。另外运维管理人员无法快速高效地响应业务部门提出的各种要求,部署实施新应用的周期比较长,成本高,业务上线时间延误,进而失去对业务部门关键事件的支撑。

(4) 云资源估算不精确

针对现有应用系统及新建应用系统上云资源池的情况,当应用系统数量达到一定规模时,云资源池会出现诸多问题,如不同物理主机出现资源使用率不均衡、相同配置的物理主机不能满足不同场景的应用系统需求、云资源池中各系统所占用资源容量规模无法估算等。

3 设计原则

资源池建设主要把握以下几个原则。

(1) 可靠性原则

资源池应采用高可靠性设计标准,具有长期可靠和稳定持续工作的能力,并具有合理的冗余能力,为应用系统的高可靠性目标要求提供相匹配的硬件环境。

(2) 可扩展性原则

资源池建设是一个循序渐进的过程,为系统提供扩展性支持,包括横向扩展、纵向扩展、容量扩充、功能提升,也包括异构平台扩展及未来业务发展。遵守各种标准规定、规范,系统选择标准化部件,利于灵活替换和容量扩展,具备各主流厂商设备的扩展接入。

(3) 动态适用性原则

资源池需要负载多种业务，而各种业务压力峰值出现的时机、对计算资源的性能需求、对存储资源的性能及容量需求均可能不同，故资源池需要做到动态可伸缩，从而保证按需平衡资源供给。

(4) 安全性原则

资源池建设应满足《信息安全技术云计算服务安全指南》、《信息安全技术云计算服务安全能力要求》等相关安全标准体系。

(5) 先进性原则

系统必须严格遵循国际标准、国家标准和国内IT行业的规范要求，所有的系统处于先进的技术水平，确保较长时间内技术上不落伍，系统的处理能力要达到业内领先。

(6) 兼容性原则

服务器、存储等硬件系统必须支持国际上通用的标准协议、国际标准的应用开放协议，同时应满足《云计算基础设施即服务（IaaS）功能要求与架构》、《信息安全技术服务器安全技术要求》、《信息安全技术服务器安全测评要求》、《云资源管理技术要求第5部分：存储系统》等相关标准体系，能兼容各主流操作系统、文件系统、数据库系统、卷管理软件及应用程序等，可以与第三方管理平台集成，提供给客户定制化的管理维护手段。

(7) 经济性原则

综合考虑性能和价格，最经济、最有效地进行建设，性能价格比在同类系统和条件下达到最优。

(8) 绿色性原则

选用无铅器件，满足环保与节能的要求，噪声低、能耗低、无污染，具备环境管理认证，符合环保规定，支持重复利用。

4 计算资源池分类设计

资源池分类设计见表1。

5 计算资源池容量规划设计

5.1 资源配置模型

资源配置模型如图1所示。

5.2 迁移系统容量设计

(1) 现有应用系统迁移后云资源池所需CPU数量计算

云资源池CPU数量=现网服务器CPU个数×CPU使用率/(1-CPU预留)

其中，现网服务器CPU个数计算：如2路4核单线程的CPU个数为 $2 \times 4 \times 1 = 8$ 个。

CPU使用率从现网环境中得到，如20%。

CPU预留表示系统运行过程中，需要有一定的CPU预留资源，如20%。

(2) 现有应用系统迁移后云资源池虚拟内存容量计算

虚拟内存容量=现网服务器内存容量×内存使用率/(1-内存预留)

其中，现网服务器内存数量从现网环境中得到，如8GB。

内存使用率从现网环境中得到，如20%。

内存预留表示系统运行过程中，需要有一定的内存预留资源，如20%。

5.3 新建系统容量设计

(1) 应用资源占用模式分类

根据应用对资源占用的特点，将应用分为以下5类：资

表1 资源池分类设计

分类	高弹性资源池	高性能资源池	分布式存储资源池	大数据资源池	物理机资源池
属性					
资源池特征	应用系统要求硬件灵活扩展，集中部署，方便运维	满足一些对性能要求较高的业务系统	具有极高的可扩展性，满足对资源性价比较高、资源架构具备较高可扩展性的业务系统	海量的非结构化数据，需要分布式存储、分布式计算	重要业务数据库系统要求高性能、高扩展、业务连续性
推荐形态	虚拟化x86服务器	虚拟化x86服务器	虚拟化x86服务器	物理x86服务器	物理x86服务器、小型机
	机架服务器	机架服务器	机架服务器	机架服务器	机架服务器、小型机
设备配置	CPU 2路10核以上的计算能力，256GB内存，两块600GB热插拔SAS硬盘，4×10GE，2×8G FC	CPU 4路10核以上的计算能力，512GB内存，两块600GB热插拔SAS硬盘，4×10GE，2×8G FC	CPU 2路8核以上的计算能力，128GB内存，8块2TB硬盘，两块800GB SSD固态硬盘，4×GE网口，双端口10GE双口网卡×2及配套光模块	CPU 2路10核以上的计算能力，256GB内存，两块600GB热插拔SAS硬盘，两块800GB SSD硬盘和10块2TB硬盘，双端口10GE网卡×2	机架：CPU 4路10核以上的计算能力，512GB内存，两块600GB热插拔SAS硬盘，4×10GE，2×8G FC； 小机：标配CPU核数×主频（GHz）的乘积 128GHz，二级缓存 128kB，内存 128GB，硬盘容量 1.2TB，网口 两个万兆端口（光口），光纤端口 两个8GB FC端口，操作系统一套，冗余电源，导轨及其附件
推荐理由	依据设备应用场景、设备性能及性价比等因素考虑				

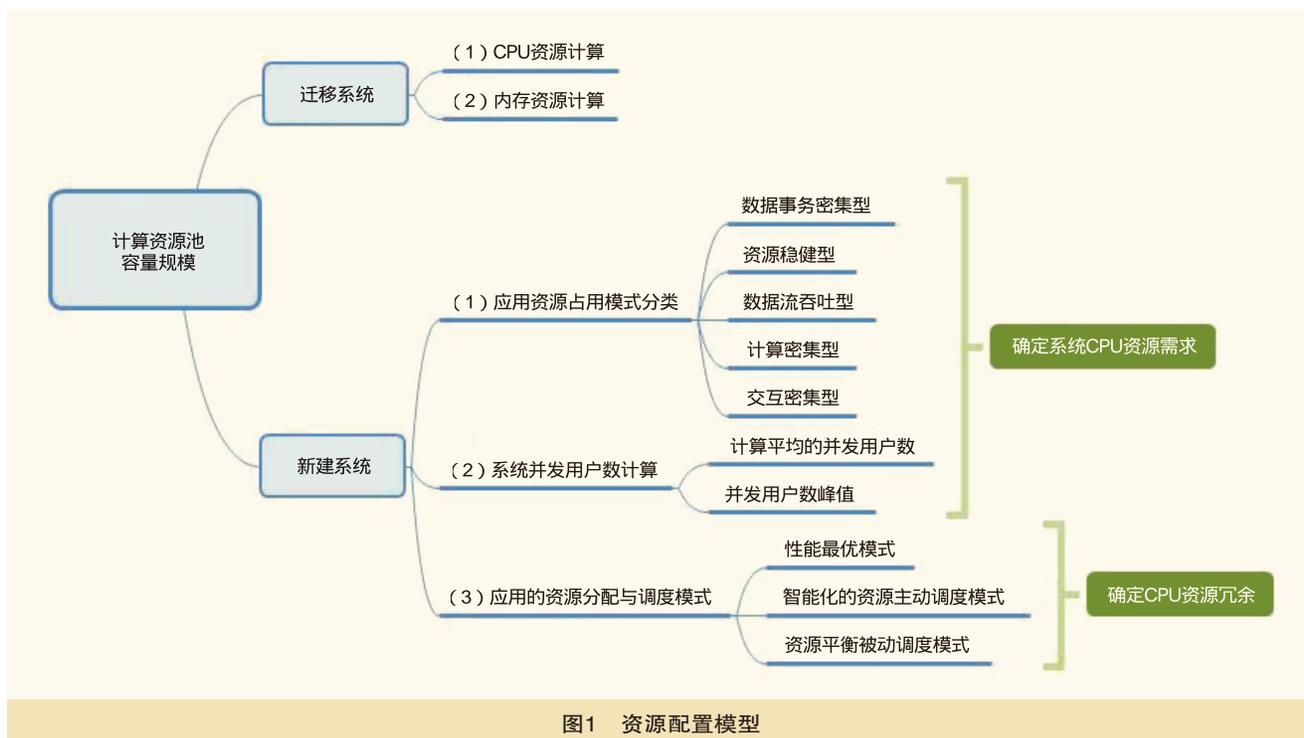


图1 资源配置模型

源稳健型、计算密集型、数据流吞吐型、交互密集型、数据事务密集型。

数据事务密集型：该类型应用程序中，数据流会消耗大量带宽，业务系统访问较为频繁，CPU处于繁忙时间居多但几乎都消耗在等待存储资源上，占用内存资源比较多，对存储读写操作较频繁，属于I/O密集型，典型代表有数据库类型应用等。

资源稳健型：该类型的应用对网络、计算、存储等资源需求都相对稳定，受应用的负载变化浮动较小。

数据流吞吐型：该类型的应用网络流量传输高，网络吞吐量与应用负载呈正相关性，对存储访问较为频繁。此类应用系统的典型代表有流媒体等。

计算密集型：该类型的应用系统强调CPU的运算能力，对其他资源要求不高。此类应用系统的典型代表有数据挖掘系统等。

交互密集型：该类型大部分是Web应用，涉及到大量的网络传输，消耗内存资源较多，对CPU频繁调度，应用负载与网络会话数呈现强正相关性，该类应用对网络资源要求较为敏感。

(2)系统并发用户数计算

针对业务系统的性能估算，业务并发用户数对其影响最大，即系统的并发用户数如何合理设置。

第一，并发用户数平均量计算： $A = NL/T$ 。

第二，并发用户数峰值量计算： $B \approx A + 3A^{1/2}$ 。

第一步中，A是并发用户数平均量；N代表平均每天

访问的总用户数；L代表用户在线时间长度；T代表衡量的时间段跨度。

第二步中，B是并发用户数峰值量，A就是第一步中的并发用户数平均量。

根据现有业务系统运行情况，结合二八定律原则，每年80%的业务集中在20%的时间内完成，每天80%的业务集中在20%的时间内处理完成，高峰时段集中在每天9:00-11:00与14:00-16:00时段，工作日 $\approx 365 - 11$ （法定节假日）-52（周末） ≈ 300 天。

比如某个应用系统，该系统有45000个用户，平均每天大约有 $45000/300 = 150$ 个用户要访问该系统，一个用户一天之内从登录到退出该系统的平均时间为4h，在一天的时间内，用户只在8h内使用该系统。

按照第一步与第二步计算出：

$$A = 150 \times 4/8 = 75, B = 75 + 3 \times 75^{1/2} = 100。$$

(3)应用资源分配与调度模式

通过前面对应用的不同资源占用模式特点的分析，同时结合云计算资源调度的现有能力，将应用的资源分配和调度模式分为三类，详见表2。

(4)应用资源配置模型表

根据系统的应用类型结合系统的并发用户数，应用资源配置模型工具计算后，得出各应用系统所需CPU资源需求。应用资源配置模型工具见表3。

内存按照内存:CPU=8:1比例计算。

表2 应用资源分配和调度模式

对比项	模式特点	资源冗余度	备注
性能最优模式	该资源分配和调度模式，以确保并完全满足用户的性能需求为目标，在资源足够的情况下，总是独享资源	40%	费用充足、需求不明确时考虑
被动调度模式	根据应用的资源占用类型和特点，以应用资源的充分共享为首要目标，进行资源分配，并仅对虚拟化平台进行监控，在峰值情况下如果发生资源使用不足，被动地进行资源的调度	30%	根据平台实际运行情况进行动态分配时考虑
主动配置模式	将根据应用的资源占用类型和特点，并充分考虑资源使用的峰值和空闲时间段，配合相关业务需求，制定不同时段的资源分配配置，并在不同的忙闲时刻，由云计算平台根据策略，智能化地自动进行资源调度	20%	业务需求非常明确，业务特点非常熟悉时考虑

表3 应用资源配置模型工具

高弹性资源池CPU需求					
并发数(个)	0~100	100~200	200~500	500~1000	1000以上
数据事务密集型应用	12	20	10	20	40
资源稳健型应用	10	12	35	16	40
数据流吞吐型应用	20	40	20	50	80
计算密集型应用	40	20	40	50	60
交互密集型应用	40	60	40	60	80
高性能资源池CPU需求					
并发数(个)	0~100	100~200	200~500	500~1000	1000以上
数据事务密集型应用	-	-	35	60	80
资源稳健型应用	-	-	-	35	60
数据流吞吐型应用	-	-	40	60	160
计算密集型应用	-	40	60	80	160
交互密集型应用	-	-	80	100	120

6 计算资源池功能设计

6.1 子资源池集群设计

从对资源池性能的最大化利用角度出发，将高弹性资源池、高性能资源池再细分为各子资源池，且每个子资源池的物理服务器数量以8~10台为宜。资源池网络拓扑如图2所示。

6.2 HA集群设计

云计算平台High Availability (HA) 可为虚拟机中运行的应用提供高可用性：一旦物理服务器出现故障，HA可在具有备用容量的其他生产服务器中自动重新启动受影响的虚拟机；若操作系统出现故障，HA会在同一台物理服务器上重新启动受影响的虚拟机。HA通过以下方式保护应用程序可用性：通过在集群内的其他主机上重新启动虚拟机，防止服务器故障；通过持续监控虚拟机并在检测到故障时对其进行重新设置，防止应用程序故障。

除了对集群中的物理服务器节点进行持续检测之外，HA软件模块还对运行于物理服务器节点之上的虚拟机进行持续检测。在每台服务器节点上都运行一个LRMd (本地资源

管理器守护进程)，其是HA软件模块中直接操作所管理的各种资源的一个子模块，负责对本地的虚拟化资源进行状态检测，并通过shell脚本调用方式实现对资源的各种操作。

当LRMd守护进程检测到本机的某台虚拟机出现通信故障时，首先将事件通知给DC，由DC统一将该虚拟机状态告知集群内所有的物理服务器节点，并按照一定的策略算法，为该故障的虚拟机选择一个空闲的服务器节点，在该节点上重启该虚拟机。虚拟机处于共享存储上，当主机不可用时，该虚拟机会在集群内的其他主机上开启。

6.3 动态资源调度

动态资源调度主要实现动态负载均衡和连续智能优化，持续不断地监控计算资源池各物理主机的利用率，并能够根据用户业务的实际需要，智能地在计算资源池各物理主机间给虚拟机分配所需的计算资源，保证所有应用需要的资源。

管理员可以设置、查看和处理资源调度策略。资源调度是指通过检查资源集群内各个主机的负载情况，当系统发现部分主机负载较重时，会自动在不同的主机之间迁移虚拟机 (自动) 或者给出虚拟机迁移建议 (手动)，以达到同一资源集群内不同主机间的负载均衡。

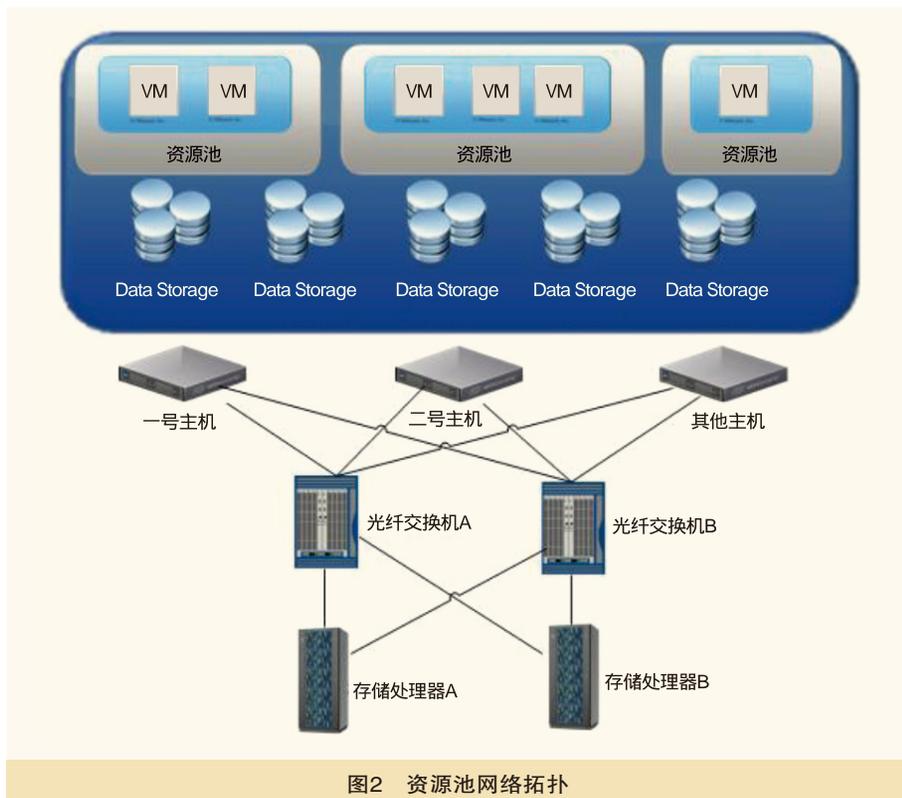
不同应用和租户对资源的要求不同，例如有些非常重要的应用需要高性能和高安全性资源，则可以使用DRS资源调度功能对资源进行按需分配。支持对可用分区和资源集群按计算性能、可靠性、安全性、硬件型号等维度标识不同计算SLA等级，支持对数据存储按存储介质、可靠性、性能、RAID级别等维度标识不同存储的SLA等级。用户申请资源时，可以根据请求的计算、存储SLA等级选择匹配的集群、数据存储下的资源。

(1)配置虚拟机的QoS

虚拟机QoS指CPU QoS和内存QoS，可以按需求对虚拟机设置CPU预留和内存预留等，从而确保虚拟机的性能。

(2)调整虚拟机CPU数量

管理员可以根据需要，增加或者减少虚拟机的CPU个数，以便满足虚拟机上业务负载发生变化时对计算资源的不同需求。



(3)调整内存大小

管理员可以根据需要增加或者减少虚拟机的内存容量，以便满足虚拟机上业务负载发生变化时对内存的需求。

6.4 虚拟机迁移设计

借助虚拟化的实时迁移功能，虚拟机迁移支持在同一共享存储的主机之间自由迁移虚拟机，支持在跨计算集群内自由迁移虚拟机。在虚拟机迁移期间，使其网络标识与连接保持不变，实现无缝迁移，保证用户业务不会有任何中断。如果迁移失败，目的端的虚拟机将销毁，而用户仍可以使用源端虚拟机。该功能可避免因服务器维护造成的业务中断，降低数据中心的电能消耗。

6.5 虚拟机备份

大型云中心中虚拟机经常变换，每天都有新的虚拟机产生，如老的虚拟机被删除、新的物理服务器被加入等变化，因此虚拟机备份必须有强大的自动探测功能，自动选择新的虚拟机进行备份。

管理员可以分别选择单个虚拟机进行映像级备份，也可以选择数据中心、集群和资源池等容器进行备份。如果选择容器，则会备份该容器在备份作业运行时包含的所有虚拟机，添加到该容器的新虚拟机将在下一次运行备份作业时纳入备份范围。同理，从容器中删除的任何虚拟机将不再被备份。管理员可以将备份作业安排为每日运行一次、每周运行一次或每月运行一次。

确保应用数据一致性，在虚拟机中不仅是文件系统，还有各种数据库，在做虚拟机备份时，要确保数据库应用的数据一致性。

基于磁盘的备份功能，为虚拟机提供快速、简单的数据保护。

7 结束语

随着人们对资源池认知的进一步深入，资源池必将成为政企构建新一代“云数据中心”的基础，资源池在政企中将有广阔的发展空间。

参考文献

- [1] 高超,孙颖,褚婧等.云计算在智能电网中的应用[J].电信技术,2016,43(7)
- [2] 王巍.云计算之虚拟化平台技术认知研究[J].通信管理与技术,2014(6)
- [3] 姚文胜,李军,叶何亮等.IaaS资源池容灾关键技术及实施建议研究[J].电信科学,2012,28(8)
- [4] 梁中军,何文春,韩同欣等.气象集约化资源池计算资源容量估计方法研究[J].中国电子科学研究院学报,2016,11(4)
- [5] 姚岳.运营商云资源池规划建设与运维管理研究[J].电信技术,2015,1(4)
- [6] 刘波,黎炜,陈保福等.私有云资源池的建设要点分析[J].电信科学,2016(S1)

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

面向产能输出的传送网工程“产品化”管理办法研究

方 磊 任 龙

江苏省邮电规划设计院有限责任公司

摘要 将产品管理和项目管理进行有机结合并运用;对产品管理和项目管理进行分析,并且对其相同点和不同点进行多方面比较,从而找出相通点,将两者巧妙结合;同时根据产品化的理念对传送网设备产品进行简单介绍,并针对实地开展的建设内容进行分析和展示,通过产能的效益对比,辩证产能化管理的效果,同时针对产品生产过程和投产过程出现的一些问题,提出一些有针对性的措施,进一步提升对产品管理的把控和投产效益。

关键词 产品化 管理 PTN 通信

1 研究背景与研究意义

1.1 研究背景

通信工程建设过程中,只有项目完工并验收通过后能够为下游需求所使用,才算项目具备产能,才算工程建设对公司业务真正产生贡献。对于传送网项目来说,表现为需要开通PTN/OTN环、OLT设备、无线站点的传输设备等,才算形成真正的产能。

在日常工作中,传送网工程由于多项目并行、多环节串行,时常出现项目衔接脱节、建非所需、某环节因出现困难拖延总体进度等情况,同时也出现部分单项因其中少数站点未能及时完工,拖延该单项验收进度的问题。此外,传送网工程由于专业性、后台性的特点,所做的工作不容易被管理层或其他线条所了解,因此需要一个较为容易理解的模型展现传送网所做的工作,以增进线条间沟通。

1.2 研究意义

(1)有利于与公司各级管理层、各部门进行沟通。

(2)减少各相关项目在管理过程中的脱节问题,使项目投产得以加快,实现建以致用。

(3)减少因某环节出现困难拖延产能输出进度、因少数站点未完工拖延单项验收进度的问题,使项目进度及验收进度得以加快。

(4)可以强化对合作单位产能及验收进度的管理,使考核有理有据。

(5)有利于在部门间、科室间、科室内形成环环相扣、相互促进的合力,推进其他部门协助解决工程建设中的问题,使项目进展更顺畅。

(6)有利于及时响应并满足其他部门的建设需求。

2 管理目标及创新点

2.1 管理目标

借鉴制造业“产品”生产管理方法,转变单个项目独立进度管控的管理模式,建立“产品化”管理,以“产品出厂”为目标,关注“市场需求”、“原料供应”、“单月产品产能”、“各环节产能”等环节,使传送网各项目间相互促进,形成合力,实现建以致用。同时采用“产品展示”的方式,增进与管理层及其他线条的沟通。

2.2 创新点

工程建设开展以来都是各个专业独立建设,缺乏一定的针对性,且建设投产后不一定能够被其他部门或者专业室知道,投产后产生的效益影响无法计取,本课题把“产品管理”的理念应用到工程建设中,可以带来一系列新效果。

(1)借鉴制造业中“产品”的生产管理方法,将其融入到单个生产项目的管理中。

(2)这是一种全新的管理体系,有利于增进部门之间的沟通和理解。

(3)采用产品化管理,将有利于提升工程建设效率,同时后续可以推广在其他建设或者管理中。

3 产品化管理方法的相关理论

3.1 产品管理

任何一门科学技术在其没有被产品化之前,其应用价值都是不存在的。产品管理是一个很全面的管理范畴,从顾客

管理、价值链管理、市场管理、产品策划到产品研发、产品生产、产品宣传等各方面。产品管理整合企业各个部门的资源，以便集中资源，使企业战略完整统一，并且在充分掌握市场需求的情况下，协调产品上市的过程。整个管理过程的目的在于最大程度发挥产品的价值。

3.2 产品管理与项目管理

3.2.1 产品管理与项目管理的相同点

产品管理与项目管理的执行过程基本相同，都要经过计划、组织、协调、控制这几个步骤。产品管理中包含项目管理，可以把产品每一个版本的开发过程用项目管理的方式进行管理。

3.2.2 产品管理与项目管理的不同点

影响程度不同：产品战略与公司总体战略一致，产品规划的方向直接影响公司战略方向，一旦产品失败，很有可能影响公司的整体经营业绩，甚至公司的存亡；项目则没有这样大的影响力。

目标客户不同：产品的目标客户有很多，往往是普通的消费者；项目一般只有一个特定的客户，只为一个客户服务。

反馈周期不同：产品是否成功需要很长时间来考验，例如，某个产品研发完成上市之后，卖出500万元的销售额，从绝对数值上来看，应该是很不错的，可是实际上，如果产品再完善一些就可以卖出3000万元的销售额，这些评估也许只有等产品退出市场，进行历史回顾的时候才能评价。而项目则不然，系统一上线，在试运行或者正式运行阶段，客户的意见就能出来。

3.3 产品生命周期和通用网络工程生命周期

3.3.1 产品生命周期理论

产品生命周期（PLC）是产品的市场寿命，即一种新产品从开始进入市场到被市场淘汰的整个过程，也就是要经历一个导入、成长、成熟、衰退的过程。典型的产品生命周期如图1所示。

3.3.2 产能化管理与工程生命周期相对应

通用网络工程全生命周期包含的阶段及工作包如图2所示。

4 传送网工程产品

通过以上内容，对产品化管理有了一定的认识，为了更好地理解，需要展示这套理论在传送网设备产品中的应用。

4.1 产品简介

根据传送网建设划分，设备产品包括：PTN产品、OTN产品、OLT产品、BNG产品等。

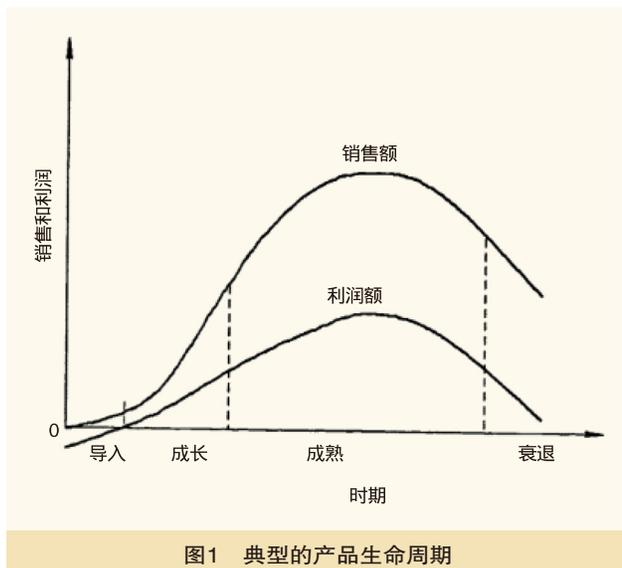


图1 典型的产品生命周期

PTN产品：在IP业务和底层光传输媒质之间设置一个层面，其针对分组业务流量的突发性和统计复用传送的要求而设计，以分组业务为核心并支持多业务提供，具有更低的总体使用成本（TCO），同时秉承光传输的传统优势，包括高可用性和可靠性、高效的带宽管理机制和流量工程、便捷的OAM和网管、可扩展、较高的安全性等。

PTN环产品：多个PTN站点形成一个封闭的环路。一个PTN环可以接入60个基站，覆盖1800户专线。

OTN产品：OTN（Optical Transport Network，光传送网）是以波分复用技术为基础、在光层组织网络的传送网，是下一代的骨干传送网。

OTN环产品：多个OTN站点形成一个封闭的环路。一个OTN环可以提供数十条GE、10GE的链路需求，这些链路可满足PTN产品、BNG产品的上联需求。

OLT产品：OLT（Optical Line Terminal，光线路终端）用于连接光纤干线的终端设备。

4.2 产品的生产

对传送网设备产品有了基本认识以后，分析其生产的情况。由于传送网设备产品是一个统称，为了对传送网设备具体产品有一个更好的认识，以PTN产品为例进行展示。

对于PTN产品来说，PTN环的开通意味着此产品具备产能并走完生产线。所以，对其生产的研究就可以转化为对PTN环开通的研究。

开通一个PTN环需要具备4个条件：前期配套条件、线路专业条件、设备专业条件、其他条件。

4.2.1 前期配套条件

前期配套因素有机房、电源、管道三要素。具体体现为

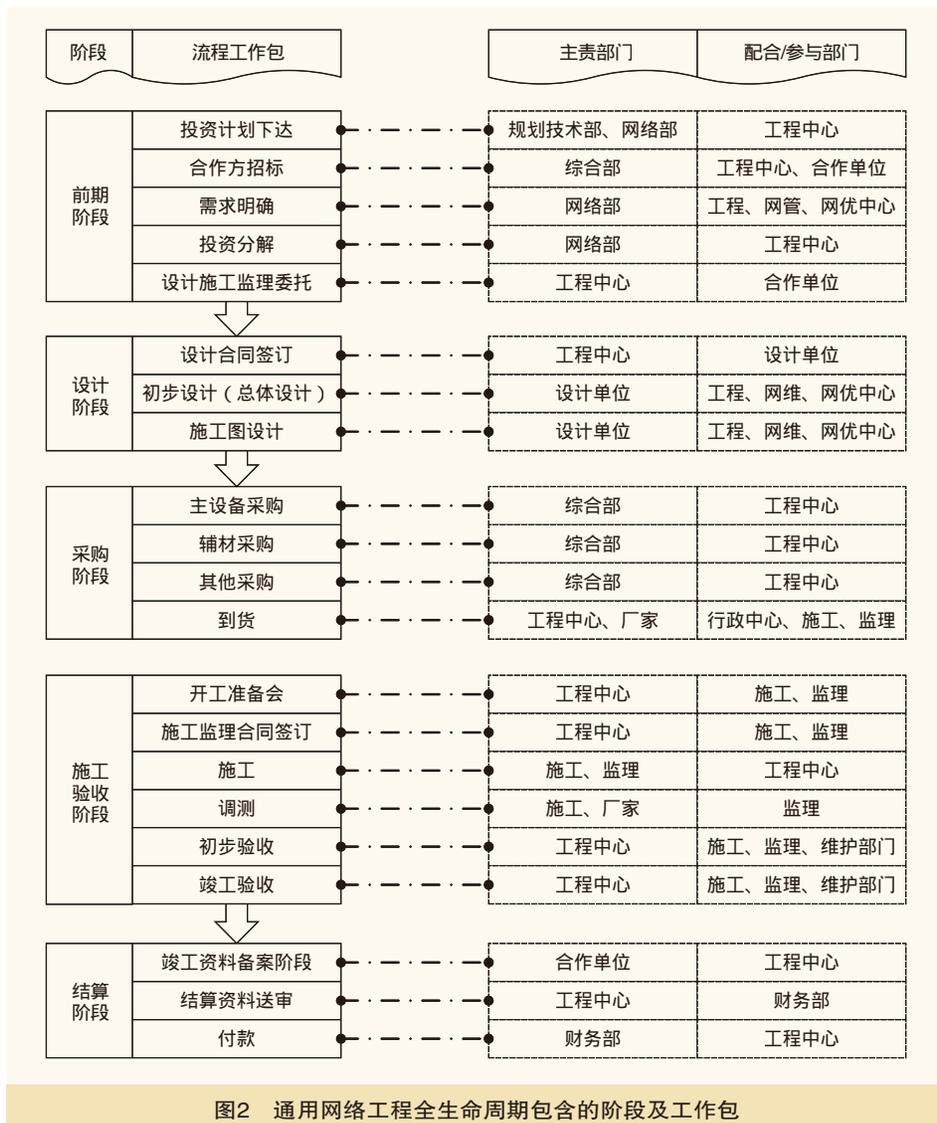


图2 通用网络工程全生命周期包含的阶段及工作包

现有的机房是否合适，如果没有则要考虑新建机房；电源情况是否满足，如果不满足则考虑是要加蓄电池还是加整流模块；是否有现有管道，没有则要考虑新建管道。

4.2.2 线路专业条件

线路专业条件只有唯一的一个因素，那就是光缆：首先要看组网路由是否有光缆可以利旧，如果可以利旧，则需要考虑是否双路由；如果没有利旧光缆，则需要新建光缆，当然，新建光缆也需要考虑双路由这一因素。

4.2.3 设备专业条件

设备专业条件主要包括：设备到货、硬件安装、加电等。毋庸置疑，设备到货是最基本的条件，直接影响其他所有环节；而硬件安装完成、加电则是开通的必要因素。

4.2.4 其他条件

除了前面所说的前期配套、线路和设备以外还需要满足

的条件称为其他条件，包括：系统联调完成、资源录入完成、资产标签完成、验收完成。

当满足以上所有条件时，PTN环开通，也就是说PTN产品完成生产并具备产能。

设备产品只有经过层层加工，才能最终投产，体现其价值，也就是产能对传送网工程建设进行一番“产品化”定义，才能更清晰地了解其价值效益和建设意义。

5 产品的产能

5.1 产品作用

以PTN为例，从技术角度来看，PTN能完全满足LTE回传业务、集团客户业务的承载。目前，揭阳移动已经搭建一张成熟的PTN承载网络。并且PTN可完全替代MSTP/SDH网络，在集团客户业务承载上，PTN具有高质量、大带宽优势。一是采用基于MPLS-TP的OAM技术可提供给客户安全可靠的接入；二是PTN本身的大带宽可满足客户各种带宽接入需求，一次接入后可根据客户的需求灵活升级。据统计，目前揭阳移动现网中超过80%的集团客户已经采用PTN方式接入，应用层面较广。

5.2 产品效益

每个产品带来的经济效益正是产品的价值所在，对应工程建设一样适合，对于传送网设备产品，同样可以转化为实际应用带来的经济效益。例如，一个PTN环产品的投产可以增加60个基站的接入能力，覆盖1800户的区域专线需求，为公司带来120万的新增收入；一个OTN环产品可以提供数十条链路，供10个以上PTN环上联，为公司带来1200万以上的新增收入；一个OLT产品的投产覆盖1920户用户的投产能力，为公司带来86.4万的新增收入；一台BNG产品可供20台OLT产品上联，为公司新增1500万收入；一台光缆交接箱产品可以新增840户的接入投产能力，为公司带来43万新增收入等。

6 产品管理主要方法

6.1 传送产品生产流程中存在的问题

传送产品生产流程如图3所示。传送网工程是一个周期长、问题复杂、涉及专业因素多的过程，在建设过程中容易出现各种问题，具体如下。

(1)产品在生产的各个阶段容易脱节，最终影响产品投产进度。

(2)整个建设过程由多家合作单位共同完成，合作单位由于降点等因素，积极性不高，比较难以把控。

(3)整个过程内部涉及多个部门，部门之间相互沟通存在一定漏洞。

(4)“PTN产品”完成的前提是各个站点的完成，常常因为某个或者某几个站点的滞后影响产品的投产。

(5)建非所需，经常会有制造出来的“PTN产品”并不是实际所需求的情况。

针对传送网建设容易出现的问题，“产品化”管理办法提出并制定相关举措，能更好地推动传送网建设工程产品化的管理和推进。

6.2 产品管理方法

6.2.1 建立定期的需求沟通会

针对“建非所需，经常会有制造出来的‘PTN产品’并不是实际所需求的”这一问题，提出建立定期的需求沟通这一措施。

在产品的生产之前，需要定期召开产品需求沟通会，与各部门就需求进行讨论并制定短期需求计划，根据具体需求



图3 生产流程

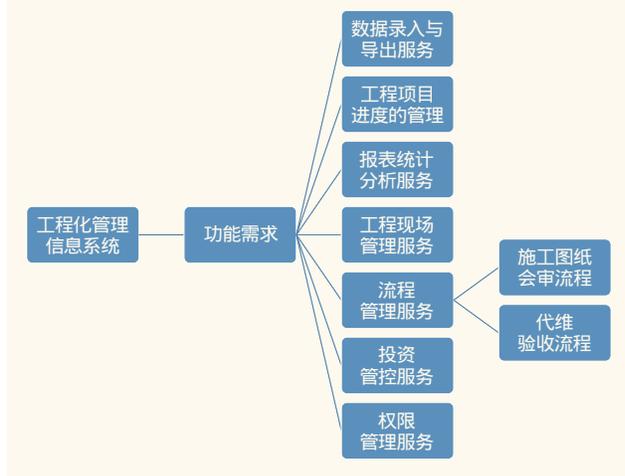


图4 工程化管理系统的主要功能

进行产品的生产。

6.2.2 建立工程化管理信息系统

为了更好地对传送网工程进行“产品化”管理，揭阳移动开发并建立工程化管理信息系统，以设备投产开通为主轴心，包括前期配套建设、管道、光缆、设备等不同专业的建设进展。该系统的主要功能包括工程项目进度管理、报表的统计分析服务、工程现场管理服务、流程管理服务和投资管控服务等，具体如图4所示。将设备产品投产的进度和需求同步推送到相应其他专业建设中，体现一个产品投产前各个生产线的运转情况，对生产环节存在的问题及时进行沟通处理。

工程化管理信息系统的建立可以有效、系统、全面地提高产品生产的效率和质量，有利于对合作单位的管理，并且使其更加有序化，管理更加透明、具象，从而提高产品的效益。

6.2.3 制定“产品”投产计划

针对“产品在生产的各个阶段容易脱节，最终影响产品投产进度”这一问题，提出制定“产品”投产计划这一措施。

在产品生产之前，制定投产计划，确定各环节的实施进度和质量，并且严格按照计划执行，可以有效地把产品生产中的各个环节衔接起来，思路更加清晰，环环相扣，不会出现相互脱节、影响产品投产进度的问题。

6.2.4 建立产品投产联合会

针对“整个建设过程由多家合作单位共同完成，比较难以把控”这一问题，提出建立产品投产联合会这一措施。

以设备产品输出为主轴，对合作单位制定人员产出计划，并采取捆绑考核和激励机制，建立产品投产联合会。例如建设一个PTN汇聚环产品，制定每个阶段合作单位输出产能计划，并要求合作单位人员配置，各家合作单位以PTN汇聚环投产为目的进行捆绑考核，有针对性地推动传送网各专业建设。有利于加强对产品生产中各个环节的监控，确保产品的进度和质量。

6.2.5 通过“产品化”与管理层及各部门进行沟通

针对“整个过程内部涉及多个部门，部门之间相互沟通存在一定漏洞”这一问题，提出通过“产品化”与管理层及各部门进行沟通这一措施。

传送网工程由于专业性、后台性的特点，所做的工作不容易被管理层或其他线条所了解，因此需要一个较为容易理解的模型展现传送网所做的工作，以增进线条间沟通。

例如，与采购部门沟通：××设备未到货，影响“××户家宽接入能力”投产；与网管中心沟通：××管道损坏未处理，影响“××个基站接入能力”投产；与市场线条沟通：××个OLT完工，××区域“××户家宽接入能力”已形成。

(下转32页)

新型宽带多模光纤研究

肖武丰^{1,2} 黄 荣^{1,2} 王润涵^{1,2} 朱继红^{1,2} 汪洪海^{1,2}

1. 光纤光缆制备技术国家重点实验室

2. 长飞光纤光缆股份有限公司

摘要

成功制备出一种新型抗弯曲宽带多模光纤, 介绍该光纤的设计、制备以及表征结果, 并通过100Gbit/s SWDM4 传输实验, 将其传输性能与传统OM4光纤进行对比。

关键词

宽带多模光纤 OM4光纤 波分复用技术

1 前言

数据中心虚拟化、云计算和高速端口等应用正在将数据中心的网络速度推向100Gbit/s, 最终将达到400Gbit/s。虽然现行的并行传输方式简单有效, 但需要并联大量的光学通道, 安装复杂, 布线成本高昂。而采用短波波分复用(SWDM)技术可以增加每根光纤的通信容量, 大大减少所需光纤数量, 实现传输速率的整体提升。短波波分复用技术扩展多模光纤传输时所用的波长范围, 将传统多模光纤所用的850nm扩展为850~950nm, 支持850~950nm波段4个波长的操作窗口, 利用性价比高的短波的垂直腔面发射激光(VCSEL)光源和优化的宽带多模光纤(WBMMF), 在一根多模光纤上支持4个波长的传输数据, 把需要的光纤芯数降低为原来的1/4。

目前OM3和OM4多模光纤是以太网和光纤通道的主要传输媒介, 在850nm窗口具有较高的有效模式带宽(EMB), 但在850nm波长以外的窗口下传输性能相当有限。因此, 需要一种在更宽的波长范围内都具有高带宽性能的光纤来支持SWDM技术。2016年6月, 通信工业协会(TIA)发布规范文件TIA-492AAAE对宽带多模光纤进行标准化。其他标准组织, 如ISO、IEC, 正在积极研究宽带多模光纤的详细标准。TIA-492AAAE标准中, 宽带多模光纤需要在850~950nm波段均具有较高的带宽性能。

2 宽带多模光纤的标准

通过850~950nm波段4波长的短波波分复用技术实现100Gbit/s的链路传输, 要求光纤内每个信道的数据速率至少

达到25Gbit/s, 也就是要求光纤在这4个波长均具有OM4光纤在850nm波长下的带宽性能。模式带宽与色散共同影响光纤的传输性能。根据FOTP-175标准规定的方法计算, 图1是多模光纤在850~950nm波段的理论色散值。波长越长, 色散绝对值越小。因此, 在长波长下的模式带宽要求较850nm低。

2016年6月发布的TIA-492AAAE标准对可支持短波波分复用技术的宽带多模光纤进行规范。该标准兼顾电气和电子工程师协会(IEEE)的100GE BASE-SR4模型和32GE光纤通道模型, 规定光纤在850nm的有效模式带宽不低于4700MHz·km, 同时在953nm的有效模式带宽不低于2470MHz·km。满足上述带宽要求的宽带多模光纤在850~950nm整个波段都具有等同OM4级别的带宽性能, 可以支持850~950nm波段4个波长的操作窗口, 传输速率超过25Gbit/s, 传输距离大于150m。另外, 宽带多模光纤还要求具有较小的宏弯损耗, 以7.5mm为半径绕两圈后其850nm的宏弯损耗要求不大于0.2dB, 1300nm的宏弯损耗要求不大于0.5dB。

3 宽带多模光纤的设计与制备

传统OM4光纤的最优带宽窗口一般在850nm, 更长的波长下其带宽性能会迅速降低, 难以满足4个波长均传输较长距离的要求。之前的研究显示, 通过优化光纤芯层的掺杂材料, 可以降低带宽对波长的敏感性, 增大高带宽的波长范围。在宽带多模光纤中, 芯层除了掺杂锗外, 还掺杂一定浓度的氟。

宽带多模光纤可以通过等离子体化学气相沉积(PCVD)工艺制得, PCVD工艺能够实现折射率剖面的精细调整, 满足

宽带多模光纤对芯层折射率剖面的严苛要求。图2为制得的宽带多模光纤折射率剖面示意。包层中合理设计的下陷结构使光纤具有优异的弯曲不敏感性能。

4 宽带多模光纤的性能表征

光纤的有效模式带宽 (EMB) 和差分模式时延 (DMD) 由一台高精度DMD测量设备测得, 所用光源为一台在850~950nm波段波长可调节的钛蓝宝石激光器。图3是实测不同波

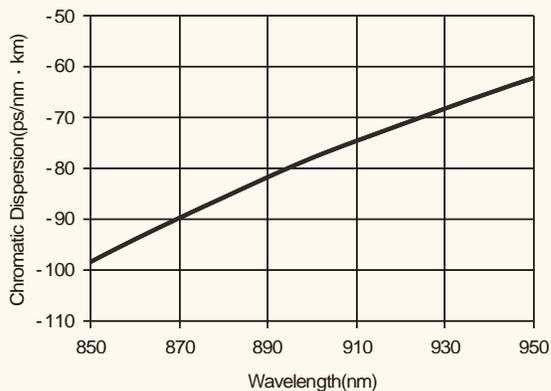


图1 多模光纤在850~950nm波段的理论色散值

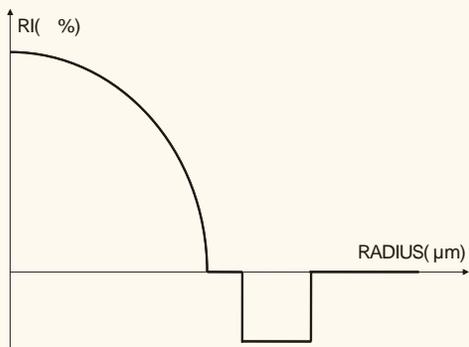


图2 宽带多模光纤的折射率剖面示意

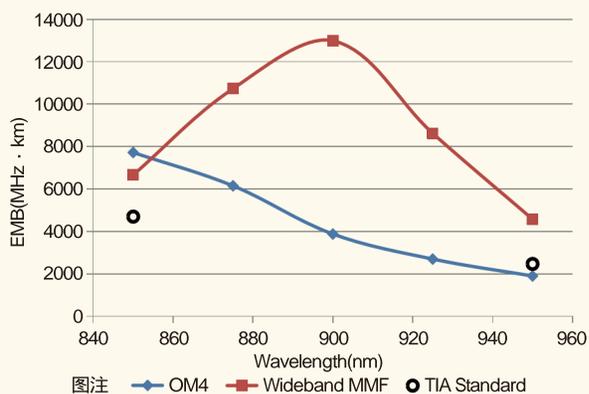


图3 实测不同波长下宽带多模光纤与OM4光纤的有效模式带宽

长下宽带多模光纤与OM4光纤的有效模式带宽对比。其中黑色空心圈是TIA-492AAAE标准规定宽带多模光纤的有效模式带宽最低值。在850~950nm波长范围内, 制得的宽带多模光纤有效模式带宽超过TIA的标准, 然而传统OM4光纤在长波长窗口没有达到要求。图4是制得的宽带多模光纤差分模式时延 (DMD) 图谱。

制得的宽带多模光纤其他主要性能参数见表1。

5 宽带多模光纤的传输实验

为了对比宽带多模光纤和传统OM4光纤的传输性能, 采用Finisar的100GE SWDM4光模块测试其误码率 (BER) 与光纤长度的关系。图5是100GE SWDM4光模块示意。SWDM技术采用的工作波长从850nm开始, 每隔30nm增加一个波长, 即880nm、910nm和940nm。收发机传输4个25Gbit/s

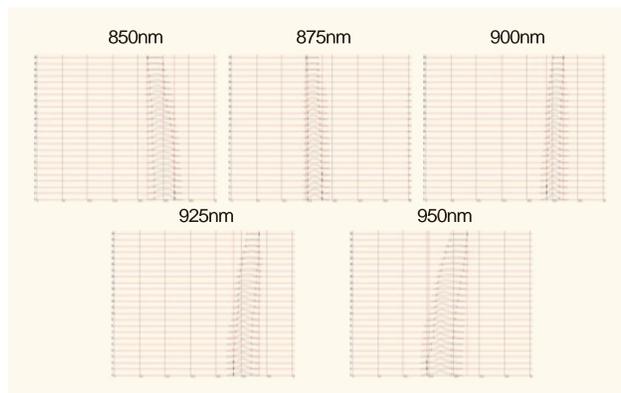


图4 制得的宽带多模光纤DMD图谱

表1 制得的宽带多模光纤的其他主要性能参数

数值孔径	850nm	0.201
芯径 (μm)	850nm	49.9
衰减 (dB/km)	850nm	2.20
	950nm	1.48
	1300nm	0.43
有效模式带宽 (MHz·km)	850nm	6139
	875nm	13052
	900nm	14810
	925nm	8674
	950nm	5348
色散 (ps/nm/km)	850nm	-95
	950nm	-59
15mm半径两圈的宏弯损耗 (dB)	850nm	0.010
	1300nm	0.053
7.5mm半径两圈的宏弯损耗 (dB)	850nm	0.047
	1300nm	0.210

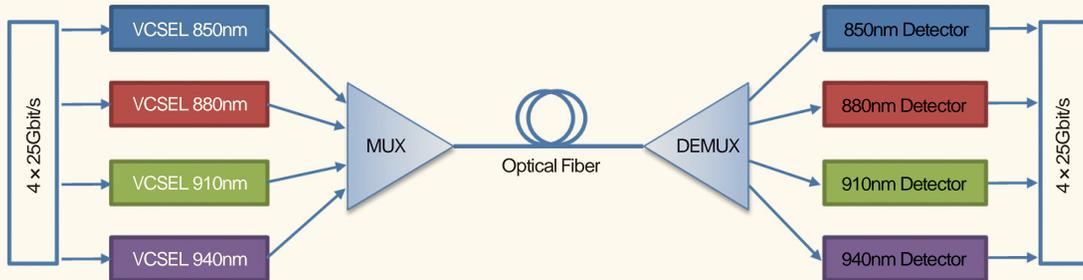


图5 100GE SWDM4光模块示意

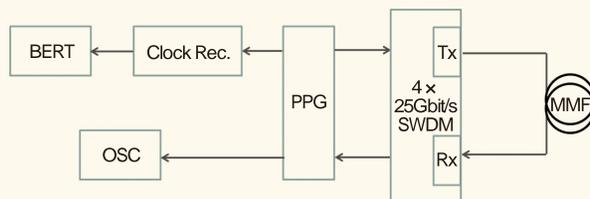


图6 传输实验装置示意

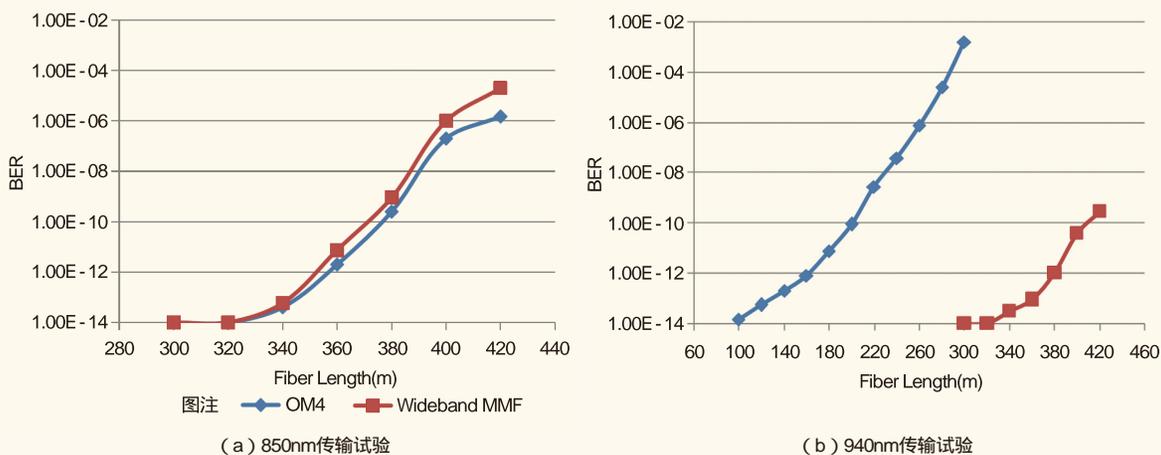


图7 宽带多模光纤和OM4光纤的BER与光纤长度的关系曲线

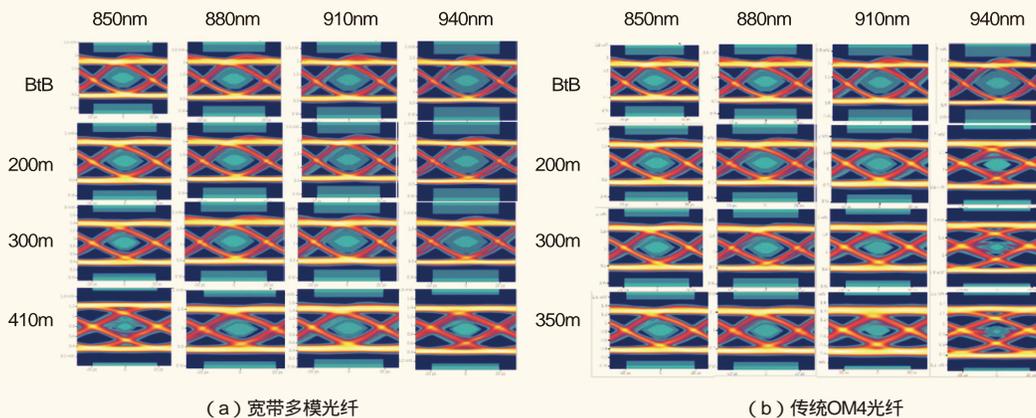


图8 100Gbit/s SWDM4传输实验下不同长度的宽带多模光纤和传统OM4光纤的光眼图

的数据流,在短波分复用模块中,4个VCSEL产生4个不同波长的光信号,将其复用到单条链路上,所有的VCSEL和光耦合在光模块中进行。在模块的接收端,信号被解复用,并转化为平行的电信号。

传输实验装置如图6所示。脉冲模式发生器(PPG)生成信号,经过Finisar的100GE SWDM4光模块处理,然后通过宽带多模光纤样品进行传输,最后被误码率测试仪(BERT)和示波器(OSC)接收。在误码率测试前,需要进行时钟恢复。示波器用于观察电子眼图。需要注意的是光眼图是信号从光纤输出时直接得出的,并没有经过SWDM4光模块的接收端。

如图7所示,在不进行前向纠错(FEC)的情况下,宽带多模光纤和OM4光纤都能实现850nm无误码传输(BER $<1E-12$)至340m。然而,在940nm时,OM4光纤的传输距离很短,而宽带多模光纤在340m以内依然能够保持无误

(上接28页)

通过这一措施,加强各部门之间的联动性,加快沟通效率,从而提高产品的生产和投产效率。

6.2.6 强化各单位的独立性

针对“设备投产完成的前提是各个站点的完成,常常因为某个或者某几个站点的滞后影响产品的投产”这一问题,提出强化各单位的独立性这一措施。

验收分为初验和终验,大部分站点完成初验以后,由于少数几个站点的某些问题未能完成初验,导致所有站点的验收进度滞后,影响产品的投产。

强化各单位的独立性,就是说的在产品完成之前的各个环节,比如验收,不会因为某一两个站点未完成初验而导致整体站点的终验滞后,可以两个环节串行,采取去点拆环等形式进行滚动验收,极大提高验收效率。

7 结束语

本课题将一种全新的思维运用在工程建设中,有利于提

码传输。因此,制备的宽带多模光纤可以实现超过300m的100Gbit/s传输,远大于标准要求的150m。

100Gbit/s的SWDM4传输实验下不同长度的宽带多模光纤和OM4光纤的光眼图如图8所示。在所有波长范围内,宽带多模光纤传输300m后的光眼图仍然是张开的。与之相比,OM4光纤传输300m后其940nm的光眼图基本紧闭。

6 结束语

通过PCVD工艺制备一种新型宽带多模光纤,在光纤芯层掺杂合适的氟,精细地设计光纤折射率剖面,该光纤在850~950nm波段表现出OM4级别的带宽性能。制备的宽带多模光纤可以支持850~950nm的4×25Gbit/s的短波分复用技术,实现100Gbit/s的300m传输。结合并行传输技术,该宽带多模光纤具有实现400Gbit/s高速传输的潜力。

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

升对传送网建设的认识和投产意义,有针对性地对设备投产进度进行把控推动,极大提高工程开展效率。此外,本课题不仅可以运用于传送网设备产品,其他专业,如无线专业、家宽集客等也可运用此管理办法进行推广,并且能提高产品的生产效率、质量以及产品的投产效益。

参考文献

[1] 薛雁群. 向存货管理要效益[J]. 会计之友, 2006(23)

[2] 耿华. 浅谈企业存货的管理[J]. 江苏商论, 2008(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

方磊

现就职于江苏省邮电规划设计院有限责任公司。

IPTV冷片问题研究

李凌¹ 庄一嵘²

1. 中国电信股份有限公司广东分公司

2. 中国电信股份有限公司广东研究院

摘要 评估冷片运营成本, 分析冷片问题及其判断冷片的方法, 结合实际运营数据, 对盘活冷片资源提出相应的判定方法和应对策略。

关键词 IPTV 冷片 CDN

1 前言

冷片是内容长尾理论的最好例证。所谓长尾理论, 产品存储和流通的渠道足够大, 需求不旺或销量不佳的产品所共同占据的市场份额可以和那些少数热销产品所占据的市场份额相匹敌甚至更大, 即众多小市场汇聚成可与主流相匹配的市场能量。简而言之, 长尾所涉及的冷门产品涵盖更多人的需求, 有了需求后, 就会有更多的人意识到这种需求, 使冷门不再冷门。然而在IPTV体系中, 冷片的存在虽然可以带来一定的收入, 但是有巨大成本压力, 成本主要来自IPTV特有的网络建设模式和技术体系所带来的视频存储成本。

因此, 如何评估冷片运营成本、判断冷片, 并且在实际运营中盘活冷片资源, 提升冷片性价比成为一个重要且不能回避的课题。

2 冷片决定运营成本

说到冷片, 就得从IPTV现行的系统架构说起, 这直接关系到冷片的运行成本。现行的CDN缓存策略是全文缓存方式, 不对流媒体内容进行任何处理, 而是简单地从头到尾完整地缓存在代理服务器上, 当用户访问某个文件时, 再将整个流媒体文件发送给用户。

流媒体文件的数据量很大, 文件数量逐年快速攀升, 如果对其进行全文缓存将会占用大量的缓存空间, 全文缓存的方法没有考虑到流媒体内容的内部流行度变化, 极大地降低代理服务器的缓存空间利用率, 成为提高缓存命中率的瓶颈。

现行的IPTV系统中, 采用的缓存策略就是全量预推模式, 即所有内容全部推送到边缘的所有节点。EPG与CDN配

合的模式也是如此, 即EPG上展示的都是CDN中预推下来的内容。这种模式存在巨大的成本压力和运营效率上的损失。

对现有内容进行长期的监测, 发现CDN的存储中存放有大量一个月内一次点播都没有的片子, 高达85.2万条, 整个内容是99.4万条, 占比高达86%。虽然这种比例符合互联网的二八原则, 但是CDN所有的边缘节点都存放着高达86%的冷片, 成本很高。一方面, 需要优化缓存模式, 尽可能将冷片集中存放, 节省宝贵的边缘存储资源, 或者采用切片预推等策略, 优化CDN的缓存策略; 另外一方面, 需要做好冷片的运营, 把库房中的内容资源盘活, 发挥价值作用。

文中收集IPTV系统的真实访问日志, 对用户访问时间分布、播放时长以及视频内外部流行度分布进行分析, 发现IPTV点播用户行为具有如下几个特点。

(1) 用户的访问行为与作息息息相关。

(2) 用户的访问普遍存在浏览行为。

(3) 用户访问的倾向性很强, 大多数请求都集中在少数热门的视频上, 导致点播视频的外部流行度呈现出重尾现象, 使用广延指数模型能够很好地进行刻画。

(4) 视频的流行度存在着一定的稳定性和持续性。

(5) 视频内部流行度会随着播放时间逐渐降低, 并且外部流行度高的视频, 其内部流行度也会比较高。

(6) 存在一个临界内部流行度, 可以根据该流行度将视频分为缓存部分和非缓存部分。

由于外部流行度的重尾现象以及流行度的持续性, 对于大部分热度极低且不会被存储的影片来说, 对其进行一视同仁的分段会增加不必要的分段管理成本, 同时视频的内部流

行度分布不均,传统的分段算法往往不依据或者只单纯依据外部流行度的高低对影片进行分段而忽略每个影片的内部流行度变化,不利于缓存性能以及命中率的提高。

3 流媒体流行度特点分析及其分段缓存对策

根据上述用户访问流媒体的特征,分析流媒体流行度的特征,然后采取相应的CDN缓存策略降低CDN的运营成本。文中以广东电信IPTV系统的点播访问日志为依据,分别对以上内部和外部流行度的特点进行分析,并研究各个存储占比情况下的最佳分段点分布。

(1) 流媒体流行度分布

流媒体的外部流行度常常使用Zipf分布或广延指数分布进行刻画,用户的访问具有很强的倾向性,少数的热门影片往往占有大量的用户请求。这符合视频内容的外在规律,即院线大片或者有号召力的导演、演员对于观众的吸引力很强,换句话说大多数的低流行度影片成为占用CDN资源的冷片。

用户在观影期间还有一个特征,就是往往没看完就结束播放,根据日志数据显示近一半的用户请求不会播放整个影片,因此同一流媒体内部的不同区段之间也存在着流行度的差异,用户往往看了影片开头部分就决定是否继续观看,造成影片的内部流行度随着播放时间增加逐渐递减。

以每分钟一个区段计算影片的内部流行度,得到400部影片内部流行度与播放时间的关系,如图1所示,影片起始部分的流行度会有一个快速下降的过程。由影片的内部流行度分布可以看出内部流行度是非均匀的,而且每个影片内部流行度的变化也有所差别。如果传统的分段算法还是按照均匀分段方式做缓存,而忽略每个影片的内部流行度变化,会造成CDN缓存资源上的浪费。

(2) 基于最佳分段点估计的流媒体分段策略

将每个视频分成高流行度段和低流行度段两个片段,可以大大减少视频总的分段数目,同时可以保证比较好的命中率。

文中提出的分段策略分为5个步骤,具体过程如下。

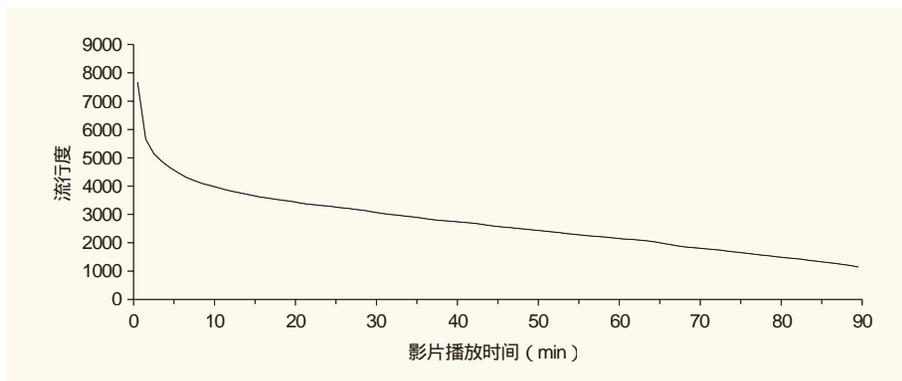


图1 流媒体对象的内部流行度与播放时间的关系

① 数据统计

设定一个合理的流行度统计周期 T ,并统计待估计周期 T 前一个周期 T_1 和前两个周期 T_2 内所有视频的内部和外部流行度。

② 建立内部流行度阈值估计模型

- 计算得到周期 T_2 完整缓存情况下的临界流行度 P_{c2} 和周期 T_1 的最佳视频内部分段流行度 P_{o1} 。

- 对不同存储占比下完整缓存的临界流行度与最佳分段流行度曲线之商 $k=P_{c2}/P_{o1}$ 进行拟合,得到参数 a_1, a_2, \dots, a_n 的值。

③ 内部流行度阈值估计

- 计算得到周期 T_1 完整缓存情况下的临界流行度 P_{c1} 。

- 计算得到不同存储占比下周期 T 的估计分段流行度 P_o 。

④ 分段

根据估计的分段流行度 P_o ,将周期 T 内的所有视频分成两个片段:内部流行度高于 P_o 的内容部分为一个片段,低于 P_o 的部分为另一个片段。

⑤ 重新分段

由于视频的流行度会随着时间的推移不断变化,每个周期对已有旧视频进行检测,如果视频现有的分段点阈值与最佳分段点阈值相差达到一定程度,则对该视频进行重新分段。

通过对流行度建模分析,利用流媒体的外部流行度对最佳分段点的内部流行度进行估计,将视频最多分成两段,达到减少总分段数的目的,同时由于增强流媒体对象对流行度的适应性,也获得较好的命中率。从CDN角度,冷片的分段存储策略可以优化现有的CDN系统,节约成本,提高生产效益。

4 基于生命周期的冷片判定与对策

从CDN系统的角度,论证冷片库对于IPTV运营成本的影响,并基于数据分析提出CDN优化的建议,是一个节流的方法。要想整个IPTV产品健康有序发展,还需要开源与节流并举。

所谓开源就是需要判断冷片,结合当前热点对冷片进行营销推广,使之发挥效益,同时对于不产生效益的冷片进行下线处理,即节流,良币驱逐劣币,让宝贵的CDN资源用于产生更高效益的内容。

如何判定内容是否属于冷片?在回答这个问题之前,需要知道一部影片的生命周期。

图2是从库中选取5部有典型代

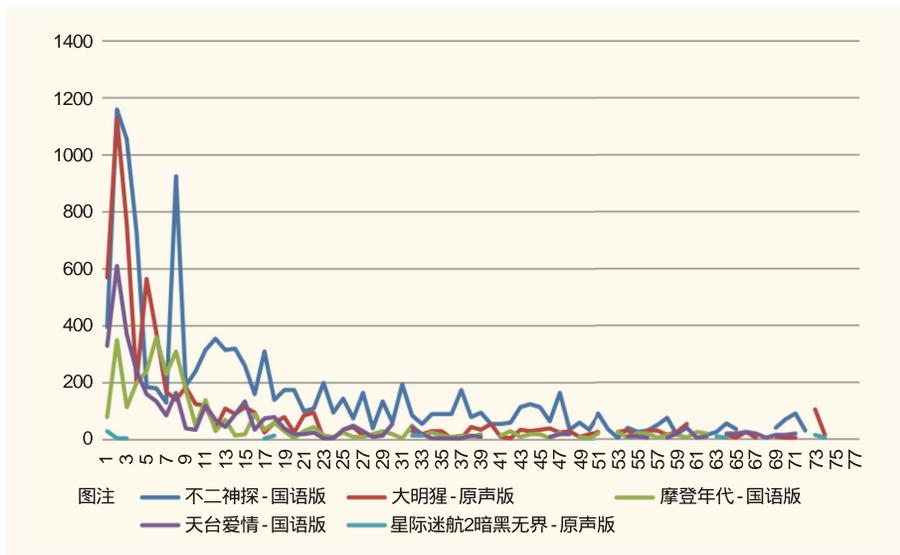


图2 典型院线影片订购观影趋势

表的院线影片，观察其订购量描绘的曲线趋势。这里分为两种情况，一种是在IPTV首页做了推广的，一种是未做推广的情况。

《不二神探》、《大明猩》、《天台爱情》在首页做了推广，在初期受到推广因素的影响，订购量和点击量显著攀升，其他影片未在首页做推广。可以初步判断出一部影片具有长尾效益，在初期的10天内，做了首页推广的效果会很显著，而后片子热度将显著下降。

因此，对于内容库内的冷片可以采取优化策略，适度在首页推广。挑选一些处于长尾期的影片，放到首页推广，引导流量进入，形成转化。

(1)可以结合当前热播影片的主演做推广，比如《摩登年代》上映，可以将徐峥其他处于长尾阶段的影片拿出来，蹭热点再炒一次。

(2)可以结合当前热播的影片系列做推广，比如《速度与激情8》上映时，可以编辑一个专题《速度与激情》，将前面几部系列片再热播一次。

(3)可以结合当期热播的影片做同类专题，比如《星际

迷航2》上映，可以挑选其他星际科幻片一起打包销售。

5 结束语

冷片是IPTV运营中不可避免的难题和问题，文中对冷片运营成本做了剖析，通过对媒体流行度建模，将视频最多分成两段，达到减少总分段数的目的。同时由于增强流媒体对象对流行度的适应性，较好地解决CDN缓存命中率的问题，可以优化现有的CDN系统，节约成本，提高生产效益。结合当前视频内容热点，对冷片进行营销推广，使之发挥效益，盘活视频内容资源，获得更好的经济效益。

参考文献

- [1] 邓宇珊,庄一嵘,陈戈,等.基于最佳分段点估计的流媒体非均匀分段方法[J].电信科学,2015,31(9)
 - [2] 庄一嵘,李江威,刘东宇,等.IPTV用户群分类模型设计与实现[J].广东通信技术,2014(6)
 - [3] 庄一嵘.用数据驱动IPTV产品运营[J].电信技术,2017,8(9)
 - [4] 邓宇珊,庄一嵘,陈戈,等.基于分段流行度分布建模的代理缓存空间优化方法[J].科学技术与工程,2016,16(19)
- 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

李凌

工程师,现就职于中国电信股份有限公司广东分公司,研究方向为IPTV智能化运营。

庄一嵘

高级工程师,现就职于中国电信股份有限公司广东研究院,研究方向为IPTV技术研究。

“瘦基站”建设难点覆盖方案研究

刘苑明 杨超 谢春平

中国移动通信集团广东有限公司中山分公司

摘要 创新提出“瘦基站”形式,研究“瘦基站”形式对于覆盖黑点、难点建设的影响,从覆盖效果、投资情况、拆迁成本等方面分析,并与传统的铁塔覆盖方式进行综合对比,发现“瘦基站”建设方式具有覆盖效果好、方便施工及维护、投资较低、隐蔽效果良好等特点,从而总结出相关推广设计规范及应用注意事项。

关键词 建设难点 逼迁 瘦基站

1 引言

在TD-LTE 4G牌照发放两年后,中国移动已基本完成4G网络的大规模建设和部署,从2015年开始,网络规划和建设转向深度覆盖、重点覆盖。在此前提下,LTE网络大规模的深度覆盖建设遇到一系列站点协调困难、站点选址难、建站速度缓慢、建站成本效益低的问题。为了“又快又好又省”地完成工程建设任务,需要依靠各种手段解决网络建设中遇到的问题,其中应用推广“瘦基站”的建设模式,具有能够实现快速建站、提高建站效益、降低选址难度和减少逼迁搬迁成本等优势。

2 研究内容

“瘦基站”定义如下。

(1)不用机房、空调、电池,采用民用市电(220V)。

(2)采用RRU拉远、一体化机柜、一体化微站、iMACRO、天线RRU一体化等方式。

(3)天线采用小型化、隐蔽化,以及小型天线、特型天线、美化天线、全频天线(增益10~15dBi)。

(4)安装采用简单抱杆、灯杆、挂墙等简单方式,不用铁塔和支撑杆方式。

本次研究利用“瘦基站”这种形式,选取横栏新茂村出租屋区和横栏三沙接龙街出租屋区两个建设难点作为试用研究场景,开展覆盖研究工作。两个出租屋区域均为楼房密集区域,主要建设难点为逼迁和建设空间不足。

现场勘查覆盖情况如下。

(1)横栏新茂村街道测试主要占用中山横栏茂生东路F-ZLH-3、中山横栏新茂村D-ZLH-1、中山横栏长安北路

D-ZLH-1。横栏新茂村茂生西路一二排附近一带的信号覆盖较差,信号强度为-110~-93dBm。

(2)横栏三沙接龙街街道测试主要占用中山横栏贴边庆益D-ZLH-3、中山横栏三沙南珠湾一D-ZLH-1、中山横栏三沙花木场F-ZLH-2、中山横栏三沙南珠湾二D-ZLH-1、中山横栏贴边庆益D-ZLH-2、中山横栏三沙F-ZLH-2。接龙街附近一带的信号覆盖较差,信号强度为-115~-100dBm,下载速率约为10Mbit/s,CSFB正常;回落到横栏三沙花木场1,信号强度为-89~-74dBm,零星2~3级质差;横栏贴边庆益-EGH-3、横栏三沙花木场1和横栏三沙2小区都存在100%的4~5级干扰,影响用户感知。

3 试点建设

3.1 三沙接龙街试点

3.1.1 建设方案

横栏镇三沙接西四街22号:在楼顶建设GSM和LTE(F频)“瘦基站”,各三个小区,对公寓楼及附近周边群屋、街道进行GSM和LTE覆盖建设。接龙街“瘦基站”建设方案如图1所示。

3.1.2 前后效果对比

(1)GSM情况

开通前后测试对比见表1。开通前横栏三沙接龙街出租屋群附近一带的街道存在弱覆盖且附近的900个小区都存在强私装干扰;开通后该街道内的信号覆盖有了明显改善,信号强度为-77~-62dBm,通话正常。但由于周围的房屋较为密集,信号阻挡厉害,导致有些道路的信号覆盖还是较弱,信号强度为-87~-82dBm,零星2~3级质差,影响用户感知;覆盖率从86.7%提升到94.8%,语音质量从80.5%提升到

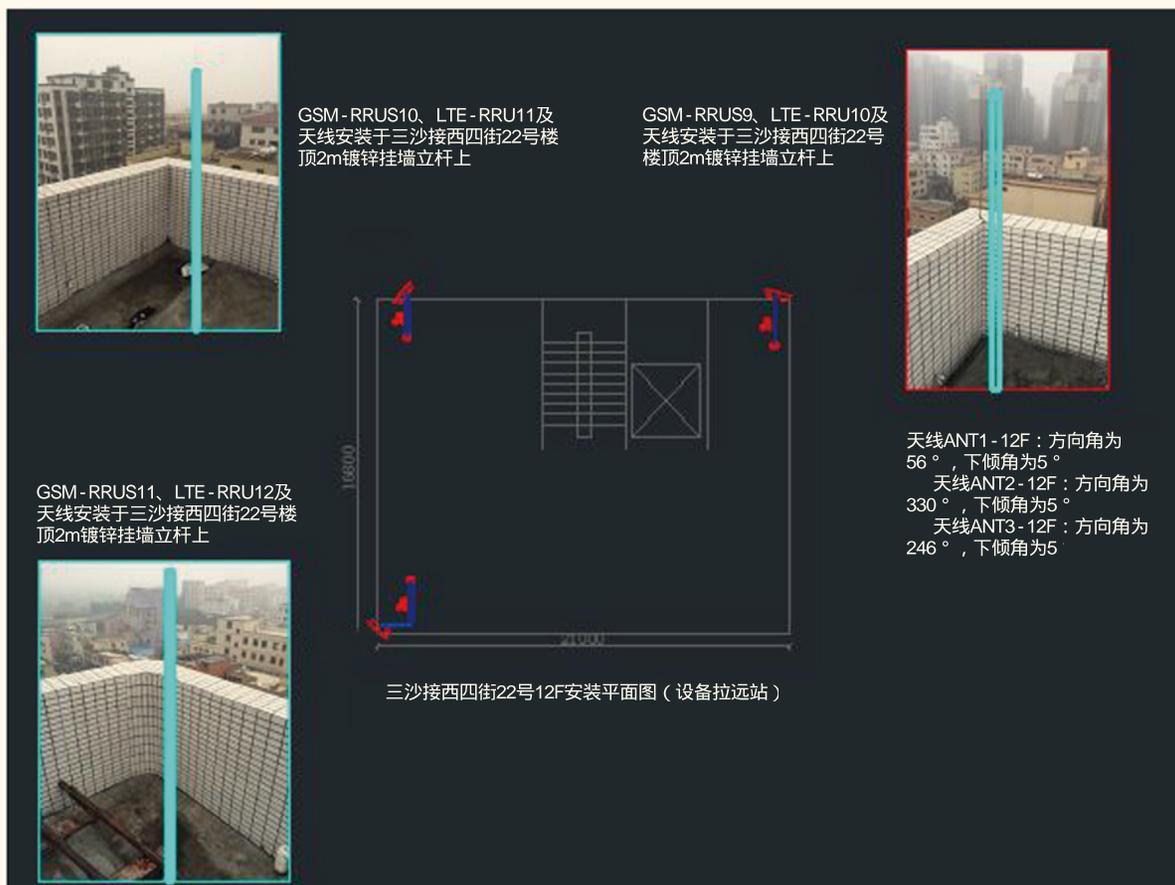


图1 接龙街“瘦基站”建设方案

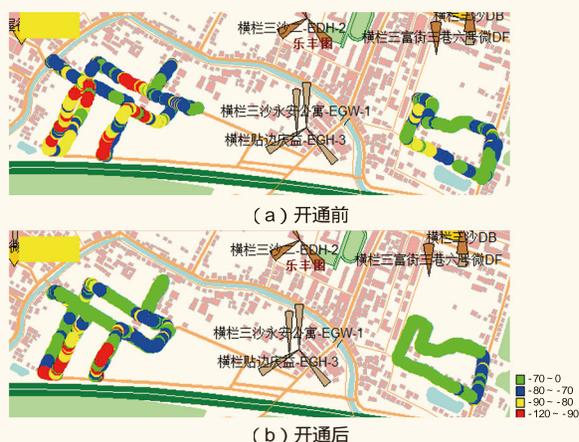


图2 开通前后信号强度对比(三沙接龙街试点)

97.1%, 开通后该城中村信号覆盖得到明显改善。开通前后信号强度对比如图2所示。

(2)LTE情况

开通前后测试对比见表2。开通前横栏三沙接龙街出租屋群附近一带的信号覆盖较差; 开通后该街道内的信号

表1 开通前后测试对比(GSM情况)

横栏三沙接龙街出租屋群	覆盖率 (-85dBm)	覆盖率 (-90dBm)	未接通次数	感知掉话次数	话音质量
开通前	76.3%	86.7%	0	2	80.5%
开通后	92.2%	94.8%	0	0	97.1%

表2 开通前后测试对比(LTE情况)

中山横栏三沙接龙街出租屋群 E-ZLW	覆盖率 (-85dBm)	覆盖率 (-95dBm)	SINR (>15)	SINR (>10)	平均下载速率 (Mbit/s)
开通前	0.07%	7.49%	16.05%	39.21%	10
开通后	39.61%	56.73%	67.8%	80.06%	28

表3 开通前后测试对比

中山横栏新茂村茂生西路一二排 E-ZLW	覆盖率 (-85dBm)	覆盖率 (-95dBm)	SINR (>15)	SINR (>10)	平均下载速率 (Mbit/s)
开通前	6.37%	16.49%	25.55%	50.98%	12
开通后	80.11%	95.43%	83.3%	92.6%	29

覆盖有了明显改善, 信号强度为-92~-83dBm, 下载速率约为28Mbit/s。但由于周围的房屋较为密集, 信号阻挡厉

表4 RUS设备信息

Cell Name	ID站名	RUS/干放	MU位置信息	RUS /干放位置信息	RUS/干放覆盖区域
开发区美淳办公设备-EDW-1	ZTBMCBF	RUS1	宿舍楼电梯机房	宿舍楼楼顶天线旁	开发区美淳办公设备公司宿舍楼和厂房区
开发区美淳办公设备-EDW-2	ZTBMCBG	RUS2	宿舍楼电梯机房	宿舍楼楼顶天线旁	开发区美淳办公设备公司宿舍楼和厂房区
开发区美淳办公设备-EDW-3	ZTBMCBH	RUS3	宿舍楼电梯机房	宿舍楼楼顶天线旁	开发区美淳办公设备公司宿舍楼和厂房区

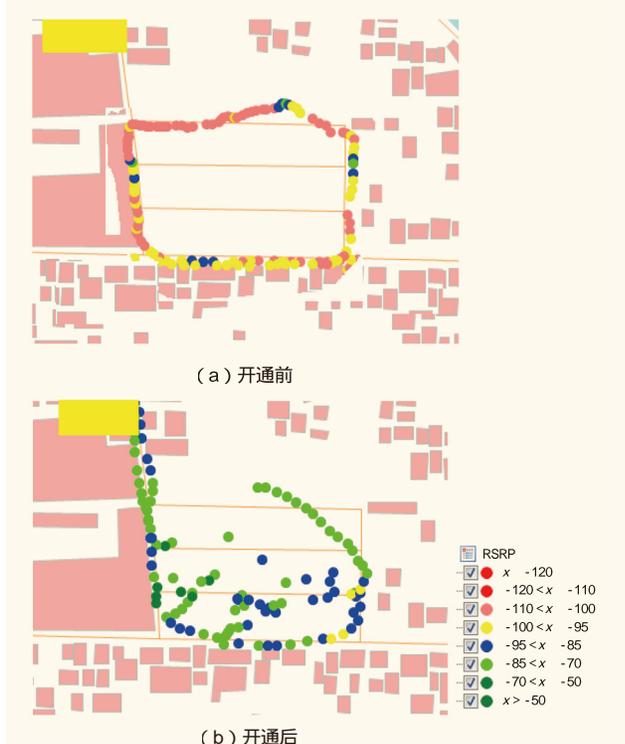


图3 开通前后信号强度对比（新茂村一二排试点）

害，导致有些道路的信号覆盖还是较弱，信号强度为-107~-96dBm，下载速率约为14Mbit/s，并且信号强度覆盖率为7.49%提升到56.73%，SINR覆盖率为39.21%提升到80.06%，开通后该城中村信号覆盖得到明显改善。

3.2 新茂村一二排试点

3.2.1 建设方案

由于该区域主要需求为LTE需求，故在楼顶建设LTE（F频）“瘦基站”，各三个小区，对公寓楼及附近周边群屋、街道进行LTE覆盖建设，建设方案类似3.1节。

3.2.2 前后效果对比

开通前后测试对比见表3。开通前横栏新茂村茂生西路一二排附近一带的信号覆盖较差；开通后该街道内的信号覆盖有了明显改善，信号强度为-97~-76dBm，下载速率约为29Mbit/s，并且信号强度覆盖率为16.49%提升到95.43%，SINR覆盖率为50.98%提升到92.6%，开通后该城中村信号覆盖得到明显改善。开通前后信号强度对比如图3所示。

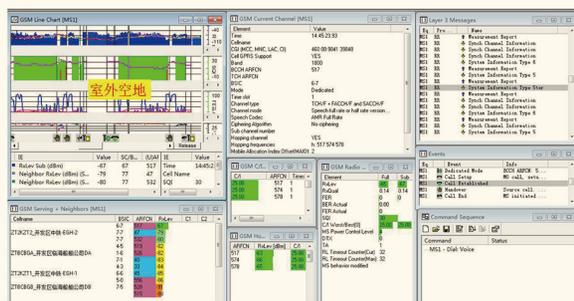


图4 室外空地改善情况

3.3 开发区美淳办公有限公司试点

3.3.1 建设方案

本试点需求主要包括厂房办公区、宿舍和厂外空地，主要为通话需求，由于办公区不需要上网使用LTE业务，故本次试点主要为12层公寓楼顶。由于规划资源，本期建设仅完成GSM“瘦基站”建设，三个小区。RUS设备信息见表4。

3.3.2 前后效果对比

开通前宿舍信号强度为-96dBm，信号覆盖弱，通话质量差；厂房区信号强度-95~-82dBm，信号覆盖较弱，通话质量差。

开通后宿舍楼及厂房办公区域虽较开通前有所提升，但信号强度仍为-95~-80dBm，通话质量较差；但室外空地信号强度为-68~-60dBm，下载速率约为126.54kbit/s，支持正常业务。室外空地改善情况如图4所示。

3.4 总结及建议

本次“瘦基站”试点中，“横栏三沙出租屋群”和“横栏新茂村一二排”均为密集出租屋群覆盖黑点、难点，通过“瘦基站”试点建设，快速高效地达到覆盖密集出租屋群外道路的目的，“瘦基站”建设效果明显。

“开发区美淳办公有限公司”试点为用户投诉区域，预想通过“瘦基站”试点建设，快速高效地解决用户办公和宿舍区域的覆盖问题，但经过效果验证，“瘦基站”对室内覆盖的效果较差，无法满足需求。

4 后续推广与规范化

随着工程建设推进，现有可利用站址资源的挖掘潜力越

（下转41页）

异构网络下移动性管理分析及优化策略研究

王晓平 王亚峰

中国移动通信集团设计院有限公司北京分公司

摘要

在现有宏基站基础上，合理部署低功率微节点形成异构网络，能极大提高小范围的吞吐量和网络的容量。但是异构网络势必会引入移动终端切换选择的问题，因此对移动用户进行管理，制定合理的策略实现移动用户无缝切换，保证用户的服务体验，对于不同速率用户始终能享受良好的网络通信是一项重要的任务。下面基于异构网络进行移动性管理分析并提出相关优化策略。

关键词

异构网络 切换管理 QoS

1 引言

由于移动用户的迅猛增长，移动流量呈现爆炸性上升，与此同时，用户需要更好的移动服务、更快速的速率、更丰富的业务以及更好的移动性管理。原有的网络部署已经不能满足用户的流量需求，为解决这一问题，单纯地通过增强物理层技术已经不可行。因此，无线网络容量需求的提升推动移动通信网络部署的高度密集化，同时新的基站类型不断出现。在已有的宏基站基础上，出现微基站、微微基站、远端射频头、毫微微基站以及中继基站，这些网络形成新型的异构混合网络，由测试验证，这一技术已显著提升地区吞吐量和网络容量。但是更加密集的网络部署使得小区间的嵌套更加严重，通过部署更多基站带来的容量提升反而会被增加的干扰严重抵消。因此在异构网络部署的背景下，移动性管理是一个重要问题，移动用户切换的规则和切换流程的设计仍有优化空间。制定更好的切换策略和改进移动性管理机制，将会进一步提升用户的体验并降低网络成本，满足用户的移动性要求，向用户提供高质量、无缝隙的业务和高效、灵活、节能的移动性管理技术已成为必须解决的关键问题之一。

2 切换流程以及网络层信令

2.1 宏小区下的异构场景

宏小区下的异构场景如图1所示。

在宏基站Macro的部署下，在其上部部署低功率节点，为用户提供更大的覆盖范围和更大的系统容量，移动用户测试其信道质量并根据设定的切换准则判断是否执行切换。

2.2 切换流程

具体的切换过程如下。

- (1)用户连接到一个小区（Cell A）。
- (2)无线环境发生变化，用户需要进行切换。
- (3)基站给用户发送对目标小区（Cell B）的测量指令。
- (4)用户执行相关的小区测量，并向当前服务小区（Cell A）上报测量结果。
- (5)网络对用户上报的测量结果进行评估，并进行相应的切换判决。
- (6)为保证用户服务的连续性，服务小区（Cell A）需要与目标小区（Cell B）进行数据转发以及缓存控制。
- (7)服务小区（Cell A）将切换指令发送给用户。
- (8)用户执行小区切换过程。
- (9)完成切换后，用户向当前服务小区（Cell B）发送切换成功的消息。

整个切换过程可以分为以下三个不同的阶段。

阶段一：A3事件的进入条件满足之前。

阶段二：A3事件的进入条件满足之后，用户成功接收切换命令之前。

阶段三：用户成功接收切换命令之后，用户成功发送切换成功消息之前。

3 异构网络切换模型

基于宏基站网络模型，研究异构网络中低功率节点的部署，如图2所示。

在图3中介绍一个切换触发（HO）方位和切换失败

(HF)方位的模型,这一模型由3GPP仿真得出。切换触发方位和切换失败方位形成两个同心圆。

研究切换成功概率和乒乓效应,这里用单个移动终端进行分析。UE开始位于宏小区,按照固定的轨迹移动到微小区覆盖范围内,成功切换到微小区后继续运动并再次切换到宏小区。由于移动终端朝着微小区覆盖范围运动,切换失败的方位在切换触发方位的外面,所建立的模型如图4所示。

切换时间包括触发时间TTT、切换准备时间、切换执行时间。在此处只考虑TTT。宏小区的切换时间设为 T_m ,微小区的切换时间设为 T_p ,在这段切换时间内,移动终端所行驶的距离为 VT_m 和 VT_p 。

切换场景中,移动终端沿着某一轨迹运动,当到达微小区覆盖范围时,切换被触发。在切换未完成之前发生RLF和PDCCH失败将会导致整个切换失败,且切换失败会被计数在终端未运动满 VT_m 和 VT_p 距离之前就进入切换失败圈或移出微小区覆盖范围。

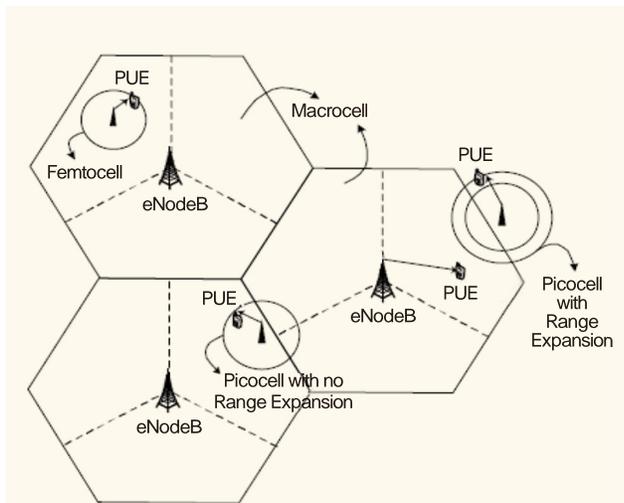


图1 宏小区异构场景

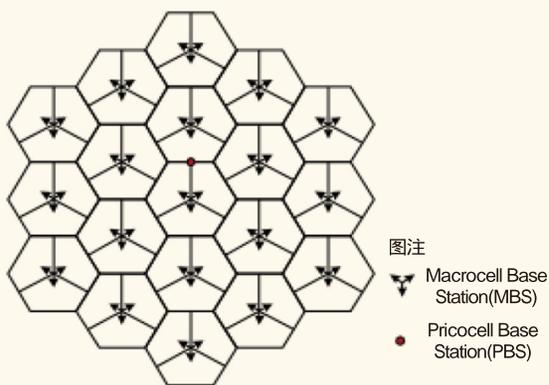


图2 宏基站网络模型

根据终端移动过程,大致分为三种情况:宏小区终端(MUE)未切换概率、宏小区终端(MUE)切换成功概率和微小区终端(PUE)切换失败概率。

(1)MUE未切换概率

在这一进程中,MUE在TTT结束之前穿越微小区覆盖范围,微小区服务质量下降,MUE将不进行切换,建立数学模型并进行概率推算,得到结果见公式(1)。

$$P_{NHO,m} = \begin{cases} P_{NHO,m1} = 1 - \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{2\sqrt{R^2 - v^2 T_m^2 / 4}}{v T_m} \right), & v T_m < 2\sqrt{R^2 - r_m^2} \\ P_{NHO,m2} = 1 - \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{r_m}{\sqrt{R^2 - r_m^2}} \right), & v T_m > 2\sqrt{R^2 - r_m^2} \end{cases} \quad (1)$$

(2)MUE成功切换概率

根据切换理论和对数学模型的分析,通过对比TTT时间内终端行走距离和轨迹与圆相交的弦的情况计算MUE成

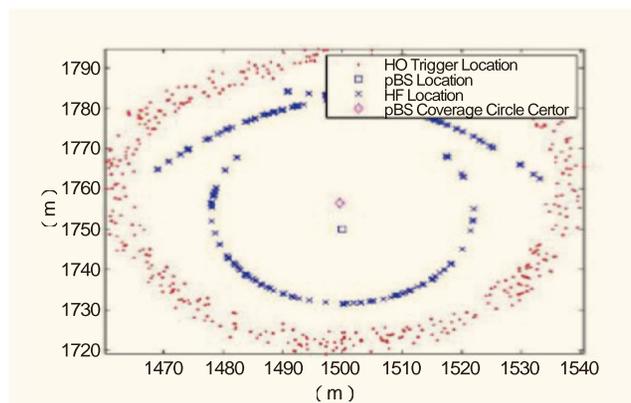


图3 宏基站切换触发和失败方位

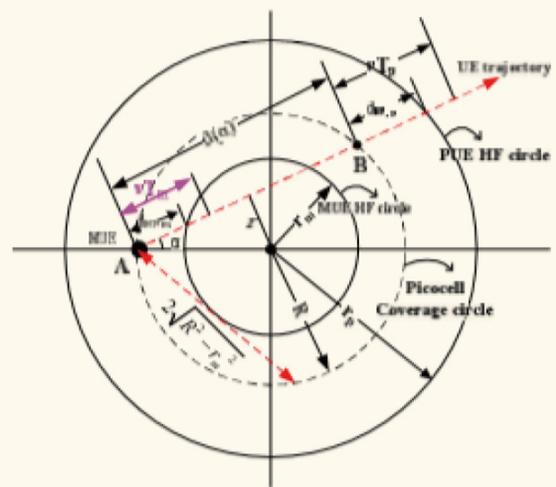


图4 宏-微基站几何模型

功切换的概率，见公式（2）。

$$P_{HO,m} = \begin{cases} P_{HO,m1} \\ P_{HO,m2} \\ P_{HO,m3} \end{cases} = \begin{cases} 0, vT_m \geq 2\sqrt{R^2 - r_m^2} \\ \frac{2}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{4R^2 - v^2 T_m^2}}{vT_m} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{r_m}{\sqrt{R^2 - r_m^2}} \right) \right], \sqrt{R^2 - r_m^2} \leq vT_m < 2\sqrt{R^2 - r_m^2} \\ \frac{2}{\pi} \left[\cos^{-1} \left(\frac{vT_m}{2R} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{v^2 T_m^2 + R^2 - r_m^2}{2vT_m R} \right) \right], R - r_m \leq vT_m < \sqrt{R^2 - r_m^2} \\ \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{r_m}{\sqrt{R^2 - r_m^2}} \right), vT_m < R - r_m \end{cases} \quad (2)$$

(3)PUE成功切换概率

PUE是移动终端从微小区覆盖范围移动到宏小区，基于已建立模型，PUE成功切换条件是 $vT_p < d_{HF,p}$ 。根据MUE切换概率，PUE切换概率分析计算结果见公式（3）。

$$P_{HO,p} = \begin{cases} P_{HO,p1} \\ P_{HO,p2} \\ P_{HO,p3} \end{cases} = \begin{cases} P \\ \left\{ \begin{array}{l} \max(v(T_m + T_{MRS} - T_p), vT_m) < d(a) \\ < \min \left[2\sqrt{R^2 - r_m^2}, \frac{r_p^2 - R^2}{vT_p} - vT_p \right] \end{array} \right\}, \sqrt{R^2 - r_m^2} \leq vT_m < 2\sqrt{R^2 - r_m^2} \\ P_{HO,ps}, vT_m < \sqrt{R^2 - r_m^2} \end{cases} \quad (3)$$

4 优化策略研究

在研究移动性管理时，大部分的精力集中于TTT参数和A3参数的优化设置。另外，移动用户的状态估计也是重要的方面，精准的移动用户状态估计能极大提高切换成功率且减

（上接38页）

来越小，新址站点占比越来越大，如何快速、节省地地完成新址站建设成为目前亟待解决的重要问题。无线基站的建设过程中，由于集团的统一采购，主设备的造价与建设周期相对比较固定，因此影响站点建设周期与造价的主要因素在于无线配套。无线配套由于种类繁多、情况复杂，不同无线配套之间的建设周期与造价相差很大，想要快速、节省地建设，必须采用一些投资较少、建设周期相对较短的小配套。“瘦基站”模式经上报广东移动后，省公司经过整合制定《2016年简易配套快速建站指导原则（试行稿）》，参考中山试点情况，从机房配套、杆塔配套、电源配套、外电引入、地网配套等方面进行分析并给出建议。

小乒乓效应。

(1)TTT的优化设置

TTT参数对于切换影响非常大，TTT参数设置过大，则切换失败率很高，设置过小又会存在较大的乒乓效应，所以，设置合理的TTT参数对于良好的切换性能非常重要，在特定的场合下，可以通过仿真得出适合此场景的最佳TTT值。

(2)A3参数的优化设置

A3参数时，移动终端检测到目标小区的链路功率比服务小区链路功率大，且大于某一常数所引入的参数，这一参数主要判定目标小区是否接入。对于特定场景，设置合理的A3参数值能提高切换效率。

(3)移动用户状态估计的优化算法

精准的UE速度估计能有效增强切换，为移动用户提供更加优质的服务。这里提出一种基于在小区内停留时间的移动终端速度估计方案。

5 总结

文中基于异构网络场景下的移动终端运动过程进行切换流程的介绍以及简单切换模型的概率分析，最后针对切换中涉及到的关键参数设置或者参考模型提出优化策略，针对现有切换发展程度提出改进策略。

参考文献

- [1] Rong Wang, Xiang Yu, and Li Zhang, Mobility Management Analysis in LTE-A Heterogeneous Network[J]. IEEE International Conference on Communications, 5th ICCNT, 2014
 - [2] Arvind Merwaday, Smail G. Ijven, Walid Saad, Sojourn Time-Based Velocity Estimation in Small Cell Poisson Networks[C]. IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 20, NO. 2, FEBRUARY 2016
 - [3] 洪亚腾. 面向未来异构网络融合的移动性管理技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2014
- 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] 傅强, 黄晓明, 吴志勇. 室内分布系统天线性能和质量研讨[J]. 电信技术, 2011, 1(12)
 - [2] 付威, 谭展. TD-LTE室内覆盖建设解决方案研究[J]. 移动通信, 2012, 36(16)
- 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

刘苑明

硕士，毕业于北京邮电大学，现就职于中国移动通信集团广东有限公司中山分公司，主要负责移动核心网络的规划、新设备新技术的研究、局房动力规划等工作，并兼职网络安全管理。

多业务共用相同IP地址的内容计费策略研究

金炳茹 李川 袁沛

中国联合网络通信有限公司四川省分公司

摘要 在内容计费中,通常同一服务器IP地址不能分配多个不同的业务ID(SID)。然而,在实际应用中,由于网络复杂化和业务需求多样化,同样的服务器IP地址归属于不同业务的情况时有发生。针对该问题,提出并分析三种内容计费策略,在此基础上选定一种最优策略,给出该策略的操作方法和实际应用案例。所提方法为中国联通的市场和业务拓展解决关键性的技术难题,完善业务计费逻辑。

关键词 业务SID DPI深度报文解析 PISC分组检测和业务

1 引言

PISC技术是国际上内容计费的核心技术,是当前电信行业的研究热点之一。nEPC核心网架构中,底层基于PISC技术实现管道的智能化,最终在上层实现Service Aware Charging and Control。例如在局部无线资源受限区域实现互联网不同应用的差异化服务;对用户终端的不同APP实现差异化计费。

随着网络复杂化和业务多样化的发展,PISC技术正面临新的挑战:PISC技术部署时必须综合考虑PGW设备性能因素同时兼顾业务流识别的准确率,因此通常同一服务器IP地址不能分配多个不同的业务ID(SID)。然而,实际应用中,由于互联网技术日新月异、通信协议的不断演进和互联网技术架构的更新,PISC技术遇到诸多新的挑战。例如,同一服务器IP地址归属不同业务的情况时有发生。

针对PISC技术部署过程面临多个业务共用IP地址的情况,本文提出并分析三种新的PISC技术部署策略。在此基础上选取一种最优策略,给出该策略的具体应对措施,以及该策略的实际应用案例。所提策略可有效解决运营商流量经营中多个业务共用同IP地址的问题,为中国联通的市场和业务拓展解决关键性的技术难题,完善业务计费逻辑。

2 现网内容计费原理

主流设备厂商的PISC技术分为三类,第一类是五元组识别技术,即基于硬件实现对报文源IP地址和目的IP地址、协议类型、源端口号和目的端口号这五元组进行识别;第二类是基于软件实现的应用层标准协议深度内容解析;第三类基于非标准协议的厂商对互联网某知名应用流量特征的私有技术识别。

运营商一个省的业务流速少则数百Gbit/s,多则几Tbit/s,

单套设备的流速通常在20~40Gbit/s。为优化设备性能负荷,减少业务流时延,PISC技术部署时应满足以下几条准则。

(1)能用硬件实现的第一类规则应优先于第二类规则,第三类规则优先级应最低。

(2)同一类规则下,流量大的业务规则应靠前,让业务尽早完成PISC。

(3)部署深度报文解析(DPI)前,应尽量使用第一类规则提高DPI命中率。

(4)DPI匹配失败的流量应配置兜底策略,避免再次进入PISC下一条规则识别。

(5)互联网最大规模的HTTP应用,应根据所解析信息类型:Request-URI、Content Type、Host、Extended Headers,选择恰当的关键词。

(6)业务所在服务器的IP地址不固定或无法提供准确地址清单的情况,建议采用基于域名的动态目的IP地址部署方案。

综上,理想的PISC逻辑如图1所示。

IP协议的第三层:基于源IP地址、源IP地址掩码、目的IP地址和目的IP地址掩码。

IP协议的第四层:基于协议类型(如TCP/UDP等源端口号、目的端口号)。

IP协议的第七层:IP协议的应用层,基于应用的URL、特殊字段信息(如X-Online-Host字段等)。

3 内容计费策略

实际应用中,由于不同业务的不同域名在某个地区可能因为共用当地CDN等原因,经常会出现多个业务使用相同服务器IP地址的情况。此时,根据服务器IP地址或基于服务器域

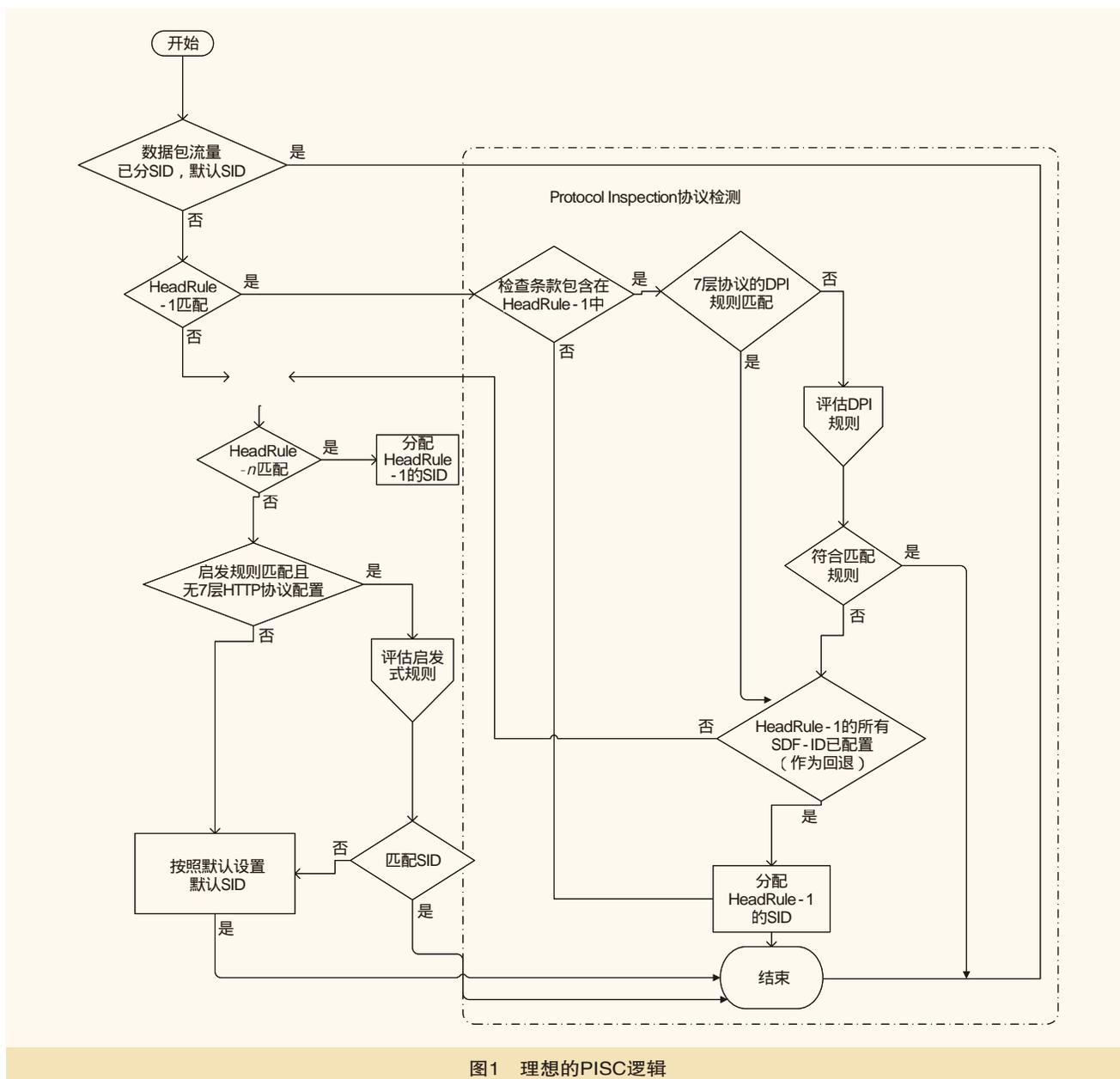


图1 理想的PISC逻辑

名的动态IP地址识别都无法准确识别具体业务。针对该场景，下面提出三种PISC部署策略。其中，第一种策略是调整PISC三层规则优先级；第二种策略是通过PISC三层规则与四层规则同时匹配实现；第三种策略是先根据三/四层规则匹配到多业务冲突流量，再进行DPI检测应用层关键字，具体如下。

3.1 采用优先级控制SID的计费策略

多个业务共用IP地址时，PISC将多个业务全部标记为PISC规则中优先级最高的业务。

上述优先级控制方法优点是：数据简单，结构清晰明确；缺点是：无法解决PISC不能识别多个业务的本质，只适

合在没有冲突业务区分规则前，作为临时应急措施。该方法可根据冲突业务的业务量设计用户数量，并且将业务量大的业务优先级设置得高于业务量少的，从而减少投诉量，暂时缓解客服部门投诉压力。

优先级调整虽然很简单，但调整优先级的方法不能彻底解决多业务共用IP地址的问题。如果要彻底解决多业务共用IP地址的问题，则需要冲突服务器IP地址的双方或多方给出4层或7层能区分不同业务的逻辑。

3.2 三层与四层规则同时匹配的计费策略

上述计费策略方法的IP地址默认对应所有端口，基于

该方法，在实际业务需求中，最常见的场景是不同IP地址的服务器使用不同端口号提供服务。根据上述计费策略分析，可以通过匹配IP地址同时匹配端口号实现识别计费，也就是通过PISC三层规则与四层规则同时匹配实现业务识别计费。以下面两个SID=11111和SID=22222的案例来讲，SID=11111的规则要求必须匹配PORT=80才能使payload=11111；SID=22222的规则要求必须匹配PORT=8080才能使payload=22222。三层与四层规则同时匹配的计费策略脚本配置如图2所示。

四层端口控制SID的优

<pre> HeaderRule=apn-11111-hr Term=100 name="0" From=1 networkPort="80" networkPrefix="119.6.204.196/32" Protocol=1 Tcp=1 up up up up Then=1 ServiceDataFlowId=1 payload=11111 up </pre>	<pre> HeaderRule=apn-22222-hr Term=100 name="0" From=1 networkPort="8080" networkPrefix="119.6.204.196/32" Protocol=1 Tcp=1 up up up up Then=1 ServiceDataFlowId=1 payload=22222 up </pre>
--	--

图2 三层与四层规则同时匹配的计费策略脚本配置

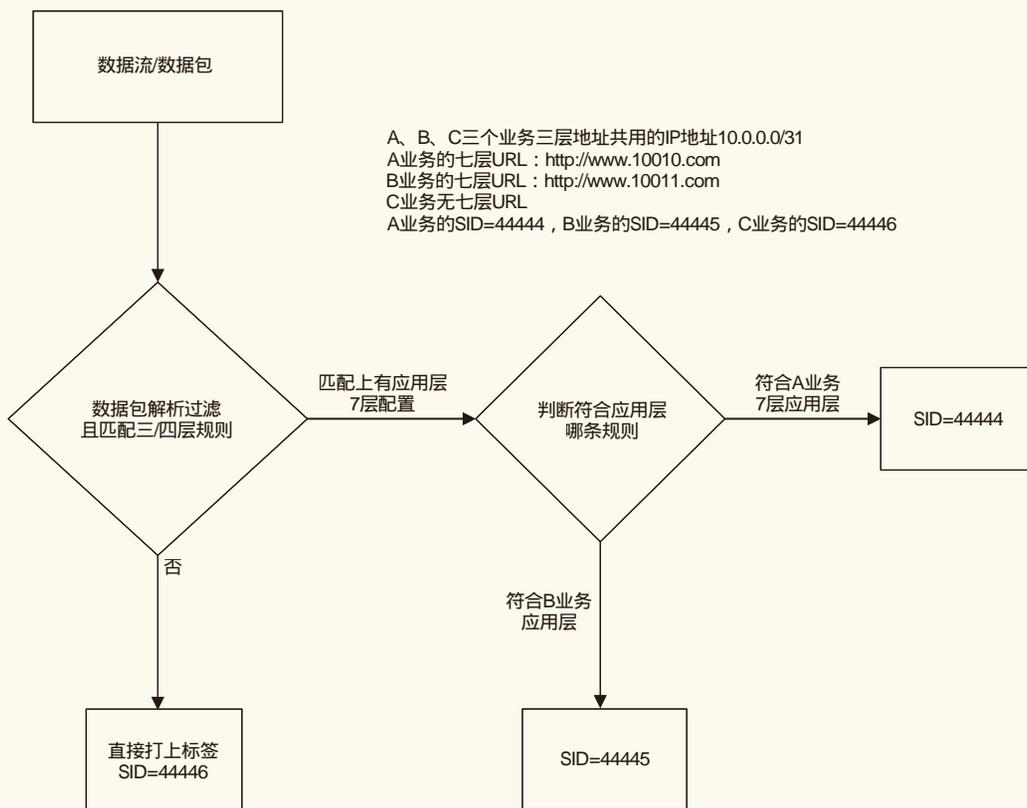


图3 三/四层规则匹配DPI检测的计费策略示意

```

Term=100
  name="100"
  From=1
    networkPrefix="10.0.0.31/32"（此三层规则地址同属于 SID=44444/44445/44446 ）
    up
  Then=1
    ProtocolInspection=1
      httpWspRuleSet="www.10010.com"（如果有，则进行7层规则匹配，打上七层规则 SID=44444
      up
    ServiceDataFlowId=1
      payload=44444
      httpWspRuleSet="www.10011.com"（如果有，则进行7层规则匹配，打上七层规则 SID=44445）
      up
    ServiceDataFlowId=1
      payload=44446
      UP

```

图4 三/四层规则匹配DPI检测的计费策略脚本配置

点：基于硬件实现，设备运行效率高，业务体验感知好，识别准确率高；缺点：目前各种业务使用的协议类型和端口号大多相同，所以实际使用起来受限制，并且不具有普遍性。

3.3 三/四层规则匹配同时DPI检测的计费策略

目前各种业务使用的协议类型和端口号大多相同，所以上述方法实际使用起来受限制，并且不具有普遍性。根据三/四层规则匹配到多业务冲突流量，再进行DPI检测应用层关键字，针对这一情况提出一种可以完全解决的方法，即三/四层规则匹配同时DPI检测的计费策略。具体内容计费业务解析示意如图3所示。

配置具体举例：首先筛选出多种业务共享的服务器IP地址，这些冲突服务器IP地址的三层地址规则匹配后，采用Protocol Inspection协议检测7层规则URL地址。如果匹配7层URL地址规则，则打上标签SID=44444；如果不能检测到7层URL地址规则，则匹配SID=44446。具体配置脚本如图4所示。

按照图4数据配置后，测试结果：再对冲突IP地址进行DPI协议检测，如果有7层URL地址，则打上计费标签SID=44444/44445；如果没有7层协议地址，则标签打上SID=44446，符合多业务共用相同IP地址的内容计费策略需求。

三/四层规则匹配同时DPI检测计费策略的优点：基于冲突服务器IP地址的流量进行DPI检测，最大化降低设备开销，没有引入过多的业务时延，识别准确率高。

三/四层规则匹配同时DPI检测计费策略的缺点：HTTPS、SPDY、HTTP2.0等主流互联网协议的业务无法支持，仅能支持HTTP1.0和HTTP1.1。非HTTP协议也无法支持，对业务部署有影响。若要求业务识别率高，必须确保业务流中包含DPI规则的关键字，一旦业务流漏关键字，就无法识别，对APP部署要求高。所以引入第4个终极解决方案，多个业务和CDN协商，不同业务分别使用不同的IP地址才是完美解决方案。

4 结束语

内容计费规则明确规定同一服务器IP地址不能归属多个业务ID（SID），但随着大量新业务的出现，同一服务器IP地址归属多个业务ID（SID）时有发生。针对这一情况，提出一种三/四层规则匹配同时DPI检测的计费策略。该策略可有效解决多个业务共用同一IP地址的问题，已经在现网中推广使用。这种新颖的计费策略方法为公司的市场和业务拓展解决关键性的技术难题，完善业务计费逻辑，满足用户更多样化、个性化的内容计费需求。

参考文献

- [1] 李玮. 浅析内容计费及其技术实现路线[J]. 通信世界(B), 2006(31)

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

可见光通信系统中关键技术研究

孟凡 孙海港 安青青

中国移动通信集团设计院有限公司河北分公司

摘要 从可见光通信(VLC)技术的应用现状出发,根据VLC系统组成先后从新型微纳器件设计、系统模型参数优化、先进调制均衡技术、光学天线配置选择、光学MIMO技术应用以及与现有网络融合等关键技术进行分析研究,并指出VLC系统的技术局限和面临的挑战,最后对VLC技术未来发展进行总结和展望。

关键词 可见光通信 微纳器件 光学天线 光学MIMO 网络融合

1 引言

近年来,随着实验研究和平台测试的日益突破,以可见光波段(400THz~800THz)为传输频谱的可见光通信(VLC)技术在智能交通、智慧医疗和室内定位等领域显示出广阔的应用前景。VLC是将电信号加载调制到发射光源,通过光源不断变化发射光信号,使信息通过传输媒质后被探测器接收并转换为电信号的技术。其具有很多独特优势:在频谱方面,可见光可使用频谱宽度为射频频谱的一万倍左右;在速率方面,室内发射光源可代替无线局域网基站,具有百兆到吉比特量级的传输速率;在应用方面,VLC适用于对电磁干扰敏感和禁止电磁通信的环境,同时信息传输不易泄露。鉴于以上特点,VLC被作为5G室内接入方式备选方案之一。同时,VLC系统光源主要采用具有功耗低、驱动电压低和使用寿命长等优点的白光LED。随着LED在全球照明市场所占比重的增长,预计到2021年,LED市场份额将在52%以上。LED光源的全面发展给VLC系统带来很大的推动作用,为其全面应用布局提供了广泛的设施基础。

5G时代的接入网络是多种有线、无线技术的协同合作,结合VLC系统特点可将应用领域分为两类:一是,无线接入技术替代场景,即对电磁辐射敏感或禁止电磁信号通信的场景,主要包括医院、飞机、核电站等场所,但要求VLC同时支持上行和下行链路;二是,无线接入技术补充场景,即无线频谱资源紧张、需要VLC分担负载的场景,主要包括家庭、展会、超市等场所,VLC可借助其他通信方式建立上行传输。

2 VLC系统组成模块及关键技术

完整的VLC系统主要由LED发射光源,发射端电域处理

设备(编码、调制和均衡等),发射端光学天线,可见光传输信道,接收端光学天线,光电探测器,接收端电域处理设备(解码、解调和后均衡等)以及远端服务器等模块组成,如图1所示。

(1) 新型微纳器件的设计

作为发射光源的白光LED主要包括荧光粉LED和RGB-LED:前者利用蓝光激发黄色荧光粉产生白光,结构简单、成本低廉,但调制复杂度、调制带宽和频率利用率都不太高;后者通过将红、绿、蓝三色LED芯片封装在一起混合发光得到白光,具有较高的调制带宽,但调制复杂度高且不易稳定控制三个芯片协同工作。LED有限的调制带宽限制了VLC系统传输速率进一步提高。随着InGaN/GaN多量子阱体系材料的成熟普及,该类新型光源尺寸达到微米量级,具有开关速度快(结电容小)和电光转换率高(直接带隙材料)等优点的同时,利用COMS技术能够灵活集成多种波导、光栅等光学结构,具有极大发展空间。光电探测部分主要包括基于PIN、APD和图像传感器的三类接收机:基于PIN的接收机响应速度快,灵敏度高,价格低廉;基于APD的接收机性能优于前者,但价格较高;图像传感器检测LED传来像素的光强度,非常适合准确定位系统。基于新型石墨烯(二维材料,原子层厚度)的探测器具有更加优异的光电特性,在感应可见光波段,能够提供远优于硅材料的灵敏度、响应速度和转换率,契合石墨烯在未来的广泛应用。

(2) VLC系统模型参数的优化

在室外VLC系统中,由于不受空间限制,信号只有直射通道,可用自由空间光通信的模型进行等效;在室内VLC系统中,信道模型需要考虑单条直射通道和封闭空间引入的无

数条一阶反射通道，多径效应会引入码间串扰和时延扩展，整个模型研究起来比较复杂。某些实际情况下，可以只考虑直射通道进行估算（增益远大于反射信道增益）。LED辐射遵循朗伯辐射模型，通过数值分析，基于LED阵列的VLC系统在光照度、信噪比和误码率等性能方面均优于基于单个LED的系统，这得益于多个光源信号在接收面的均化作用。同样，不同的LED阵列具有不同的信号叠加效果，导致不同的排列方式（包括个数、空间分布和辐射参数等）对应特定的系统性能，系统模型需要多次迭代优化才能减少盲区、削弱码间干扰，最终得到理想的性能指标。

(3)先进的调制、均衡技术

目前，VLC应用中，较为先进的调制技术主要包括正交频分复用（OFDM）、无载波幅相调制（CAP）和奈奎斯特单载波（N-SC）。CAP属于多维多阶调制技术，通过采用两个相互正交的数字滤波器而省掉电或光的复数信号到实数信号的转换，具有较低算法复杂度和较高的频谱效率。OFDM是一种新型高效的多载波调制技术，通过将高速串行数据变换为多路低速并行数据，并将其调制到每个子信道上传输，降低子载波传输速率的同时延长码元周期，具有良好的抗多径干扰性能，非常适合室内VLC多用户传输。均衡技术分为预均衡和后均衡：前者可补偿器件和信道对信号造成的失真，提高传输速率和光源响应带宽，一般可通过硬件预均衡和软件预均衡实现；后者针对多径效应和信道频率衰减引入的频率偏移、相位噪声等，消除ICI、ISI干扰的同时提高接收信号质量。因此，根据实际系统合理选择调制、均衡技术，能在很大程度上提升VLC系统性能。

(4)光学天线的配置选择

在光源的朗伯辐射模型中，不同的半功率角具有不同的光能分布，如图2所示。为进一步优化辐射特性，提高接收功率和提升系统信噪比，在发射光源后端和光电探测前端可配置光学天线——透镜。对于发射天线，一般与LED照明设计相结合，分为准直型（出射角小、光能利用率高，适用于长距离通

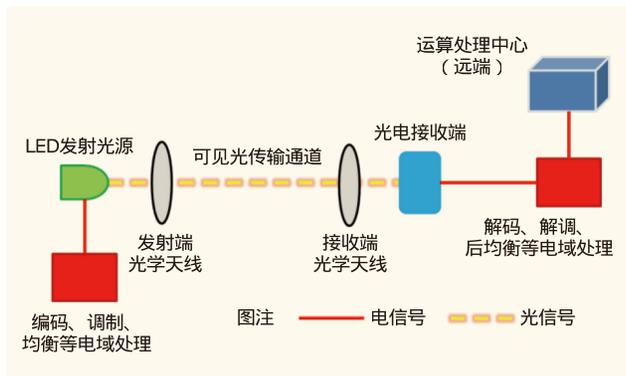


图1 基于LED的VLC系统示意

信传输）、均匀型（光束角较大、光能分布均匀、能量利用率高，适用于室内通信场景）和聚焦型（提高接收端信噪比的同时光能利用率较低）三种类型，共同特点是尽可能使更多的光线照射到探测平面上，提高光能利用率。对于接收天线，主要分为连续变焦型（成本低、能够连续变焦接收）、复合抛物面聚光器型（可通过截断控制视场角）、菲涅尔透镜型（尺寸较小、应用灵活，但只适用于聚焦平行光）和角度分集接收器型（视场角大，实现全角度覆盖接收和克服遮挡损失）。此外，光学天线还在一定程度上克服VLC系统信道遮挡和码间串扰等问题。随着光学收发天线向小型化和灵活化发展，VLC系统更加适应不同的应用场景。

(5)光学MIMO技术的应用

一般来说，VLC系统多采用LED发光阵列和光电探测阵列，满足发射端和接收端都为多天线的通信系统，如图3所示。利用光学MIMO技术，可扩大链路作用范围，提高传输速率，而无需增加系统带宽及发射功率，同时增加链路可靠性，提高光谱效率。通过建立的模型分析，VLC系统中引入光学MIMO技术，在不增加频谱资源的前提下具有更高的传输容量，还能克服通信链路因室内移动人员和障碍物而被打断的问题。该技术中涉及多路信号收发，需要重点关注同步问题，可使用集中插入法（建立同步速度快，但同步效率偏低，信息码组连贯性差）、分散插入法（信息码连贯性好，但同步建立时间长）和两者相结合三种方式进行帧同步码插入和识别，确保收发数据的实时性和准确性。

(6)与现有网络融合技术

随着家庭宽带的建设，光纤到户后可为单用户提供百兆到吉比特量级的接入速度。在此带宽需求下，微波无线低频段广播覆盖的频谱资源不够，最后几米的高速接入将成为宽带接入的瓶颈。因此，需要将VLC网络与光纤到户相融合，通过电光转换将信息调制到照明基站实现高速率、信息安全和绿色节

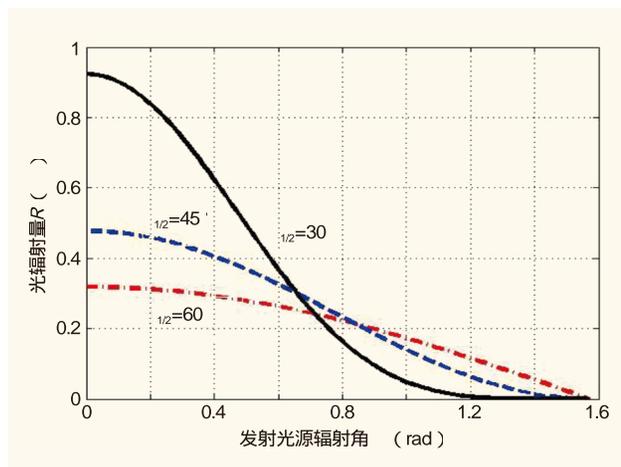


图2 发射光源光辐射量与辐射角关系曲线

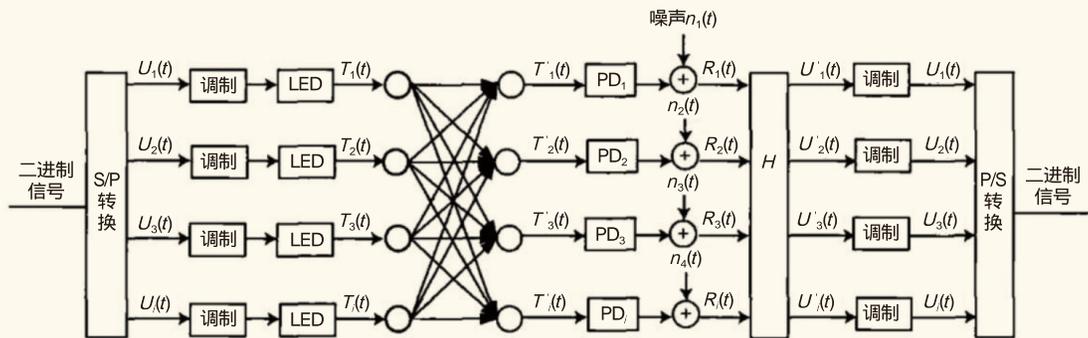


图3 光学MIMO系统模型

能的无线接入。另一方面，利用已有的电力线通信承载并驱动光源信号，节约成本的同时可扩大应用市场。

3 VLC系统的技术局限和面临的挑战

从图1的VLC系统示意可以看出，该传输方式存在如下技术局限：一是，不同于在光纤媒介中传播，可见光在空气中会遇到各种障碍物和散射颗粒，在保证较高传输速率的同时传播距离只能达到几米；二是，要实现上下行双向传输，需要分别在两端集成发射器与接收器，目前的技术还难以在VLC系统实现反向链路设计；三是，滤除太阳光、荧光灯等非信号源的直流分量外，可见光通信器件之间的交流信号干扰难以区分，需要通过电力线或以太网线等进行协调管控。

在各国科研机构、通信产业和设备厂商的大力推动下，VLC设备研发和技术研究在近十年得到飞速发展。该技术涉及通信、照明及电力等多个领域，然而产业化进程却相对缓慢，受到产业链、市场定位和政策等因素制约。产业链方面，研究机构主导、设备厂商积极参与，但缺少终端厂商和芯片厂商支持，整个产业链尚未成型；市场定位方面，目前Wi-Fi、BlueTooth等接入技术可基本满足通信需求，VLC接入技术未达缺一不可的地步；政策方面，虽然有来自信源和非信源的干扰存在，但大量技术认证工作仍有待完善。

4 结束语

VLC能够同时实现照明和通信功能，具有宽频谱、高速度、无电磁干扰、保密性强等特点，是5G时代理想的室内高速接入方案之一。VLC在全球已成为研究热点，特别是美国、日本、欧洲和中国，已在专利、标准、材料、器件等方

面取得众多研究成果。在VLC系统关键技术中，新型微纳器件设计、VLC系统模型参数优化、先进调制均衡技术、光学天线配置选择、光学MIMO技术应用以及与现有网络融合技术等都将为将来进一步的研究趋势。面向2020年无线通信的发展需求，VLC技术将占据越来越重要的地位，并在短距离高速接入方面大大推动物联网的普及。

参考文献

- [1] Armstrong, Y Ahmet Sekercioglu, Adrian Neild. Visible light positioning: A roadmap for international standardization[J]. IEEE Communications Magazine, 2013, 51(2)
- [2] Weizhi Zhang, M I Sakib Chowdhury, Mohsen Kavehrad. Asynchronous indoor positioning system based on visible light communications[J]. Opt Eng, 2014, 53(4)
- [3] M Nakajima, S Haruyama. Indoor navigation system for visually impaired people using visible light communication and compensated geomagnetic sensing[C]. IEEE International Conference on Communications in China: Wireless Communication Systems, 2012
- [4] 李, 陈建平. 用于VLC的LED半功率角优化布局方法研究[J]. 中兴通信技术, 2014, 20(6)
- [5] 曾庆珠. 可见光通信的应用研究[J]. 互联网天地, 2013, 8

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

孟凡

博士，工程师，主要从事有线传输、无线通信等研究工作。

孙海港

工程师，主要研究方向为有线传输。

安青青

助理工程师，主要研究方向为有线传输。

基于OSS运营管控一体化的智能集成平台（鹰网）探索与实践

逯迎进¹ 李飞² 曾勇光²

1.中国联合网络通信有限公司河南省分公司

2.科大国创软件股份有限公司

摘要 分析电信行业运营管控的现状和问题，从“应用集成平台”产品的创新研究出发，重点阐述在产品研发过程中使用的关键创新技术和解决方案，最后对平台的成效进行分析，节约运营成本，提高运营效率。

关键词 OSS 运营管控一体化 智能集成平台

1 引言

随着“互联网+”战略行动计划的提出，各个传统行业都在积极实践。“互联网+”就是说“互联网+各个传统行业”，但是并不是简单地两者相加，而是充分利用移动互联网、云计算、大数据、物联网等信息通信技术，让互联网和传统行业进行深度融合，创造新的发展生态环境，从而创造我国经济的创新力和生产力，电信运营商在此背景下面临激烈的竞争。移动互联网与电信行业深度融合，降低运营成本，提高运营效率，是电信运营商不断追求的目标。要实现这一目标，需要把电信企业经营中的各个环节综合为一个有机的整体，实现运营管控一体化，使企业在经营中保持柔性，因此，建立运营管控一体化的智能集成平台成为电信企业实现这一目标的关键。

2 电信行业运营管控现状及问题

经过多年的建设，中国联通已建成总部和省分分级的网络管理类、客户服务类、资源管理类、电子运维类以及感知分析类等5类支撑系统。据统计，中国联通现有OSS系统4254套（综合系统754套，厂商网管3500套），以总部和省分两级部署为主。其中，总部86套（综合系统22套，厂商网管64套）；省分4168套（综合系统732套，厂商网管3436套）。部分系统集中部署，包括uCloud资源管理和电子运维、智能监控、移动用户感知系统等。现有OSS系统的建设方式在很长一段时期内与运维组织管理职能及中国联通通信网络结构相匹配，适应当时

运维管理工作的要求，提升运维管理工作的效率。

随着通信技术的不断发展，通信网络逐步呈现扁平化、融合化，通信网维护支撑工作的重心由原来的“以网络为中心”转移到“以业务质量和客户感知为中心”。在这种趋势下，面向业务和客户的问题发现、分析定位和网络优化，需要对多种数据类型、多个网络制式的关联分析和协调作业。现有系统存在功能叠加、数据重复定义采集、数据一致性和准确性差的问题，严重影响问题发现、分析定位和网络优化工作的效率。同时，这种模式无法很好地支撑当前集约化运维转型工作的进行。

由于移动互联网业务的快速兴起及用户对感知要求的提升、计算机大数据处理技术的广泛应用等诸多因素，以传统通信网络告警监控及性能数据统计分析为主要目的的支撑系统已无法满足运营需求，同时移动综合网管、无线网优支撑系统、室分监测系统、核心网网优支撑系统、一级架构感知系统、客服投诉处理系统等系统间松耦合的架构模式，导致数据共享困难、无法端到端实施感知分析、网络故障及资源瓶颈无法准确定位等问题日益显现。

中国联通为了适应公司业务发展新常态，整改公司现有OSS系统，深入推进集约化运维体制的构建，公司批复《2015-2017年运维工作总体规划》，明确在2015年启动OSS 2.0系统工程建设，构建具备智能化、透明化、开放化特征及基于云架构的一体化集中支撑能力，打造“5+2”集中化运维支撑体系，满足核心能力规划需求目标，形成OSS 2.0

的布局。为了支持“5+2”集中化运维支撑体系，需要从总部网管系统采集告警、资源数据、性能数据，并从31个省分统一采集告警、资源数据、性能数据、参数数据、信令数据进行管理，支持总部及省分应用系统间的数据下发与反馈。

在此背景下，河南联通创造性地建设基于电信OSS运营管控一体化的智能集成平台（鹰网），此平台是整个OSS领域服务和数据交易的枢纽，保障应用系统后续业务量的稳定增长和业务创新，为河南联通整个IT建设奠定坚实的基础。

3 运营管控一体化智能集成平台的设计与实现

3.1 核心思想

3.1.1 四边形成则

在服务交易过程中，可以这么描述：从服务消费者发起请求到集成平台接收并转发交易请求给服务提供者，服务提

供者进行业务处理并响应，之后集成平台接收响应并转发给服务消费者。根据这个过程描述进行数学抽象过程，如图1所示。

通过分析，可以将交易过程抽象为4个点：a、b、c、d。这样就可以屏蔽掉各个点内处理的业务逻辑，直接将业务处理的逻辑过程抽象为一条线，那么ab边即为“集成平台接收并转发交易请求给服务提供者”的逻辑过程，bc边为“服务提供者进行业务处理并响应”的逻辑过程，cd边为“集成平台接收响应并转发给服务消费者”的逻辑过程。其中ad边为虚边，可以理解为ab、bc、cd三条边的过程之和。

根据四边形抽象，有效解决服务过程的性能扯皮问题，如果发现服务性能存在问题，即可通过如下公式实时计算并准确定位。

(1)集成平台性能损耗为 $ab+cd$ 。

(2)服务提供者的服务效率为bc。

(3)一次完整服务交易总耗时为 $ab+bc+cd$ 。

如果再进一步考虑分布式环境下的网络损耗，则可以进一步抽象，如图2所示。

那么网络总损耗即可计算出，公式为 $(a1, a2) + (b1, b2) + (c1, c2) + (d1, d2)$ 。得出这个数据的前提是一定要把分布式环境下的时间同步做得非常精确，否则可能因计算出负值而失效。

有了如上公式，即可随时根据需要导出各个服务或者所有服务的性能指标，见表1（数据摘自2017年某行业平台运行简报）。

通过交易过程四边形成则，服务全程交易的关键性能点响应时间可以准确查询，当服务性能出现问题时，可准确定位性能瓶颈，为服务进一步的优化提

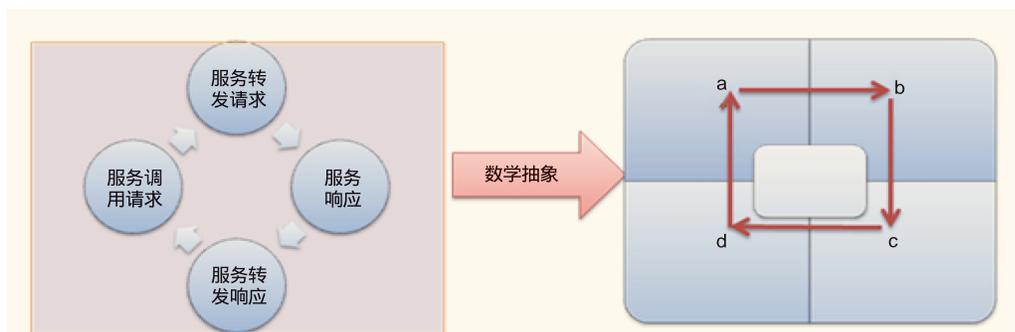


图1 数学抽象过程

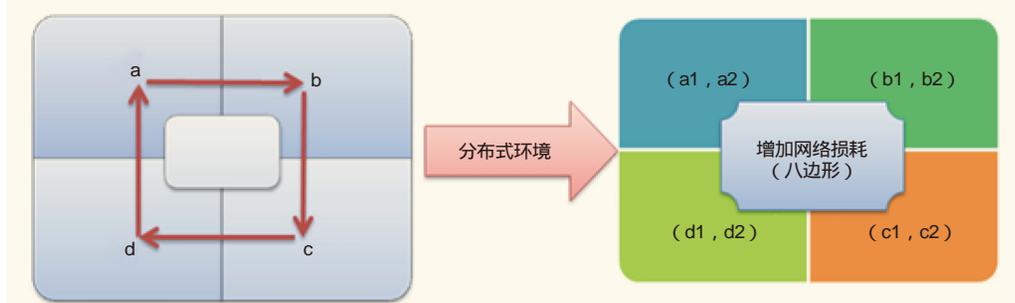


图2 进一步抽象

表1 性能指标

日期	11月5日	11月6日	11月7日	11月8日	11月9日	11月10日	11月11日
消息总记录数	30080	31848	40849	39195	39472	42091	36961
失败总数	1	0	0	1	183	50	2
失败占比	0.003%	0	0	0.003%	0.46%	0.12%	0.005%
服务端平均响应时间(s)	0.42	0.36	0.36	0.40	0.40	0.41	0.41
服务端最大响应时间(s)	60	66	56	121	66	58	121
服务端最小响应时间(s)	0.012	0.012	0.011	0.011	0.001	0.003	0.013
集成平台平均响应时间(s)	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004

供正确的指导意见。为企业所有接入的IT系统提供公平、公正、公开的客观运营仲裁数据，为进一步加强和提升企业服务质量提供有力的支撑手段。

3.1.2 4种集成模式

在服务的集成过程中，有应用型、共享型、同步模式和异步模式。那么如何通过正确的抽象分类和找出临界点，并分析其特点，则是解决架构和技术选型所要面临的问题。

通过对某行业集团公司和省公司IT系统服务集成的需求分析，发现可以将服务分为应用型服务和共享型服务两大类。应用型服务中存在两个特点：同步和异步，故进一步细分为同步应用型、异步应用型以及共享型三大类模式。同步应用型特点有：“点对点”和“多对点”；异步应用型特点有：“点对点”、“多对点”；共享型的特点有：“点对多”和“多对多”。当共享型点对多中的“多”为“一”时，则出现应用型和共享型之间的临界点，即一对一。4种模式如图3所示。

通过对4种模式的分析得出技术选型表格，见表2。

同步应用型的应用场景（从某行业业务流程场景中分析得出）主要分布在查询类接口中，见表3。

异步应用型的应用场景（从某行业业务流程场景中分析

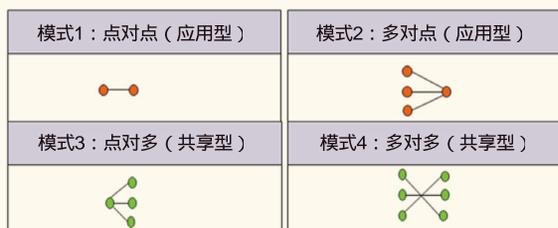


图3 4种模式

表2 技术选型

接口分类（一级）	接口分类（二级）	模式区分	适用技术
应用型	同步应用型	点对点、多对点	WebService+XML
	异步应用型	点对点、多对点	JMS+XML、JMS+FTP
共享型	共享型	点对多、多对多	JMS+XML、JMS+FTP、JMS+接口表

表3 同步应用型的应用场景分布

接口名称	服务提供方	服务使用方
订单查询	集团开通激活	集团CRM
省开通状态查询	省服务开通	集团开通激活
集团开通状态查询	集团开通激活	省服务开通
激活工单查询	集团服务开通激活	省自动激活系统
业务查询	集团服务开通激活	省自动激活系统
项目单查询	集团开通激活	集团CRM

得出）主要分布在工单类接口中，见表4。

共享型的应用场景（从某行业业务流程场景中分析得出），主要分布在数据的采集与共享接口中，见表5。

3.1.3 三级缓存架构

在做应用集成平台储存架构时，总是发现高并发与低储存性能之间的矛盾。为了逐级解决相关矛盾，提出三级缓存架构，这里的缓存是广义上的概念。如为了解决“大并发情况下数据库持久化速度跟不上”的矛盾，提出通过文件进行缓存来解决。为了解决“读取I/O时的性能损耗”问题，可以通过内存数据库或者Key-Value数据库进行缓存。当Key-Value数据库出现问题时，可以通过“会话级”缓存进行解决。缓存层级架构如图4所示。

3.1.4 4级安全交易体系

应用集成平台采用4级交易安全体系架构设计，目的为解决交易前的用户认证和服务鉴权，以及交易中的消息加密和数字签名，有效保障交易的安全性，防止不法分子对交易

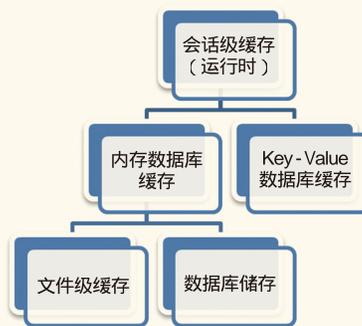


图4 缓存层级架构

表4 同步应用型的应用场景分布

接口名称	服务提供方	服务使用方
订单发送	集团开通激活	集团CRM
订单状态反馈	集团CRM	集团开通激活
退单申请	集团CRM	集团开通激活
退单回复	集团开通激活	集团CRM
资源调查单派发	集团开通激活	集团CRM
资源调查单反馈	集团CRM	集团开通激活
项目单发送	集团开通激活	集团CRM
项目单反馈	集团CRM	集团开通激活

表5 共享型的应用场景分布

接口名称	服务提供方	服务使用方
异常原因共享	集团开通激活	全国31个省/自治区/直辖市开通系统
组织机构共享	集团网络运营分析	全国31个省/自治区/直辖市服务质量系统
全国大客户资料	集团网络运营分析	全国31个省/自治区/直辖市服务质量系统

过程进行非法窃听、截取、篡改等导致的企业或客户利益损失。一次服务的安全交易过程如图5所示。

应用集成平台的服务交易安全可以从4个方面描述。

(1) 用户认证

解决的问题：谁将使用服务，如何证实服务调用者的身份。

技术实现：可以通过机器MAC地址、IP和鉴权码等进行用户认证。如可以通过TCP/IP包获得IP地址进行用户身份的鉴权。

(2) 服务授权

解决的问题：认证后的服务调用者能使用哪些授权的服务，服务调用者调用的服务A是否在授权范围内。

技术实现：通过服务访问权限二维表实现，关系表示如图6所示。

访问权限关系描述：HB为计费系统，提供serv1、serv2、serv3三个服务；SRM为资源系统，提供serv4、serv5两个服务，因此SRM可以访问HB系统提供的serv1和serv2服务；SAS为服务保障系统，没有提供服务，但是可以访问HB系统提供的serv1服务和SRM系统提供的serv5服务。

(3) 交易机密性

解决问题：如何保密交易过程中传输的数据。

技术实现：服务消费者S1拥有一个KeyPair (A1, A2)，其中A1为公钥，A2为私钥；服务提供者S2拥有一个KeyPair (B1, B2)，其中B1为公钥，B2为私钥。那么交易加密过程如图7所示。

(4) 交易完整性

解决问题：如何保证在传输过程中没有被篡改，以及服

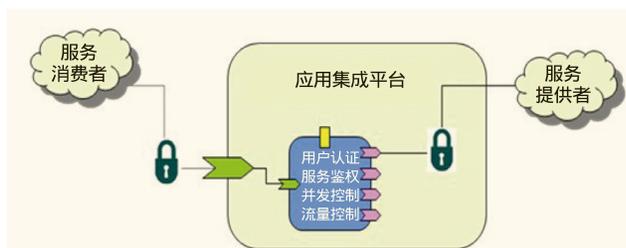


图5 一次服务的安全交易过程

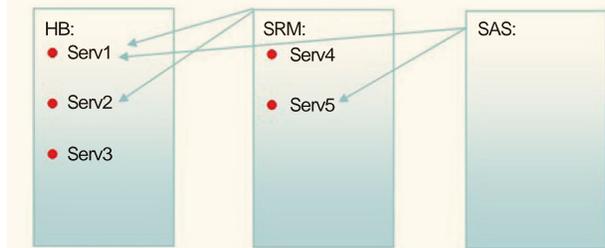


图6 关系表示

务调用者无法否认本次的交易。

技术实现：服务消费者S1拥有一个KeyPair (A1, A2)，其中A1为公钥，A2为私钥；服务提供者S2拥有一个KeyPair (B1, B2)，其中B1为公钥，B2为私钥。由于数据+私钥=数字签名，因此签名过程如图8所示。

3.2 产品设计和实现

河南联通运营管控一体化智能集成平台（鹰网）于2015年12月开始建设。历经业务需求分析、系统间接口现状调研、编写接口规范、产品编码开发、现场部署与产品测试、系统性能压力测试与分析等一系列阶段，最终促成产品的落地实现。

3.2.1 平台全景

平台是中国联通集团积极推进的涉及总部和31省分OSS 2.0项目中重要的一部分。根据需求要求，平台的全景如图9所示。

该全景包括集团与省分两级互联、接入系统、产品组件、数据走向等。

3.2.2 功能架构

根据平台的建设要求，平台的功能架构如图10所示。

该平台主要包括数据总线、服务总线和监控平台等。

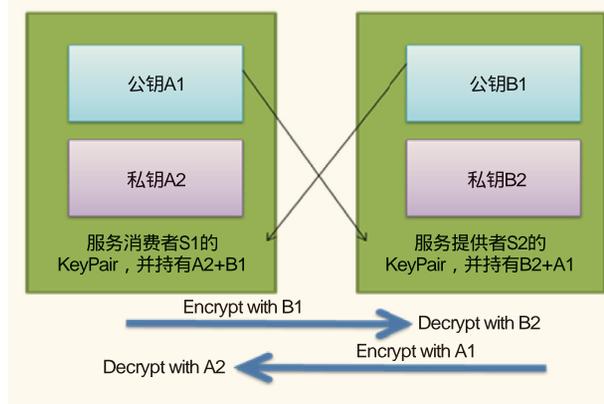


图7 交易加密过程

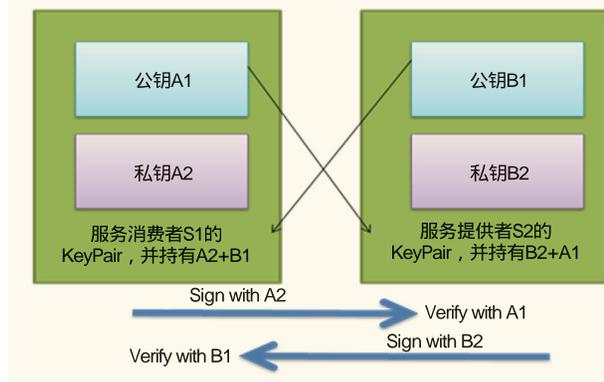


图8 签名过程

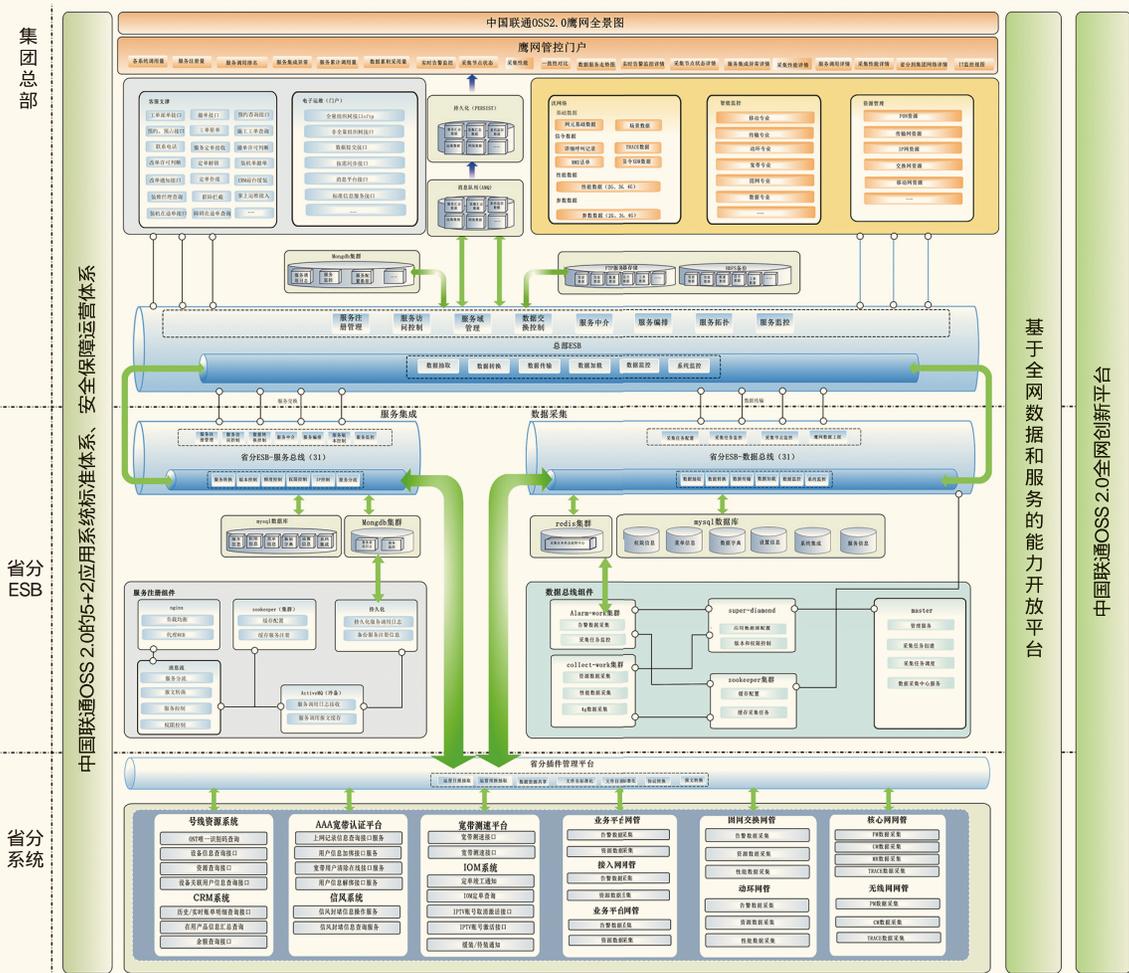


图9 平台的全景

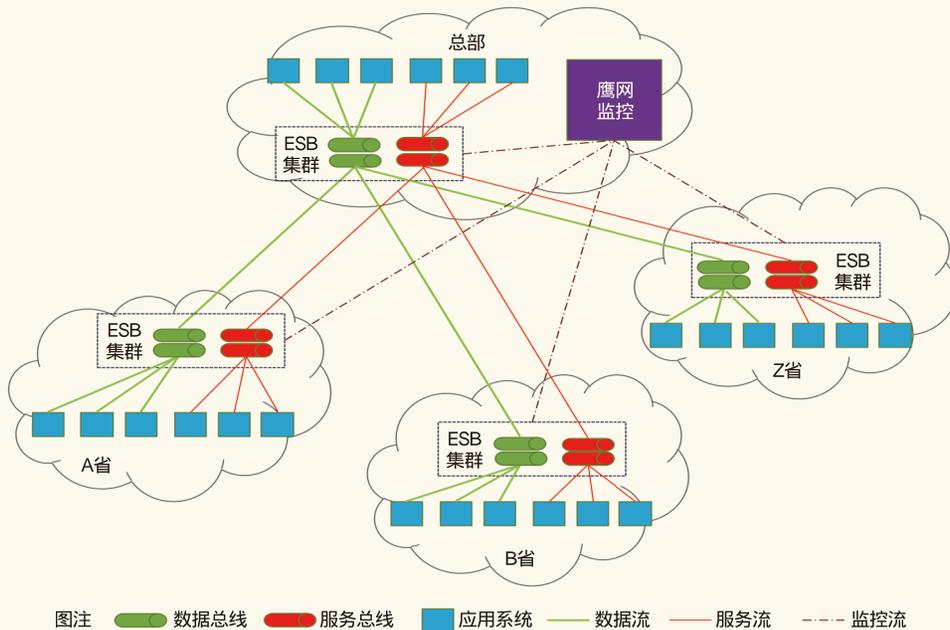


图10 平台的功能架构

3.2.3 监控平台

监控平台的整体设计目标：河南联通OSS全网数据交易监控中心可以实时监控全网的每一次系统间接口及数据交易，主要包括心跳监控、异常监控、服务监控、数据共享监控、任务效率监控、设备硬件监控等，能够对数据采集的整个过程做到可视化、可追踪、可回溯、可告警。监控产品主界面的设计效果如图11所示。

3.2.4 服务总线过程管理

服务总线的过程管理包括管理中心、运行中心、监控中心，如图12所示。

(1)管理中心

用于实现对资源、消息流、消息流模板、服务、标签、版本、持久化策略的管理。

(2)运行中心

用于实现统一入口、协议扩展、认证授权、访问限制、报文转换、服务路由的功能。

(3)监控中心

对调用的信息进行持久化，实现异常可查、消息统计Top10的功能。

服务总线统一对接口的服务进行注册，对接口进行授权。系统的接口和调用情况可以直接从服务目录获得，一目了然，不需要查阅大量的历史记录文档来获得接口信息。

3.2.5 数据总线过程管理

数据总线过程管理包括数据采集、数据备份、数据上传，如图13所示。

数据总线统一对告警、资源、配置、性能、信令等基础



图11 监控产品主界面的设计效果

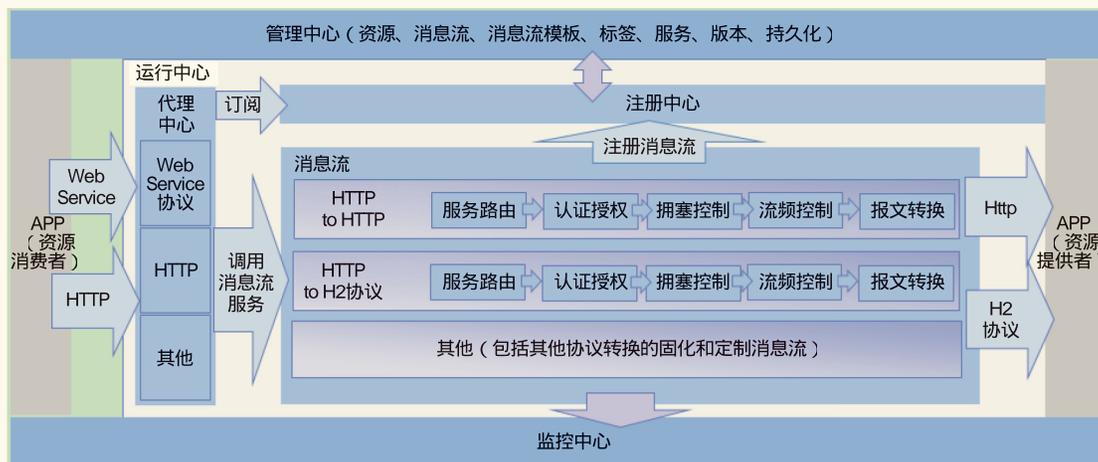


图12 服务总线的过程管理

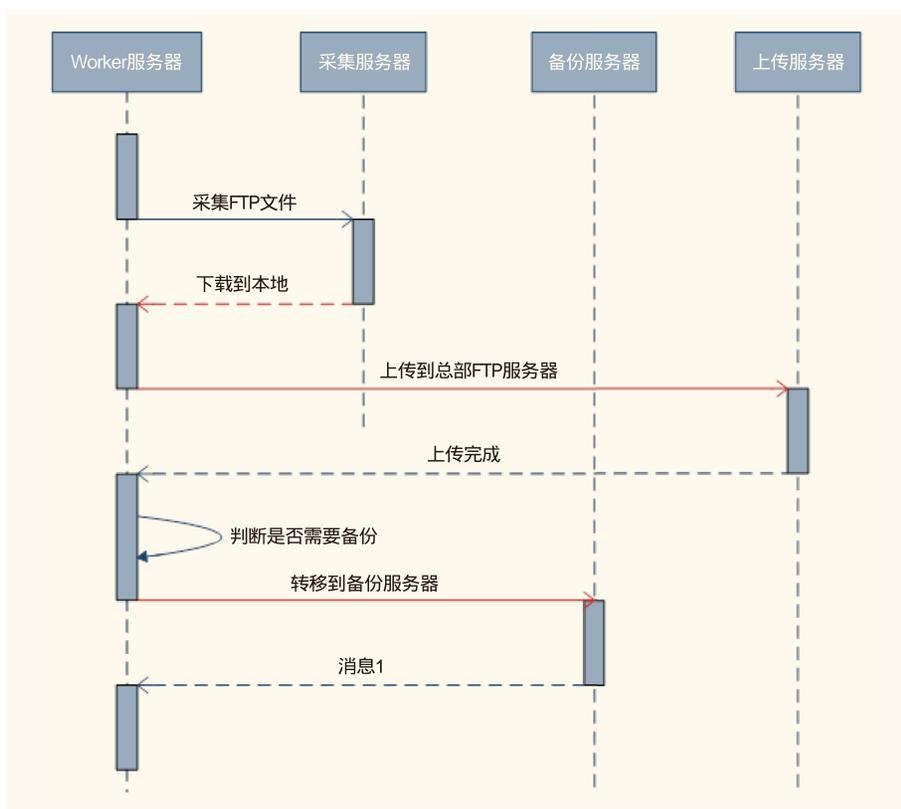


图13 数据总线过程管理

数据进行采集，并在上传中国联通集团总部的过程中进行数据类型的分类存储，实现存储过程标准化，方便数据本身的管理和上层应用系统对基础数据的应用。

4 运营管控一体化智能集成平台（鹰网）成效

河南联通通过对现有运营管控体系的梳理，引入基于OSS运营管控一体化的智能集成平台（鹰网），同时在平台的软硬件方面不断创新，很好地支撑、满足上层应用系统的要求，保障应用系统后续业务量的稳定增长和业务创新，提高产品的采集能力、数据共享能力、数据监控和分析能力。

4.1 改善严重的信息孤岛现象

在对客户售前、售后服务环节中，客户的相关信息分别记录在开通、保障、综合调度、资源、客服、预处理等不同系统中，造成客户服务信息在不同系统间形成信息孤岛，单一系统碎片化的数据无法有效关联，不能真正发挥数据的价值。

运营管控一体化智能集成平台（鹰网）统一采集存储数据，全网数据做到可追踪、可交换、可共享。

4.2 承载庞大业务量，形成统一标准，节约运营成本

河南联通引入运营管控一体化的智能集成平台（鹰网）后，注册各类业务接口总计85个，每天的服务调用次数在60万余次，总调用次数超过2.8亿次；业务告警采集每日达到280万条，总采集条数超5亿余万条；FTP文件采集每日达到13TB，总采集数量达到2600TB。所有业务系统的接口注册调用和数据采集上传均通过运营管控一体化智能平台，形成统一的接口注册调用和数据采集上传标准，通用的标准为运营管控一体化奠定坚实基础，大大节约软硬件和人力等运营成本。

4.3 统一管控服务注册调用和数据采集，提高运营效率

运营管控一体化智能集成平台（鹰网）的引入，结束各业务系统各自为政进行服务调用和数据采集上传的混乱情况，服务接口统一注册到平台上进行统一封装和调用，数据全部通过省分集团两级互联平台统一从省分采集上传到集团。平台是两条并行的“高速公路”。每条“高速公路”分别承载服务注册调用和数据采集上传并在平台的统一监控管理下运行，大大提高运营效率。

5 结束语

运营管控一体化智能集成平台（鹰网）采用先进的架构理念完成总体架构的搭建，实现服务注册调用和数据采集上传所要求的全部功能，并保证平台高稳定性和高可用性，在此基础上，创新地进行服务注册和数据采集整个过程的可视化、可追踪、可回溯、可告警。

运营管控一体化智能集成平台（鹰网）是通信领域的一次创新实践，随着产品的不断推广与应用，新的需求和应用场景必将更加深入，对产品的要求也会不断加强。

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

NB-IoT与其他通信系统频谱兼容分析

宋旭¹ 陈喆² 杨文翰¹ 武秀广¹

1.国家无线电监测中心

2.中国信息通信研究院泰尔实验室

摘要

为节约有限的频谱资源,提高频谱资源利用率,需要在同一传输信道中实现诸多通信应用。为保证各通信业务均正常工作,不相互干扰,需要使用仿真测试的方法对其系统间兼容性进行研究。采用通用矢量信号源和信号分析仪对NB-IoT和邻近频段部署地面数字电视广播(DTMB)系统进行兼容性分析,采用综测仪对NB-IoT与GMS、LTE通信系统兼容性进行分析,并对比两种测试方案的适用范围及优缺点。

关键词

NB-IoT 移动通信发展 频谱资源配置 系统兼容性分析

1 移动通信网发展

移动通信正在从人与人的连接向人与物以及物与物的连接迈进。“万物互联”实现的基础之一在于数据的传输,不同的物联网业务对数据传输能力和实时性有不同的需求。根据传输速率的不同,可将物联网业务分为高速、中速、低速三种。其中NB-IoT就是一种适用于低速率LPWAN(Low Power Wide Area Network)场景的窄带蜂窝通信技术。其可以满足LPWAN超低功耗、超大连接、超强覆盖、超低成本的业务要求。

2 频谱资源使用的挑战

经过多年努力,我国已建成世界上最大的4G网络,拥有全球第一的用户数,成为全球最具增长性的信息消费市场。同时,作为移动通信的基础,我国频谱资源的结构性矛盾逐渐突出。按照ITU的预测,到2020年,移动通信频谱需求总量为1300~1800MHz,仅公众移动通信频谱资源就缺口1100MHz。

除了频谱资源,移动通信网络运营频段的协调也是推动产业发展的关键环节。移动通信网络近年来的快速发展在很大程度上要归功于国际标准和定义的发展以及国际移动通信(IMT)运营频段的全球协同,从而实现互操作性、漫游和全球规模经济。

为有效满足移动通信网络对频谱资源的需求,我国无线电行业主管部门正在探索创新的频率资源配置和使用方式。目前,频谱资源配置正在从增量为主向用好存量、调整重耕、增量投入并举转变。使用频谱工程的方法,通过理论分析、技术实验、计算仿真、现场测试等技术手段的综合运用,对无线电

频率的划分、规划、分配等进行深入细致地研究和论证,可以为各种创新的频率资源配置和使用方式提供科学依据。

3 NB-IoT频谱兼容性分析实例

为了提高频谱资源的利用率,需不断引入新的无线电业务。为保证新老业务在正常工作的同时,不会对原有的无线电业务产生不可接受的干扰,需要使用仿真和实际测试的方法对业务间的兼容性进行研究。新业务的带外抑制、保护频段等指标只有通过不断地实践验证,才能在兼顾设备成本的同时,最大限度地提高频谱资源效率。

2017年6月,工业和信息化部无线电管理局发布窄带物联网系统频率使用要求公告,电信运营商可根据需要选择带内工作模式、保护带工作模式、独立工作模式部署NB-IoT系统。NB-IoT设备一个很大的特点是低功耗,某些NB-IoT终端要求一块纽扣电池就可以工作10年。一个很重要的影响电池寿命的因素是设备工作状态,如果NB-IoT设备受到无线电干扰,信息传送时误码率上升,就需要反复发送数据包,或者反复进入工作状态,这将极大影响NB-IoT设备的待机时间。所以NB-IoT等物联网设备对工作的无线环境和系统兼容性有更高的要求。

下面以实验的方法对NB-IoT和邻近频段部署地面数字电视广播(DTMB),以及NB-IoT与GMS、LTE系统兼容性进行分析。

3.1 信号源和频谱仪组成的系统兼容性分析方案

实验系统由支持NB-IoT信号产生的信号源、支持

NB-IoT信号解调分析的信号分析仪，以及作为干扰信号的DTMB信号源组成。系统组成如图1所示。

NB-IoT信号源在825MHz频点输出带宽200kHz、功率-30dBm的符合3GPP R13标准的NB-IoT信号，在没有叠加干扰时，NB-IoT信号的星座图、频谱和解调参数如图2所示。EVM值<0.5%，NB-IoT信号可以完整接收解调。

DTMB干扰信号分别在49、50、51、52、53信道发射，信号带宽8MHz，信道功率-30dBm。测试NB-IoT信号干扰及EVM指标变化见表1。

DTMB信号在52信道发射时与NB-IoT信号有重叠。NB-IoT带宽200kHz，DTMB带宽8MHz，在-30dBm信号功率发射时，NB-IoT有15dB的信噪比。频谱测量结果如图3所示。

NB-IoT信号可以解调，解调信息如图4所示。但是EVM测试结果已经达到15.874%，从星座图上也可以看到类似宽带噪声的干扰。

从实验结果看，按照DTMB信道分配，当DTMB信号与NB-IoT信号不重叠时，对NB-IoT信号的工作基本没有影响。

如果需要测量各种信道传输环境下NB-IoT与其他业

务的兼容状况，可以将NB-IoT和干扰信号注入信道仿真器。信道仿真器可以在信号传输路径上叠加多径、多普勒频移、阴影衰落、瑞利衰落、莱斯衰落等传播条件，以及符合3GPP规范定义的开阔场地、城市、车载等信道模型。在实验室可重复的环境下，模拟外场无线电传输环境。

3.2 综测仪组成的系统兼容性分析方案

综测仪又称综合测试仪或者基站模拟器，内置协议栈，可以通过无线信令交互，控制被测终端的工作状态，并测试终端的发射、接收、吞吐量、协议一致性等指标。某些综测仪内部配置信道衰落功能，可以产生符合3GPP标准的信道衰落模型。

下面使用综合测试仪与NB-IoT模组建立通信，NB-IoT工作在独立工作模式和带内工作模式，分别考察GSM和LTE信号在邻近频段工作时，NB-IoT的误码率和吞吐量指标变化。系统连接如图5所示。

(1)NB-IoT独立工作模式

综测仪设置NB-IoT模组在独立工作模式（Stand Alone），下行信号中心频率826.5MHz，下行功率设置为-85dBm，通过合路器到达NB-IoT模组的功率大约为-91dBm。



图1 信号源频谱仪组成的系统

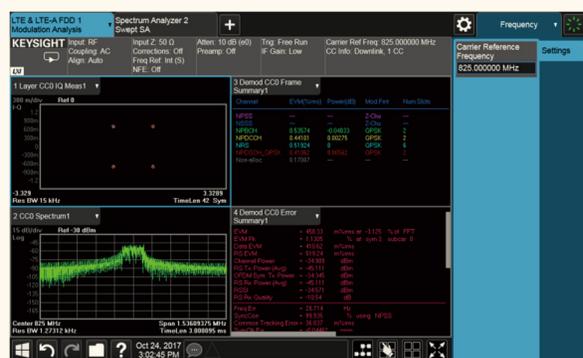


图2 理想的NB-IoT信号解调效果

表1 NB-IoT信号干扰及EVM指标变化

DTMB干扰信号信道	频率范围 (MHz)	干扰与NB-IoT信号中心频率间隔 (MHz)	EVM测试结果
49	798 ~ 806	-23	0.449%
50	806 ~ 814	-15	0.448%
51	814 ~ 822	-7	0.458%
52	822 ~ 830	+1	15.874%
53	830 ~ 838	+9	0.447%

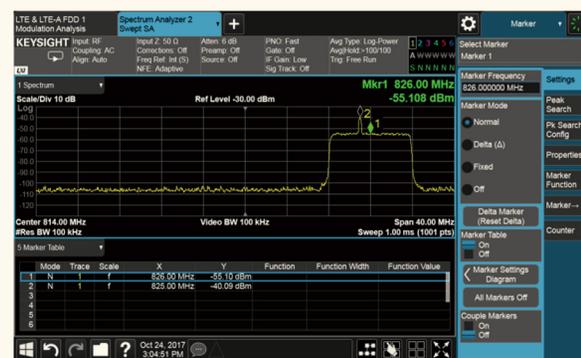


图3 NB-IoT与DTMB信道重叠时的频谱

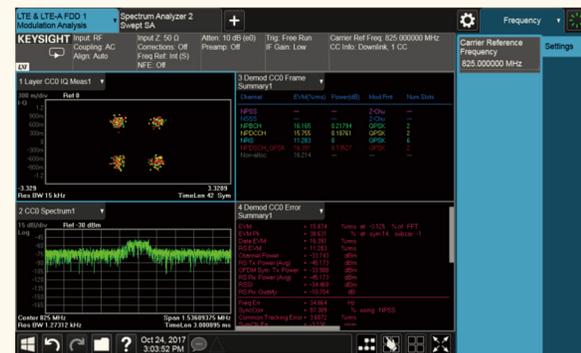


图4 NB-IoT与DTMB频谱重叠时的解调结果



图5 综测仪组成的NB-IoT系统兼容性测试系统



图6 NB-IoT独立工作模式时与GSM信号的干扰分析

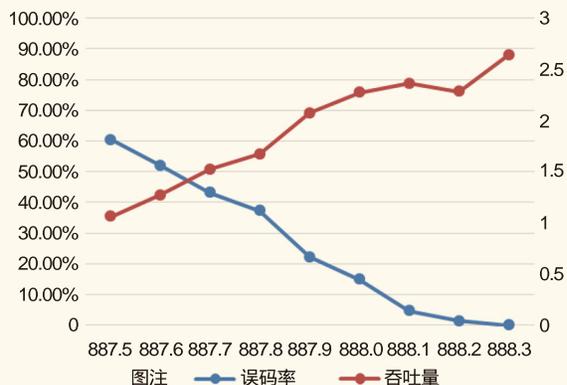


图7 NB-IoT设备误码率和吞吐量随邻道LTE信号中心频率变化曲线

NB-IoT和GSM每个载频的带宽都为200kHz。当GSM信号和NB-IoT信号频谱没有重叠时，即使邻道GSM信号强度大于-50dBm，NB-IoT误码率依然为0。

当GSM信号工作在882.4MHz和882.6MHz时，与NB-IoT信号有100kHz的频谱重叠。GSM信号功率与NB-IoT信号功率相同时，NB-IoT系统误码率为0。当GSM信号功率升高到-70dBm时（比NB-IoT信道功率高15dB），NB-IoT模组报告的误码率才明显下降到47%。NB-IoT独立工作模式时与GSM信号的干扰分析如图6所示。

从上述实验可以看出，NB-IoT系统在独立工作模式部署时，有较好的带外抑制能力。

(2)NB-IoT带内工作模式

综测仪设置NB-IoT模组在带内工作模式（In Band），下行链路依然工作在882.5MHz，下行链路功率-85dBm。带内LTE FDD信号设置带宽10MHz，发射功率-60dBm。当LTE信号中心频率由887.5MHz变化到888.3MHz时（与NB-IoT载波频率距离由5MHz增大到5.8MHz），测量NB-IoT终端误码率和吞吐量的变化曲线如图7所示。

在带内工作模式下，NB-IoT系统对邻道干扰的抑制能力较差，频谱边带与LTE信号的频谱相距700kHz时才能基本实现系统设计的性能指标。

4 结束语

采用通用的矢量信号源和信号分析仪，配合信号产生和分析软件进行无线电业务兼容性分析，是目前频谱工程领域常用的方法。这种方法简单易行，与外场实测结果比较接近，而且测试结果重复性较好。目前的仪器仪表平台支持大多数移动通信、专网、雷达等信号产生和分析。对于一些仪表暂时不支持的无线电信号，比如GoTa、GT800、PDT、CDR等信号，国家无线电监测中心在探索使用SystemVue、MATLAB等工具进行信号的产生和分析，不断扩展无线电业务分析能力。

使用综测仪的系统兼容性分析方案不仅可以测量物理层指标，还可以测量误码率、误帧率以及吞吐量等指标。系统设计中通常会使用信源编码和信道编码对抗链路衰减和干扰。误帧率和吞吐量的指标可以验证系统在物理层、数据链路层以及更高层引入冗余带来的性能改善，更接近用户真实的体验。但是目前主要是移动通信网络在标准中定义完整的信令测试模式，支持综测仪的测试验证方式。这限制综测仪在系统兼容性分析中的应用范围。

参考文献

- [1] 侯丽丽,王浩,高坊林.4G移动通信技术的发展[J].电子技术与软件工程,2017(15)
- [2] 周钰哲.我国频谱共享的可行性研究与推进建议[J].电信科学,2016,32(5)
- [3] 侯海风.NB-IoT关键技术及应用前景[J].通讯世界,2017(17)

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

宋旭

硕士，国家无线电监测中心工程师，主要研究方向为无线通信系统电磁兼容分析及无线电监测。

陈喆

硕士，主要研究方向为无线通信系统电磁兼容测试理论及测试方法。

数字经济发展投资政策分析

高晓雨 王 涛

国家工业信息安全发展研究中心

摘要

针对数字经济对投资政策的影响进行详细分析，并提出投资政策如何支持数字经济发展的框架和建议。

关键词

数字经济 投资政策 发展战略

1 引言

数字经济正在成为全球经济中越来越重要的一部分。数字经济成为所有行业提升竞争力的新机遇，以及进入海外市场 and 参与全球电子价值链的新途径。数字经济的崛起代表ICT和国际生产之间关系的强化和重塑，为跨国企业重新设计市场的过程和路线，并重新定义现代全球生产网络的治理模式，提供更广泛的机遇。其催生全新的跨国商业模式，从“天生国际化”到虚拟跨国企业，以及从根本上不同的国际足迹。

2 数字经济发展的投资需求

许多国家已经出版或正在准备数字经济发展战略。联合国贸发会包含100多个国家和地区数字发展战略在投资方面的详细研究结果。虽然数字基础设施和数字产业的发展必然会涉及大多数国家的大型投资（大多数数字发展战略中都会认识到这一点），但许多数字发展战略要么不能解决投资问题，要么只能在非常普遍的层面讨论投资需求。包括基础设施投资需求细节的数字发展战略不到25%，包括基础设施以外投资需求的不足5%。

尽管缺乏投资需求的细节，但大多数策略都会讨论潜在的资金来源，其中大多数都在阐述公共资金选择。大约3/4的数字发展战略提出刺激私人投资或企业发展的措施，包括建立有利的监管框架、普遍的财政激励和投资推动措施。大约1/3的战略承认外国投资对数字发展的潜在贡献，而只有3%认为投资促进机构（IPAs）发挥了作用。

一项针对90多个IPAs的调查结果表明，希望在投资机构之间进行更好地政策协调，另一方面，还包括各个负责数字

开发的部门和公共机构。IPAs很少会涉及数字策略的制定，然而对于大多数IPAs来说，促进数字基础设施和公司的投资是一个优先目标，但只有少数会明确数字产业推广和促进工具的可用性。

数字经济的发展和进步依赖于三大支柱：数字基础设施、数字公司（数字行业）和广泛经济中的数字采用。各级投资政策之间的相互关联。随着各国在数字发展方面的进步，政府的优先重点从支持基础设施转变为促进数字企业内容和服务的发展，以及其他经济的数字化。为了适应不断变化的需求和技术，数字发展战略必须灵活且经常滚动调整。数字经济发展的投资维度如图1所示。

2.1 数字基础设施的投资需求

为大多数发展中国家实现适当连通性所需的基础设施投资需求可能比人们经常设想的要少得多。基础设施投资不再仅仅是电信运营商的领域，几家数字公司正在开始投资几乎所有类型的基础设施，包括以下几种。

海底电缆：Google和Facebook正在投资一条电缆连接洛杉矶和香港。

骨干网：Google和Facebook有独立的项目，可以使用高空作业平台（气球和无人机）分别在偏远地区提供回程。

地铁：Google的link项目将为非洲城市提供地铁光缆，从坎帕拉和乌干达开始。

最后一公里：微软的4Africa计划正在投资宽带服务提供商。软件和IT服务领域的跨国公司，尤其是亚马逊，负责相当数量（11%）的项目。5家顶级跨国投资公司中有三家位于发展中国家。

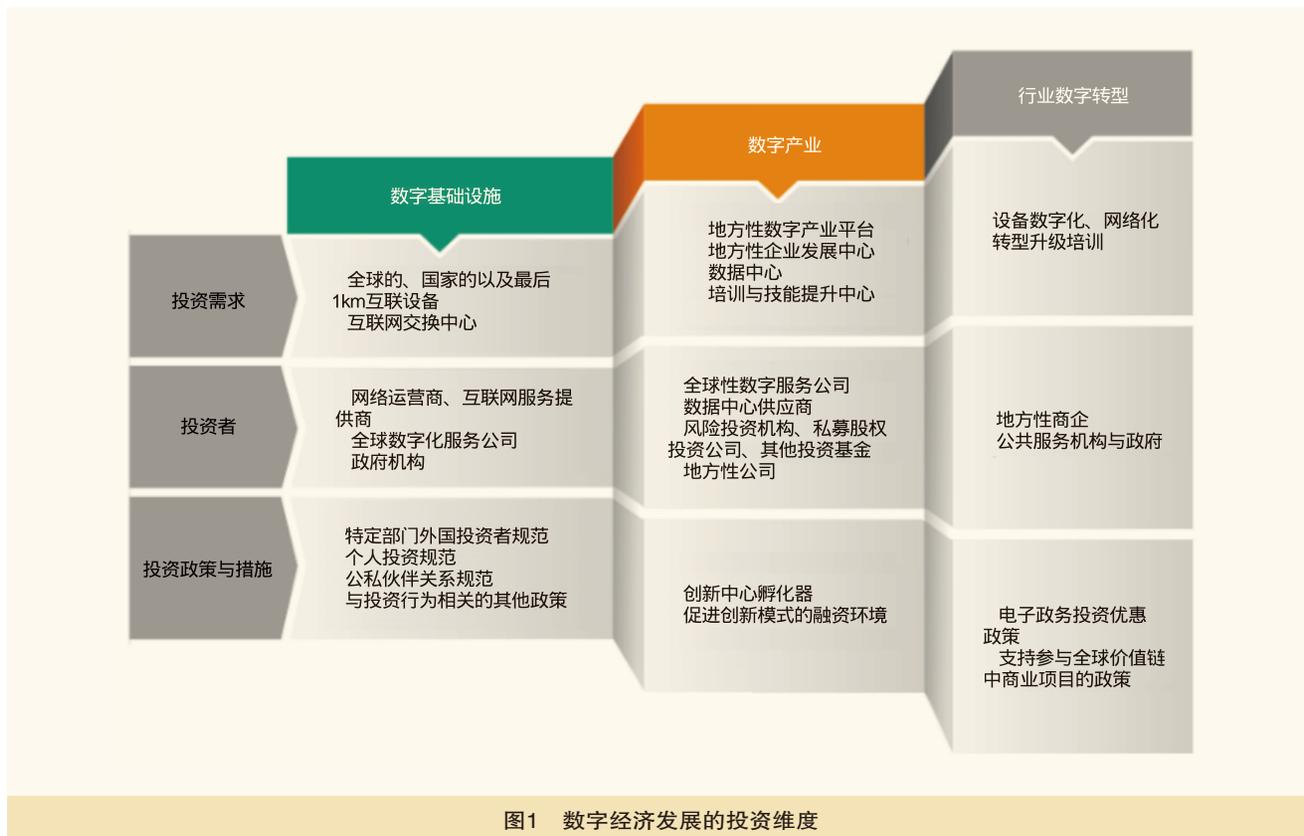


图1 数字经济发展的投资维度

数字基础设施的投资需求可由三个方面分解：没有被覆盖的区域，被蜂窝网覆盖的区域，有蜂窝网覆盖且已经升级到宽带覆盖的区域。

(1)未覆盖。完全缺乏蜂窝覆盖的区域往往以高部署成本和低需求为特征。在部署新的移动网络的地方，直接跨越支持移动宽带的一代技术，通常更具成本效益。

(2)蜂窝网覆盖。在这些地区，移动网络提供语音服务（2G），但尚未升级以提供互联网宽带接入。这通常是因为没有足够的服务需求。随着需求的增加，网络需要升级到3G或更高。这是由移动运营商做出的投资。

(3)宽带覆盖。这些地区至少已经有3G网络覆盖，意味着用户可以访问互联网。这里的投资通常是对用户数量增加的响应。

即使在宽带覆盖的地区，互联网的应用也往往滞后。原因是单靠投资基础设施，不足以刺激采用。不可靠性是一个关键的障碍。接入互联网的设备成本或互联网订阅成本对于低收入国家的用户来说太高了。提高负担能力应是行业监管机构和竞争管理机构的政策优先事项。这些政策领域和投资政策之间的相互作用是明确的：如果用户的吸收率依然很低，基础设施投资将不会是经济的。对于通过有关本地相关内容和培训贫困技能的其他障碍也是如此。

因此，一个国家的数字基础设施投资需求由该国蜂窝网部署程度以及网络是否升级到宽带的程度决定。蜂窝网的部署驱动因素很大程度上取决于地理条件。部署网络的资本支出取决于人口密度水平，包括城市化程度以及影响物理成本的地形。运营支出取决于电气化的程度，这决定备用电源和发电机的需求。新的部署往往直接跨越移动宽带，将现有蜂窝网络升级到移动宽带的成本通常是部署蜂窝网络成本的10%。

联合国贸发会根据世界经济论坛最近的一项研究对发展中国家蜂窝部署所需的投资进行估计，在发展中国家和转型期经济体中建立普遍的基本3G覆盖面所需的总投资超过1000亿美元，最不发达国家则低于400亿美元。

投资需求似乎有限。这主要是因为到目前为止，连通性差距的最大部分是升级差距，所需投资只是新蜂窝网部署成本的一小部分。这也是因为这里计算的投资成本仅适用于基本的移动连接。随着网络能力需求的升级，发展中国家将面临更高的成本，而且大量的用户需要部署固定光纤网络。事实上，先进市场的运营商投资这个网络中预估成本的倍数，在美国每年约有750亿美元。也就是说，在短期内，3G（或更高）移动网络对于最不发达国家大多数地区的大多数用户来说都是足够的。

具体而言，影响数字基础设施投资政策的因素见表1。

2.2 数字产业的投资需求

在许多发展中国家互联网覆盖率远高于采用率，因此加大对本地数字内容和服务的投资显得尤为重要。这包括刺激本地企业发展的投资，创建和维护有力的数字化管理框架，并采取积极的支持措施，建立技术或创新中心和孵化器，建立或改进电子政务服务，支持创新的融资方式和建立技能培养计划。

本地数字内容与服务行业的发展，与数字基础设施建设相比，资金密集程度要低得多。然而，其涉及至关重要的投资组件，例如支持创建内容，使本地托管存储和传递内容，并建立或改进外部服务，例如提供内容营利能力的金融服务以及成功实现电子商务发展所需的邮政服务。

数据中心的投资可以促进当地内容生态系统的健康。因此，促进全球数字公司对数据中心的投资可以作为推动建立本地数字部门的一部分。然而，数据中心是一项庞大的投资，需要获得补充投入，例如可靠和廉价的电力供应、国内电信能力、本地内容的重要数量和经过培训的人员。

国际投资者可以成为帮助创建和发展本地数字公司的重要资金来源。越来越多的专业风险投资基金、私募股权基金和全球数字化风险投资在发展中国家开发当地数字化融资。

此外，数字经济已经实现新形式的融资，支持数字公司的发展。众筹的机制正在支持众多企业。到目前为止，这些大多数都还集中在发达国家，但现象正在蔓延。

对数字行业投资的一个关键要求是开发足够的支付平台。为了促进投资，开发商必须能够通过创新获利。这可以包括直接支付内容（例如购买移动应用）和广告客户的间接付款。无论哪种方式，必须有一个金融平台，通过这个平台，买方或广告客户可以付款，开发商可以收到这些付款。

一些国际内容平台（例如应用商店或YouTube）可以提供发布本地内容的方法，但仍需要付费系统从用户或广告客户那里收取费用。

移动应用商店，特别是Android设备的Google Play商店和Apple设备的App Store，为本地内容的开发提供一个潜在的平台。软件开发套件可帮助开发人员构建应用程序，一旦上传，在线商店就可以在商店对可访问的国家/地区进行营销、销售和分销。然而，付款问题限制商店的可访问性，例如，尼日利亚是撒哈拉以南非洲地区唯一可以将应用上传到Google Play的国家。

影响数字产业投资政策的关键因素详见表2。

3 行业数字化转型的投资需求

最大的发展价值可能在于非数字部门的数字化。发展中国家企业的互联网采用显著落后于发达国家。促进所有企业对信息和通信技术、业务联系的投资，以及参与全球金融机构，都应成为数字发展政策的重要组成部分。

表1 影响数字基础设施投资政策的因素

关键政策决定因素	影响数字基础设施投资政策的做法
基础部门改革开放	(1) 现任私有化开放市场投资，为参与者创造一个公平的竞争环境； (2) 自由化可以为投资竞争的运营商提供受影响的电信业务； (3) 独立监管机构作为公平竞争的裁判员，可以提高投资者的监管确定性； (4) 开放外国直接投资一般伴随其他改革，允许跨国企业投资市场
行业法规	(1) 许可条件可以降低投资成本，并在面对未来市场变化时实现灵活性； (2) 频谱规则决定了接入无线电频谱的成本，以及非频谱可用于技术和商业模式演变； (3) 针对设备和服务的行业特定税收可以减少最不发达国家潜在的需求，影响投资回报； (4) 普遍服务基金和服务其他不经济地区公私伙伴关系的可能性能够支持投资； (5) 获得权利的方式可以精简，以促进投资，共享基础设施可以降低成本； (6) 设备的当地标准以及型号满足程度可能影响投资成本
其他支持政策	(1) 简化进口手续和聘用外国人员的规定可以减少投资的时间和成本； (2) 支持本地工程师的技能培训，有力地支持基础设施投资的部署和运行； (3) 区域协调可以促进多国基础设施投资的规模经济

表2 影响数字产业投资政策的因素

关键政策决定因素	影响数字产业投资的办法
内容规则和法规	(1) 隐私和数据保护可以加强用户的信任，并使在线服务的投资更具吸引力； (2) 电子交易和消费者保护法有助于电子商务部门发展并支持在线商务； (3) 内容限制，从过滤到互联网关闭，可能会破坏一个国家的经济，并为投资者带来不确定性； (4) 版权法应明确和平衡版权所有者、创新者和内容分销商的利益，以减少投资者的风险； (5) 关于中介责任的规定要求平台监管被禁止或者盗版的第三方内容，会增加成本和法律风险； (6) 将传统电信或媒体法规应用于在线服务可能会增加提供服务成本； (7) 数据本地化法规要求在内存存储和处理数据内容，会削弱数据中心或云服务的规模经济，从而抑制投资
其他监管领域	(1) 强制源代码披露政策，例如在采购合同中的会影响参与投资者的利益； (2) 其他经济部门（通常是出租车或不动产等行业或非贸易性服务）的规定及竞争的开放度可能阻碍或阻止新的数字进入者的投资
支持政策	(1) 支持创新中心的发展，可以帮助当地企业家开发新的在线服务； (2) 电子政务服务的发展可以为本地开发商和数据中心创造需求，促进该行业的发展； (3) 促进众筹，特别是股权投资，可以增加对当地行业的国际投资； (4) 政府对风险投资的支持有助于国内风险投资行业发展，同时促进对本地内容产业的投资； (5) 创业项目，如贸发会议的经营技术方案，有助于实现ICT技能投入应用的同时开发成功的商业项目

表3 影响行业数字化投资政策的因素

关键政策决定因素	影响跨行业数字化投资的做法
影响数字采用成本的竞争, 税收和贸易政策	(1) 电信行业的竞争政策影响数据包和设备的成本, 影响到企业, 特别是微型、中小型企业数字采用; (2) 税收和关税同样影响设备成本, 影响数字采用
支持政策	(1) 财政政策可以降低信息和通信技术相关资本投资的有效成本, 并减少培训支出; (2) 提倡云服务可以降低企业在线访问服务的成本; (3) 电子政务服务可以为本地开发商创造需求, 同时降低所有企业与政府互动的成本; (4) 与全球数字跨国企业的合作有助于中小企业的数字采用和数字创业者的创建, 例如应用程序开发人员(包括通过全球数字跨国公司在该领域提供的现有计划), 并可以将其产品本地化(例如在其系统中接受当地货币, 促进本地公司的付款); (5) 与大学的伙伴关系有助于采用数字技术(例如在卓越中心), 并建立技能计划; (6) 技能项目使公司有能力有效地采用互联网技术和服务

表4 数字经济的投资政策框架

对比项目	政策清单	
战略投资政策考虑	(1) 评估从数字跨国企业吸引投资的竞争优势, 评估潜在挑战和风险, 并确定战略机会(例如数字内容或服务行业、应用程序开发); (2) 审查并准备改变其他行业投资决定因素和投资者资料, 由于其在全球供应链中采用数字技术; (3) 制定战略回应措施, 确保投资政策仍然面向可持续发展和包容性增长	
将数字发展纳入投资政策	国内	(1) 评估现有投资法规受数字化运作影响的程度; (2) 在需要的情况下实现投资法规的现代化, 平衡投资促进和便利化以及减少与数字运营模式相关风险的措施
	国际	(1) 回顾新数字产业在国际投资协议中的覆盖面和待遇; (2) 考虑不断演变的数字投资国际规则, 如电子商务和服务贸易
将投资政策纳入数字发展战略	数字基础设施投资	(1) 对数字发展战略中的基础设施投资需求进行详细评估, 包括宽带覆盖和互联网基础架构(如数据中心、IXP); (2) 为数字基础设施的私人投资建立适当的条件, 包括促进公共服务和普遍连接目标; (3) 从事区域合作, 大规模推进多国基础设施投资
	数字产业投资	(1) 确保内容规则和法规有助于数字部门的投资, 同时保护公共政策目标; (2) 通过集群和中心, 纳米创新, 以及非数字行业的有利条例, 支持数字经济中的本地企业发展
	行业数字化转型投资	(1) 通过信息通信技术和相关技能的各个领域的公司促进投资, 并获得低成本数字服务(如云服务); (2) 建立和完善电子政务服务, 引导当地开发商的需求, 降低运营成本
政策互动和政策协调	(1) 通过最新的法规(例如数据安全、隐私、竞争、消费者保护、国家安全、保护文化价值), 管理与相关政策领域的互动, 以解决公众的关注; (2) 管理部门和社会政策的互动, 以减轻数字转型潜在的负面社会和经济影响(例如传统部门的工作损失); (3) 确保有效的全面政府方法, 建立各机构之间的协调程序和沟通渠道, 要包含投资部门和投资促进机构	

强大的数字行业包括足够的互联网基础设施与提供在线内容和服务的数字公司, 是数字经济的基础。然而, 个人和非ICT公司采用这些服务是数字发展的基本部分。决策者不应该仅仅专注于促进数字公司的发展, 还应该将刺激数字服务的使用列入目标。

跨经济体的企业数字化采用最终也是实现中小企业出口商数字化接入全球市场的必要条件, 这是“全民eTrade”计划的重要目标。作为潜在机会的衡量标准, 自2012年以来, 通过阿里巴巴和亚马逊交易的商品数量每年实现30%以上的增长, 2016年的销售额超过7000亿美元, 其份额在全球范围大幅迅速增长。如今全球约有5000万家中小企业在Facebook上开展业务, 数量比2014年翻了一番。

全球供应链数字化进程将对跨国企业的海外业务产生深远的影响, 对东道国, 特别是发展中国家的国有企业具有重要意义。

随着数字化发展的进展和基础设施投资的初步落地, 重要的是要调整数字化发展战略, 将重点逐渐转移到所有企业, 不仅仅是数字公司, 尤其是在社会领域, 促进数字采用的举措。

影响行业数字化投资政策的因素详见表3。

4 数字经济发展的投资政策框架

投资政策是数字发展的核心。考虑到投资的重要作用, 包括国际投资、数字经济的发展以及全球数字经济对国际生产的影响, 政策制定者对数字发展战略的投资问题采取结构化和更主动的方式是非常重要的。数字经济的全面投资政策框架应确保数字发展嵌入到投资政策中, 而投资政策嵌入到数字发展战略中。

数字经济的投资政策框架见表4, 从战略投资政策出发, 向数字经济过渡的关键投资政策层面, 涵盖两个政策观点: 投资政策如何受数字发展影响, 以及如何加强投资政策在数字发展战略中的作用, 并结合政策互动和制度协同考虑。

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

高晓雨

硕士, 现就职于国家工业信息安全发展研究中心, 研究方向为信息化战略、两化融合等。

王涛

硕士, 现就职于国家工业信息安全发展研究中心, 研究方向为两化融合、工业大数据等。

可视化组件技术在播控系统中的应用

安凤翔^{1,2} 王 晶^{1,2} 沈奇威^{1,2}

1.北京邮电大学

2.杭州东信北邮信息技术有限公司

摘要 提出采用可视化组件技术作为播控系统平台控制端任务配置基础工具的方案,并针对多媒体任务设计相应的可视化组件,提出和改进基于多媒体任务组件的资源调度算法。由于Web应用在跨平台、版本迭代等方面有着传统客户端所没有的优势,且组件化方案可大大降低人力成本,提高任务配置效率,因此,提出的技术方案能够在不影响原有播控系统终端播放功能的基础上,提高中央控制端的灵活性、高效性和可拓展性。

关键词 可视化 组件化 播控系统 任务调度

1 引言

传统播控系统在多媒体传播领域已经极为普及,通常分为中央控制端和终端播放端两部分,在中央控制端对播放任务进行统一的配置、管理和调度,而后传输至各个播放终端进行任务播放。播控系统在客户端设备上的任务播放方案已较为成熟,然而在中央控制系统的任务配置、任务管理、任务调度等方案极其简陋。由于没有针对多媒体任务的组件框架支撑,在任务配置时难以做到完整的任务预览查看、高效的任務复用和良好的播放方案配置。

随着可视化、组件化技术的推出和发展以及Web应用的兴起和普及,逐渐出现一些以组件化技术为基础框架的可视化Web应用,通过搭建可视化组件库,不断开发、维护、迭代一系列可视化组件,实现快速配置易读性强、维护性高、可拓展性强的可视化任务目的。这些任务在数据读取、数据分析、多种媒体数据组合等方面都有着很好的效果,随着组件库复用性、拓展性、完备性的提高,这些任务的配置和查看效果随之提升。

下面将可视化组件技术应用于播控系统中,从组件配置方案角度出发,通过开发一套针对多媒体业务的可视化组件库,在组件中融入适用于播控系统的任务调度算法,并基于组件方案对其进行改进。以构建的可视化组件库为基础框架,搭建播控系统任务配置平台。

主要创新如下。

- 设计、开发针对多媒体业务的可视化组件库,并应用于传统的播控系统中,在拓展可视化组件技术方案的基础

上,弥补传统播控系统任务配置、管理、调度流程繁琐,观赏性差,复用性差,可拓展性弱等不足。

- 设计和改进基于可视化组件库的媒体业务调度算法,通过组件化方案对播放任务进行高效便捷地调度和管理。

2 相关技术

2.1 组件化软件开发

在Web应用开发过程中,传统MVC(Model View Controller)框架的弊端日益明显。随着页面、模块的增多,Model层和Controller层模块被频繁调用,使得View层与Model层耦合过大,可维护性大大降低。当对Model层、Controller层模块进行修改时,会对View层产生很大影响。随着Web技术的发展,MVC框架逐渐向MVVM(Model View View Model)框架转变。这种框架将视图层与逻辑层分离,通过数据绑定的方式,在视图层和逻辑层中间加入View Model层,实现视图层与逻辑层的解耦。这种方式大大降低框架的耦合度,提高模块的可复用性,可更好地进行独立开发工作和单元测试工作。

在这种模式下,每个大型的Web应用均可以抽象为一棵组件树,每个节点都是一个独立的组件,由多个叶子节点即子组件构成,处于树根部节点的组件即为整个Web应用。通过对一个大型Web应用的不断细分,一个庞大的应用系统被清晰地分割成许许多多的小组件,当需要对某个功能模块进行修改时,只需要修改某个组件的内容,而不会影响其他任何的模块。这使得整个系统十分清晰,有很高的可读性和可维护性。

2.2 可视化技术应用

可视化是利用计算机图形学和图像处理技术，将数据信息转化成图形或图像在屏幕中展示出来，并进行交互处理的理论、方法和技术，是研究数据表示、数据处理、决策分析等一系列问题的重要技术基础。

在目前可视化技术的应用产品中，呈现出静态可视化和动态可视化两种发展趋势。静态可视化专注于静态数据的展示，目的是在Web应用前端呈现出更易解读的数据图表，由于其使用简便、直观，被广泛应用于通用报表系统的开发中。动态可视化技术则向着实时性、交互性、美观性的方向发展。

目前而言，尽管可视化组件技术发展迅速，但其对媒体数据信息的展示、多媒体业务的支持仍有非常大的不足。依托现有的组件化、可视化技术方案，研究和设计多媒体业务组件方案，对组件增加有针对性的任务调度算法，使其能够支撑播控系统的任务管理功能。

3 系统结构

3.1 总体结构

播控系统总体结构如图1所示。

多媒体播控系统负责终端媒体任务的配置和调度，主要

包括系统管理平台和可视化组件库两部分。组件库作为前端操作控制模块的技术支撑，由基础组件和多媒体业务组件两部分组成，功能分别是支撑前端模块的整体框架和多媒体业务的运行。基础组件有用于数据展示的图表组件和搭建前端页面的界面组件，多媒体业务组件需支持多媒体业务的调度算法，且能在前端有效呈现多媒体业务。系统管理平台是系统主体部分，负责对终端设备和各类业务进行配置、管理，设置系统基本信息，管理用户账户信息，进行统计和数据分

3.2 核心流程

播控系统最核心的功能是对素材资源进行整合，从而构建多媒体任务，并对其进行管理和展示。

播控系统的核心流程主要分为数据接入、组件配置、任务配置和任务发布4个步骤。

数据接入阶段：媒体文件如图片、音频、视频等通过本地文件上传素材到平台。其他信息如数据、文本等，可通过本地文件、API接入、在线配置JSON文件等方式导入到系统中。

组件配置阶段：选择合适的组件，并选取图片、文本等素材作为模板素材，插入到组件中生成模板组件，提供给任务配置使用。

任务配置阶段：任务由素材和模板构成，从创建好的模板库中选取一个模板，再选择需要展示的素材，通过点击和拖拽的方式将素材添加到模板的任意位置，组合成自定义任务样式的多媒体任务。

任务发布阶段：任务发布时，将任务相关信息封装成XML配置文件，系统调用第三方API将配置文件发送到选中的终端设备，而后按照配置的播放策略进行任务展示。

4 可视化组件库

4.1 组件结构

可视化组件库中，组件分为基础组件、通用组件和业务组件三类。基础组件负责系统框架搭建；通用组件负责所有组件事件，隔离用户与业务组

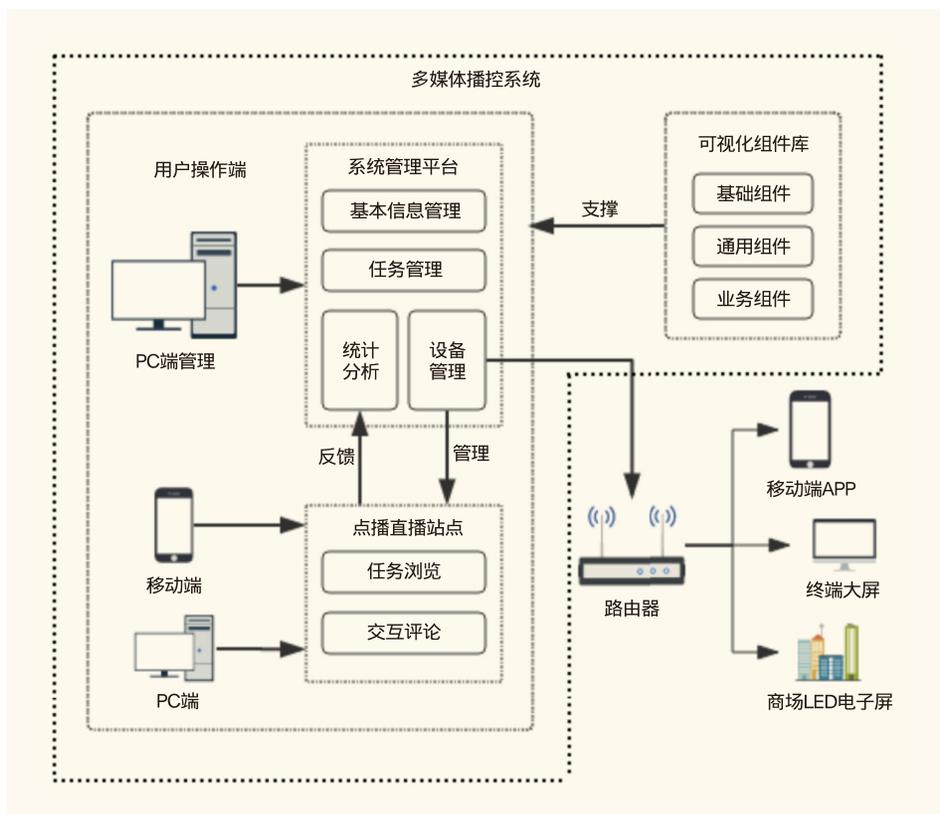


图1 播控系统总体结构

件,降低耦合度;业务组件处理播控业务,分为模板组件和其他业务组件。

4.1.1 组件逻辑结构

通用组件与业务组件的关系如图2所示。

如图2所示,用户与组件的交互流程分为以下三步。

选中业务组件:用户单击业务组件,系统将业务组件ID、操作类型(选择)等信息打包成请求包,调用平台与组件库的交互接口,向组件库发送组件选中请求。组件库根据请求生成通用组件,将业务组件ID存入通用组件中以完成通用组件与业务组件的绑定。

操作通用组件:单击交互按钮如复制按钮时,通用组件将自身ID、业务组件ID、操作类型(复制)、操作相关参数等信息打包成数据包,调用组件与组件库的交互接口,向组件库发送组件交互请求。

通知业务组件:组件库在收到请求后,将请求包格式化,再次调用交互请求向业务组件发送动作命令。业务组件对命令请求进行解析,根据请求包数据修改自身参数。

通过以上操作,完成用户操作组件时的完整流程。

4.1.2 组件物理结构

可视化组件库组件采用三级组件结构,如图3所示。根据组件三层结构对组件进行设计。

业务组件:采用图3的三级组件结构。一级层级定位组件位置、大小、层级,其中z-index属性设置组件层级,

从1开始,值唯一且连续。每新建一个组件,将新组件的z-index设为当前最大值加1,置于组件的最顶层,通过交换相邻层级组件的z-index值实现组件的层级提升和降低;二级层级将组件背景设为透明,拥有一个点击事件,用于显示对应的通用组件,并与之绑定;三级层级用以填充素材内容,文本使用div和span标签,图片使用div标签中的background-image属性,动态效果则使用GIF、SVG和Canvas处理。

通用组件:选择业务组件后,系统会生成一个该业务组件类型对应的通用组件,置于组件最顶层,并与业务组件进行绑定;用于让用户间接对业务组件进行操作,和将用户与业务组件进行阻隔,因此通用组件的大小、形状与对应的业务组件保持一致。

4.2 任务调度算法

播控系统依托组件库搭建,业务运行由组件的业务逻辑完成,任务调度算法即是对平台数据请求和多媒体业务两方面的调度。

数据请求处理算法:正常情况下,在接收数据请求时,服务端会根据请求的顺序依次进行处理,处理的时间见公式(1)。

$$T_i = D_i / v + H_i + T_{i-1} \quad (1)$$

其中, D_i 为第 i 个请求数据包大小, v 为数据传输速率, H_i 为第 i 个请求的处理时间, T_i 为第 i 个请求的总等待时间, T_{i-1} 为第 $i-1$ 个请求的总等待时间。如同一时间接收到 n 个请求,则第 n 个请求的等待时间见公式(2)。

$$T_n = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{v} + \sum_{i=1}^n H_i \quad (2)$$

当数据量很大时, T_n 将会远远大于该请求的超时时间,则该请求失败。在某些情况下,如同步请求,该请求的失败直接影响后续请求的发送和响应。在播控系统中,非抢占式的调度算法在系统使用高峰期时,存在很高的概率使系统产生异常。因此,在组件库的设计中加入针对大数据量的调度算法,如用户实时交互功能的调度算法。算法的具体规则如下。

(1)整体上采用多级队列调度算法,将请求根据操作类型、请求优先级、请求包大小、预计处理时间等分成多组,并压入各组对应的消息队列中。各组消息队列根据队列优先级进行调度处理。

(2)每个消息队列内部根据自身请求类型使用特定的调度算法,高优先级队列采用最短作业优先调度算法,根据队列内部请求剩余时间进行抢占式调度,优先执行剩余时间最少的请求;低优先级队列采用非抢占式方案进行处理。

(3)对于处理时间较长的任务,优先返回一个通知消息,

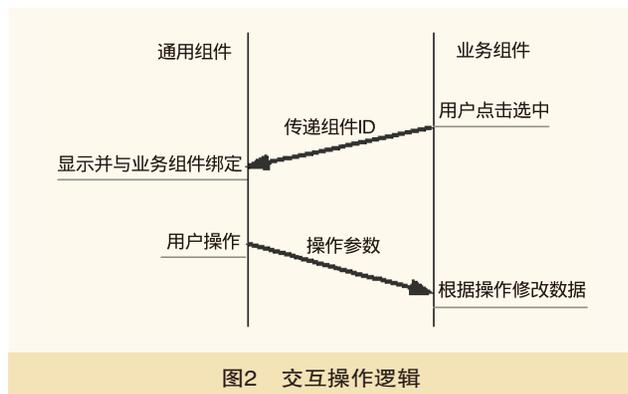


图2 交互操作逻辑

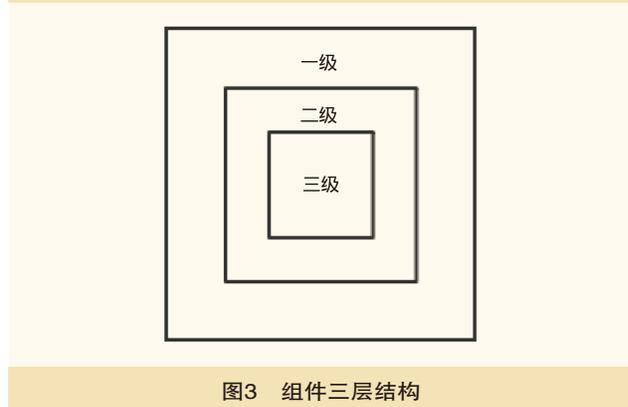


图3 组件三层结构

等待任务处理完成时采用回调的方式将处理结果通知用户。

多媒体业务调度算法：多媒体业务采用两种调度方案，由管理员进行选择。

对于点播、直播等具有交互性操作的业务：使用固定的轮播调度方案，每个素材组件根据配置的素材内容和顺序进行轮播，在一个任务的所有组件均运行完成时进行任务组件的切换。

对于其他类型业务：如广告类任务，可选择优先级调度算法，根据播放队列中任务的优先级进行播放。其中任务的优先级根据管理员的优先级设定和统计数据中任务的浏览量、浏览用户数、浏览时长等依次比较计算。

5 测试

在测试时，将组件库相关模块移除，使用jQuery搭建简单的任务配置框架，任务配置的业务逻辑与新系统相同，模拟传统播控系统任务配置流程。

5.1 任务配置流程测试

(1) 单一任务性能测试

测试流程：上传多组图片、音频、视频素材，使用一张图片素材构建模板组件，将其他图片、音频、视频合理地分配在模板组件各个位置，并保存成单模板任务；在传统播控系统中使用相同的素材、方式，重复上述流程构建单模板任务。

预期结果：忽略用户输入、点击和思考的时间，对素材上传时间、素材加载时间、任务保存时间等进行统计。本系统与传统播控系统相比较，在素材上传时间上大致相同，在素材加载速度和任务保存时间上本系统较快。

测试结果见表1。

由表1中的数据可知，基于组件化的设计方案，在组件初始加载时，需要一定的时间，但后续的素材加载时间和任务保存时间均基于组件执行，因此时间很短，总体上本系统的配置效率比传统播控系统高出一倍以上。同时，由于传统播控系统在素材加载上占用过多时间，因此该效率比随着素材的增多而提升。

(2) 批量处理性能测试

根据多模板任务对原有任务进行关联的配置思路，通过复制、编辑、组合等操作进行较大数据量的批量处理性能测

表1 任务配置时间测试

系统	素材上传时间 (s)	组件加载时间 (s)	素材加载时间 (s)	任务保存时间 (s)	总时间 (s)
传统系统	2.54	0	5.40	2	9.94
本系统	2.53	0.2	0	0.50	3.23

试，检验系统对大量内容类似任务的配置效率。

测试流程：通过以上方式，在传统播控系统和本系统上分别执行5个、10个、20个、50个、100个任务的配置操作，对配置时间进行统计。

预期结果：本系统的任务批量处理基于任务间的数据关联进行，任务量的增加会线性增加请求的次数，但服务器的数据处理时间不会呈线性增长；传统播控系统对任务的批量处理能力较弱，批量处理时间会随任务量的增加呈线性增长。

将测试结果按折线图的形式展示，如图4所示。

图4中，横轴数据为任务数，单位为个，其中一个任务和两个任务的测试数据使用单一任务和多模板任务测试结果；纵轴为使用时间，单位为s。可以看出，本系统在任务的批量处理性能提升上效果明显，稳定性很高。在任务量变的较大时，由于任务配置时间增加较慢，而请求数目呈线性增长，因而任务配置时间可忽略不计，总时间随着任务量的增大逐步上升。

5.2 交互请求压力测试

测试流程：在Mock服务中使用循环调用的方式持续向服务器中发送弹幕和评论请求并输出日志信息，依次增加请求量，测试前端和服务器端工作效果，通过比较日志记录时间和前端接收时间计算延迟。

预期结果：在带宽范围内，前后端工作正常，前端弹幕和评论显示延迟在1s以内。其中弹幕、评论延迟主要为请求发送延迟和为处理并发数据而人为设置的消息队列造成的0.5s延迟。

测试结果如图5所示。

图5中，横轴为请求量，单位为个；纵轴为延迟时间，单位为s。可以看出，由于消息队列机制，在数据量较小时，延迟保持在0.5s左右；在请求量增加时，请求时间增加，延迟线性增长为0.8s左右；在请求量增加到一定量后，即超出消息队列空间时，请求分多个包发送，每个包的延迟

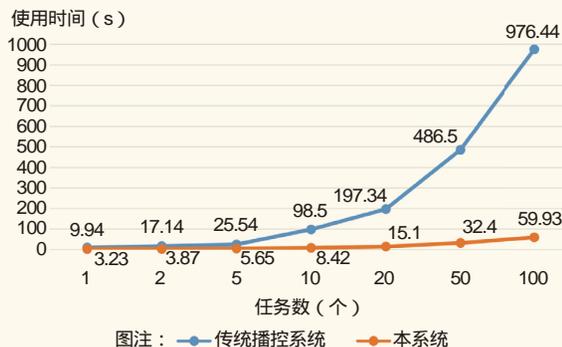


图4 播控系统批量处理性能比较



图5 播控系统交互信息延迟测试

基本稳定在0.8s左右。通过测试得出，系统总体上可以保持稳定运行，1s内的交互请求延迟在弹幕和评论等互动类型操作中可以接受。

6 总结

针对播控系统的功能和性能需求，设计以可视化组件作为播控系统技术支撑的方案。利用可视化组件灵活、便捷、易维护、易拓展的特点，以及其与播控系统良好的相容性，对传统播控系统架构进行重构，使播控系统在用户体验和性能、性能上都有极大的提升。

测试证明，可视化组件技术不仅能够应用于播控系统，且能更好地满足播控系统的功能需求。同时，由于组件库的支撑，播控系统的工作效率极大提升。尤其在大批量任务的配置中，该技术带来的性能提升是传统播控系统的几十倍，且随着任务量的增加而不断提升。另外，系统在稳定性上的提升也颇为显著，在硬件设备支持的情况下，无论任务量如何提升，系统延迟均能维持在稳定且较低的数值上。

参考文献

- [1] 于含迪. 新媒体环境下的集成播控平台研究[J]. 西部广播电视, 2017(10)
- [2] 钱浩然. SVG格式地图的改进规则[J]. 电子世界, 2015(20)
- [3] 王成, 李少元, 郑黎晓. Web前端性能优化方案与实践[J]. 计算机应用与软件, 2014, 12
- [4] 张应刚. 视频点播系统中高性能流调度算法的研究[D]. 重庆理工大学, 2011
- [5] Gary Anthes. HTML5 Leads a Web Revolution[J]. Communications of the ACM, 2012, 55(7)

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

迪普科技中标中国移动2018-2019年抗DDoS产品集采

近日，中国移动公布了2018-2019年抗DDoS产品集采招标结果：迪普科技包揽了全部两个标段的第一名，并且均获得了70%的份额，本次采购总规模也是中国移动抗DDoS产品集采历史上最高的一次。

至此，迪普科技凭借领先的产品技术和过硬的产品质量，成为唯一一家连续三年成功入围中国移动抗DDoS产品集采的厂商。同时，在较早公布的2018-2019年IPS集采中，迪普科技也顺利入围，成为今年唯一同时入围中国移动抗DDoS和IPS集采的厂商。

未来，迪普科技将在产品技术上继续追求精益求精，深耕抗DDoS市场，不断满足用户需求，为用户提供更简单、智能、安全的产品及解决方案。

Intel等主流处理器爆出多个高危漏洞威胁系统安全

近日Intel处理器爆出多个芯片级高危漏洞，包括2个熔断漏洞（Meltdown）和1个幽灵漏洞（Spectre），相关漏洞编号为CVE-2017-5753、CVE-2017-5715和

CVE-2017-5754。随着研究深入，发现不止是Intel处理器，AMD和ARM甚至每一个1995年后的处理器都存在这些漏洞，漏洞可以被利用获取用户的账户、密码、密钥等重要信息。

漏洞产生原因和漏洞利用涉及到处理器的高级优化技术。漏洞成因方面：熔断漏洞在于处理器的乱序执行特性，幽灵漏洞在于处理器的预测执行特性。乱序执行是指处理器可以改变待执行指令片段的执行顺序，以提升性能。处理器会尝试乱序执行指令片段，执行完成后处理器会检查当前的乱序是否合理，若合理可继续执行后续其他指令，否则会回滚到执行前的处理器状态，重新按顺序执行指令。预测执行是指处理器可以预测分支并提前执行相关指令，以提升性能。若实际流程和预测的分支相符，分支指令就得到了提前执行，若与预测不相符，处理器会回滚到分支执行之前的状态。不论是乱序执行还是预测执行，产生回滚都只会回滚处理器状态，并不会回滚处理器内部缓存的数据。漏洞利用则注意到了这一点，通过读取回滚后的缓存，间接读取到内核和受害进程的任意数据。这种特殊的读取处理器缓存数据的技巧被称为侧信道攻击（Side-channel attack）。利用上述漏洞，黑客可以绕过内存的安全隔离机制，读取到操作系统上敏感数据，进行数据泄露攻击。相关漏洞修补，请登录权威网站查询。

管线网络的评测和优化

陈秀锦¹ 王岩¹ 李英木² 陆雯怡¹ 杨峰¹ 祝遵坤¹ 何军委¹

1.中讯邮电咨询设计院有限公司上海分公司

2.中国联合网络通信有限公司上海市分公司

摘要 各运营商管线资源规模庞大,错综复杂,梳理优化困难,依托网络评测方法论,系统分析精准定位重点问题,通过管理流程和建设方案两方面进行优化,并有针对性地提出规范上联、光缆归并、存量盘活、光缆交接箱扩容4类优化方案。

关键词 基础架构 网络评测 管线优化 光缆交接箱

1 引言

经过多年建设,各大运营商的管线规模日趋增大,早期管线主要根据3G/4G等业务需求建设,缺乏统一规划。中国联通集团从2011年开始系统探索基础架构建设模式,2013年推广至全国规划建设。基础架构建设是一个系统性、持续时间较长的过程,在基础架构未完全成型的中间阶段,无法充分利用架构实现业务接入,势必存在部分不合理的管线建设情况。在架构成型后,存在早期存量管线资源与架构不符等问题。随着管线的不断建设,管孔占用率高与光缆纤芯利用率较低等问题日益突出,管线作为运营商宝贵的基础资源,进行系统的优化研究意义重大。

2 基础网络架构现状

基础网络架构整体分为核心层、汇聚层、接入主干层、用户配线层。基础网络架构如图1所示。

核心层:核心节点指移动网交换局、城域网IP核心节点、传输核心节点、骨干网等核心设备所在机房。核心层光缆指核心节点—核心节点间的光缆,以网状结构为主。

汇聚层:汇聚节点指传输汇聚节点、IP网汇聚节点等汇聚设备所在机房。汇聚层光缆指核心节点—汇聚节点、汇聚节点—汇聚节点间的光缆,以环形结构为主。

接入主干层:综合业务接入点指综合业务接入区内小范围业务收敛节点,包括集中设置BBU/OLT/传输二级汇聚等。接入主干光缆分为一级接入主干光缆、二级接入主干光缆。一级接入主干光缆(调度环)指汇聚—综合业务接入点、综合业务接入点—综合业务接入点间光缆;二级接入主

干光缆(配线环)指综合业务接入点—主干光缆交接箱、主干光缆交接箱—主干光缆交接箱间光缆。

用户配线层:接入点主要指网络末端业务接入点,包括宏站、室分、大楼、小区、大客户等。用户配线光缆指主干光缆交接箱/综合业务接入点—接入点间光缆。

3 管线网络评测分析

网络评测是在前期试点城市形成的方法论基础上,对现网开展系统全面的分析研究,依托试点城市网络评测重点问题分析报告梳理出的影响网络成本效益典型问题,以及中国联通网络评测手册,精准定位提升投资效益的重点区域、重点问题,并针对性地制定优化方案,达到改善投资效益的目标。

以某本地网为例,对架构、主干光缆模块进行全面评测,重点分析综合业务接入区规范上联情况、主干光缆容量与业务站点规模匹配情况、主干光缆纤芯利用率、接入距离、单站造价及光缆交接箱利用率等方面。

综合业务接入区规范上联情况:每个区选择1个典型综合业务接入区,梳理其中所有的业务接入情况,并与主干光缆、主干光缆交接箱、综合业务接入点等共同绘制成图,统计整理每个业务点上联方式、接入光缆长度,并与基础架构对比,分析已有上联方案是否合理,有无优化改善空间。以某综合业务接入区为例,对现网约100个业务点梳理分析后,共发现21个不规范上联业务点,其相应路由用红色突出表示,并根据评测思路制定相应优化方案。综合业务接入区规范上联分析示例如图2所示。

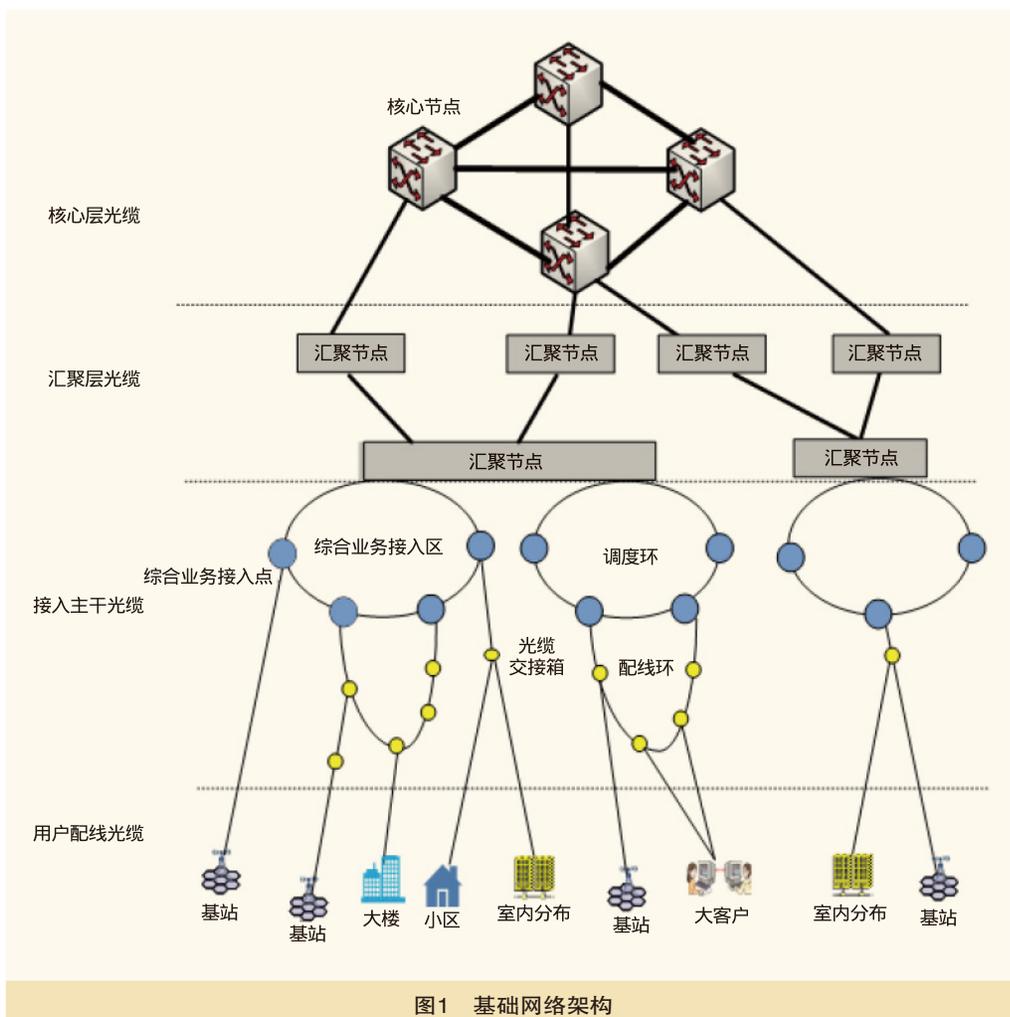


图1 基础网络架构



图2 综合业务接入区规范上联分析示例

主干光缆容量与业务站点规模匹配情况：按汇聚区分别梳理统计主干光缆出局芯数、已用芯数、宏站、室分、宽带

用户、大客户等，并与本地网平均值及实际情况对比分析。以某本地网为例，实际宏站拉远比例高，RRU未级联，单4G站拉远需占用6芯主干光缆，3G/4G均拉远需占用12芯，室分以不拉远为主，芯数需求以2芯为主；宽带用户分光比以1:64为主，实占率约60%；单客户占用1芯，大客户占用2~4芯。

主干光缆纤芯利用率、接入距离、单站造价：采用三维度四象限分析法（横轴为平均接入距离，竖轴为主干光缆利用率，红色字体为单站造价高于平均值，黑色字体为单站造价低于平均值），以各区域为分析对象，按本地网、市区、郊区分别横向对标量化分析，定位存在问题的重点区域，

有针对性展开深入分析。三维度四象限分析法如图3所示。

主干光缆交接箱利用率：梳理全量主干光缆交接箱的利用率，结合主干光缆使用情况、周边业务情况，进行优先级排序。

通过系统梳理，分类归纳总结发现以下重点问题。

(1)管孔占用率过高，重点区域超过90%，主干光缆利用率较低，平均25%。通过进一步研究分析，主要存在两大类情况：已建设完善的综合业务接入区内，部分业务点上联不规范，未按照架构目标进行优化改造；部分业务量大的重要道路铺设多条小芯数光缆，占用大量管孔资源。

(2)一级接入主干光缆（调度环）中，随着综合业务接入点逐步建成，破坏加点，导致原有调度环部分段落资源浪费。

(3)主干光缆交接箱利用率高，现网部分存量小芯数光缆交接箱利用率高，无法满足业务需求。

究其原因，主要由以下两方面造成。

管理方面：管线项目审核不严，评审流程审核需加强，同时评审依托的资源管理系统功能不尽完善，部分管线数据

不合理，功能模块不完善。

存量待优化方面：部分上联不合理，多条光缆未归并，光缆交接箱收敛能力不足。

4 管理流程优化

管线资源的日常管理维护、资源调度分配离不开系统的支撑，完善的管理流程制度、系统功能支撑是管线合理建

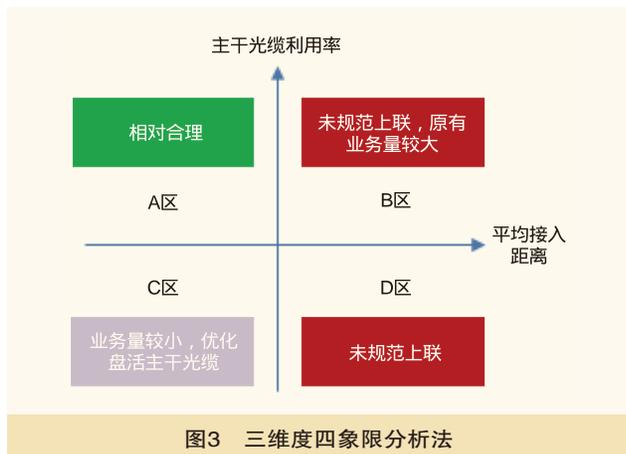


图3 三维度四象限分析法

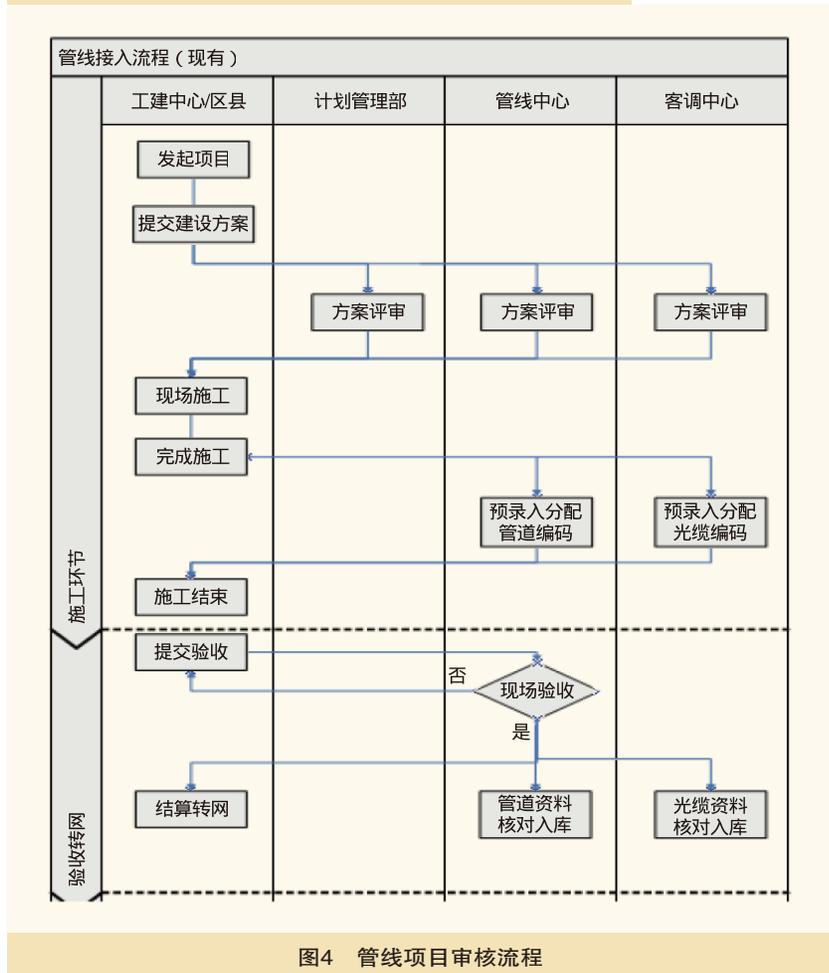


图4 管线项目审核流程

设、合理使用、高效维护的基础。

4.1 完善制度设计

以某本地网为例，目前管线项目建设涉及所有区县和工建中心，内容繁杂，审核难度大，在方案设计和审核中不同程度存在项目经理对项目方案疏于管理、建设单位内部审核把关不严等问题。

管线项目审核流程如图4所示。虽然管线接入审核流程包括市公司各部门客户响应、管理维护、计划建设，但相关部门对管线建设合理性审核把关较弱。需进一步完善管线项目评审流程，并量化建设效果评估，具体需完善以下几个方面。

(1)客户响应、管理维护加强审核力度，明确分工，深度参与。

客户响应部门重点审核优先利旧废弃光缆、就近上联等提升光缆利用率的建设原则执行情况，并审核业务上联点资源是否满足业务需求。管理维护中心重点审核优先利旧管道、优先使用自建和共建管道等方面的情况，在不具备管道条件下优先自建管道，不满足自建条件时再提交管道购买申请。

(2)计划部加强事中监管，定期通报。

抽查项目必要性和方案合理性，审核建设规模合理性，将预算准确性纳入考核体系，并定期通报。

(3)建立事后问责制度。

加强对建设单位和设计单位的事后问责，若出现光缆建设不合理不规范行为，则追责相关单位建设责任，并定期统计通报各建设单位被退单情况，将统计结果纳入考核。

(4)建立投资CVI模型量化建设效果评估。评估模型见表1。

定期开展指标评价，横向对标改善情况，并设立劳动竞赛和专项奖励，激励保障落地。

4.2 完善资源管理系统

资源管理系统作为管线项目审核、资源申请调度配置的重要平台，现网资源的录入均为人工操作，难免出现纰漏，同时资源的申请使用和线上状态信息更新存在一定滞后。需逐步完善、核实基础数据，健全资源录入和使用制度，及时更新光缆状态（验收等）和信息（长度、使用芯数），加强资源使用各个环节的管控，与

其他专业实现协同。

同时应进一步完善资源管理系统功能模块，增加模块录入管道资源标识、管孔数量、材料、启用日期等，增加系统统计性功能，并与规划、建设相匹配。

5 现网优化改造

根据网络评测定位出的4类重点问题：综合业务接入区内未规范上联、同一路多条小芯数光缆占用管孔资源过多、调度环破坏点后的资源浪费问题、主干光缆交接箱利用率高，结合网络实际情况，针对性提出4类优化方案。

5.1 业务规范上联

对于已建设主干光缆的综合业务接入区，进行存量业务梳理分析，将原有业务点直连综合业务接入点并进行优化调整，业务归属不变，调整上联方式，通过附近已建成的主干光缆交接箱收敛，利用二级主干光缆跳纤至综合业务接入点，回抽光缆，释放管孔资源。

以某区为例，安信生活广场已规划建设配线环，于三新北路文诚路口新立光缆交接箱。文诚路国税局业务点前期直接上联安信生活广场，通过业务梳理，光缆可回抽至该光缆交接箱，利用主干光缆跳纤至原上联点，业务归属不变。可释放2.5子孔公里管道资源，节省加排投资30万元，提升主干光缆资源利用率及盘活存量。规范上联示意如图5所示。

主干光缆中开口新建光缆交接箱，灵活用于业务接入，盘活主干光缆。

以某区为例，新增美隆大厦综合业务接入点，对原有主干光缆环破坏加点，造成真金一万荣间主干光缆闲置，考虑

指标类型定义	评价指标	指标定义
资源利用率	光缆利用率	芯公里利用率：占用芯公里数/总芯公里数 纤芯利用率：占用纤芯数/总纤芯数
	盘活管孔数	盘活管孔数：通过优化，释放的管道子孔数 区县和管理维护释放管孔以验收数据为准
接入能力	平均接入距离	平均接入距离：新建站点的接入光缆平均长度
	单站造价	单站造价：新建站点的管线接入造价

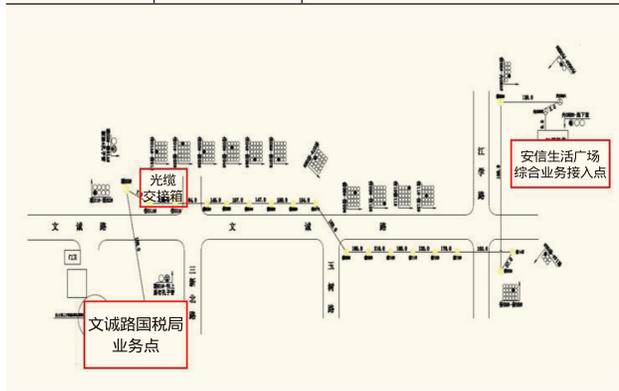


图5 规范上联示意

5.2 光缆归并，释放子孔

对存量主干管道及管孔占用情况进行梳理，对于定位结构不合理、管孔资源浪费的重点区域，结合主干光缆交接箱及主干光缆的资源情况，整合归并小芯数光缆，通过两侧主干光缆交接箱及大芯数光缆沟通，释放管孔资源。

以某区为例，某汇聚机房位于祥凝浜路，该路段连接东西两条主干道路，为汇聚机房出局道路，业务量大，重要性高。现网共有9根小芯数光缆用于业务接入，占用主干管道资源，造成汇聚机房出局管道资源受限，影响后续业务发展。

通过梳理排查，现网9根小芯数光缆可通过一根288芯的大芯数光缆归并整合，并在道路两侧新建1248芯光缆交接箱，回抽拆除管道光缆约7.2km，可释放盘活2个子孔，节省加排投资40万元。光缆归并示意如图6所示。

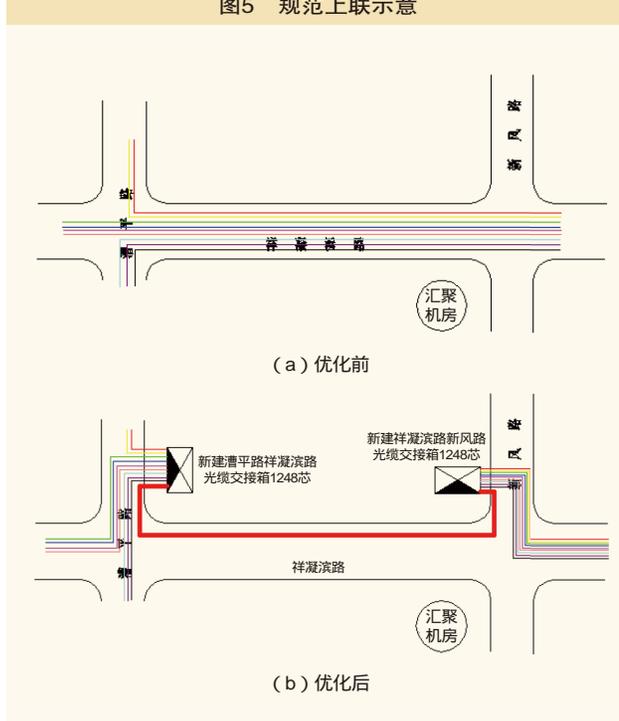


图6 光缆归并示意

5.3 调度环存量盘活

综合业务接入点的建设是一个逐步完善的过程，新增的综合业务接入点要纳入到已有的综合业务接入点主干光缆环中，需破坏加点，势必造成原有被破坏加点的光缆段落闲置浪费。结合实际业务情况，在业务密集区域，通过在闲置主



图7 主干光缆存量盘活示意

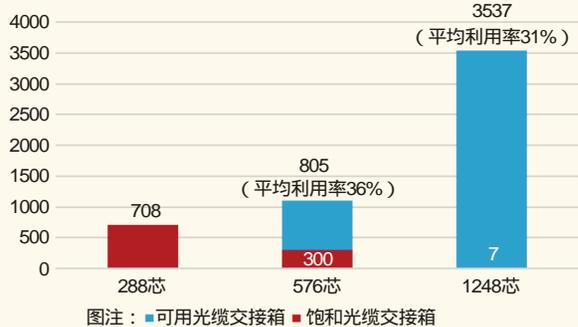


图8 主干光缆交接箱现状



图9 主干光缆交接箱扩容优化示意

到附近业务密集，将真金—万荣间光缆开口，新增1个主干光缆交接箱，用于收敛附近业务，盘活存量光缆资源。主干光缆存量盘活示意如图7所示。

5.4 主干光缆交接箱扩容

以某本地网为例，通过评测梳理，现网共有5357个主干光缆交接箱，其中288芯已全部饱和；576芯中有300个利用率超70%，接近饱和，剩余利用率36%；1248芯平均利用率20%。288芯光缆交接箱及部分576芯光缆交接箱收敛能力有限，需优化扩容改造。主干光缆交接箱现状如图8所示。

以福世特工业园所带的光缆交接箱环为例，此光缆交接箱环为早期建设，由288芯光缆交接箱组成。周边为城市工业园，业务密集，4个288芯光缆交接箱均已接近饱和，周边业务无法通过此段主干光缆跳接至福世特工业园，业务收敛受限，通过扩容改造4个288芯光缆交接箱，可盘活利用原有主干光缆，实现业务快速接入。主干光缆交接箱扩容优化示意如图9所示。

6 结束语

光缆和管道是运营商的基础战略资源，受限于市政因素及地理环境，尤其是过江、过铁路以及重要主干道路等，管线资源十分宝贵。通过网络评测，系统梳理优化管线资源，精准定位重点区域、重点问题，完善管理流程，优化不合理占用，释放管孔，盘活存量资源，提质增效，意义重大。

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

陈秀锦

硕士，毕业于上海交通大学，工程师，主要从事传输网工程咨询和工程规划设计工作。

王岩

硕士，毕业于南京邮电大学，高级工程师，主要从事传输网工程咨询和工程规划设计工作。

李英木

硕士，毕业于北京邮电大学，工程师，主要从事传输网工程咨询和工程规划设计工作。

陆雯怡

本科，毕业于上海交通大学，工程师，主要从事传输网工程咨询和工程规划设计工作。

杨峰

本科，毕业于南京邮电大学，工程师，主要从事传输网工程咨询和工程规划设计工作。

祝遵坤

硕士，毕业于重庆邮电大学，工程师，主要从事传输网工程咨询和工程规划设计工作。

何军委

本科，毕业于南京邮电大学，工程师，主要从事传输网工程咨询和工程规划设计工作。

2.3 郑州电信实施区域

郑州电信实施区域如图1所示，红色大圈为预选区域，其中CDMA和LTE两侧频点配置信息如下。

(1)CDMA侧频点部署情况：EV-DO为37、1019频点，1x为283、242、201频点

(2)LTE 800MHz频点部署情况：5MHz/中心频点2452。

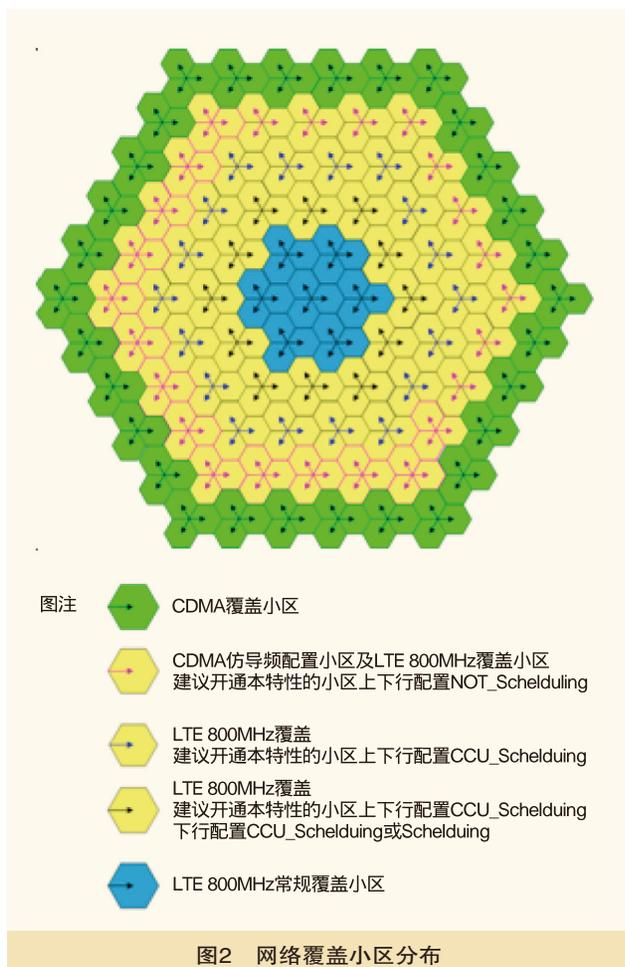
(3)图1中所圈区域LTE 800MHz小区均开启Bufferzone功能，总计10个基站、26个小区。

龙湖镇与市区3MHz边界区域LTE 800MHz小区均开启Bufferzone功能，总计9个基站、25个小区。

2.4 部署方案分析

网络覆盖小区分布如图2所示。

从开通区域现状来看，使用以下部署方案。



沿绕城高速公路以南华为LTE 800MHz区域，将原计划开通3MHz和隔离区开通3MHz的区域升级为5MHz网络；在绕城高速与市区交界附近，华为LTE 800MHz站点开启Bufferzone功能，避免与市区网络产生干扰。整体方案如图3所示。

3 实施效果验证

3.1 DT指标对比效果

CL零Bufferzone特性功能开启前后通过DT指标对比，上传速率由5.60Mbit/s提升至8.54Mbit/s，提升幅度52.51%；下载速率由7.24Mbit/s提升至12.53Mbit/s，提升幅度61.98%，DT数据在新功能开启后指标提升明显。参数修改前后对比见表2。测试覆盖轨迹如图4所示。

3.2 CQT指标对比效果

CL零Bufferzone特性功能开启前后通过CQT指标对比，远点、中点、近点测试指标均有不同程度改善，新功能开启后CQT速率指标提升明显。

选取Bufferzone参数实施前后的三个物理小区，通过三种场景：远点场景、中点场景、近点场景进行FTP上传，下载测试对比，每个场景测试10次取平均值，测试数据见表3。

3.3 KPI指标对比效果

3.3.1 LTE-KPI指标监控

CL零Bufferzone特性功能开启后，LTE网管指标监控显示小区流量和用户用量有不同程度增加，用户感知速率有明



表2 参数修改前后对比

对比项	RSRP (dBm)	SINR (dBm)	上传速率 (Mbit/s)	下载速率 (Mbit/s)	上传优良占比1	下载优良占比2.5	覆盖率
参数修改前	-90.26	9.62	5.60	7.24	66.69%	42.20%	72.22%
参数修改后	-89.68	11.36	8.54	12.53	79.25%	87.83%	93.58%

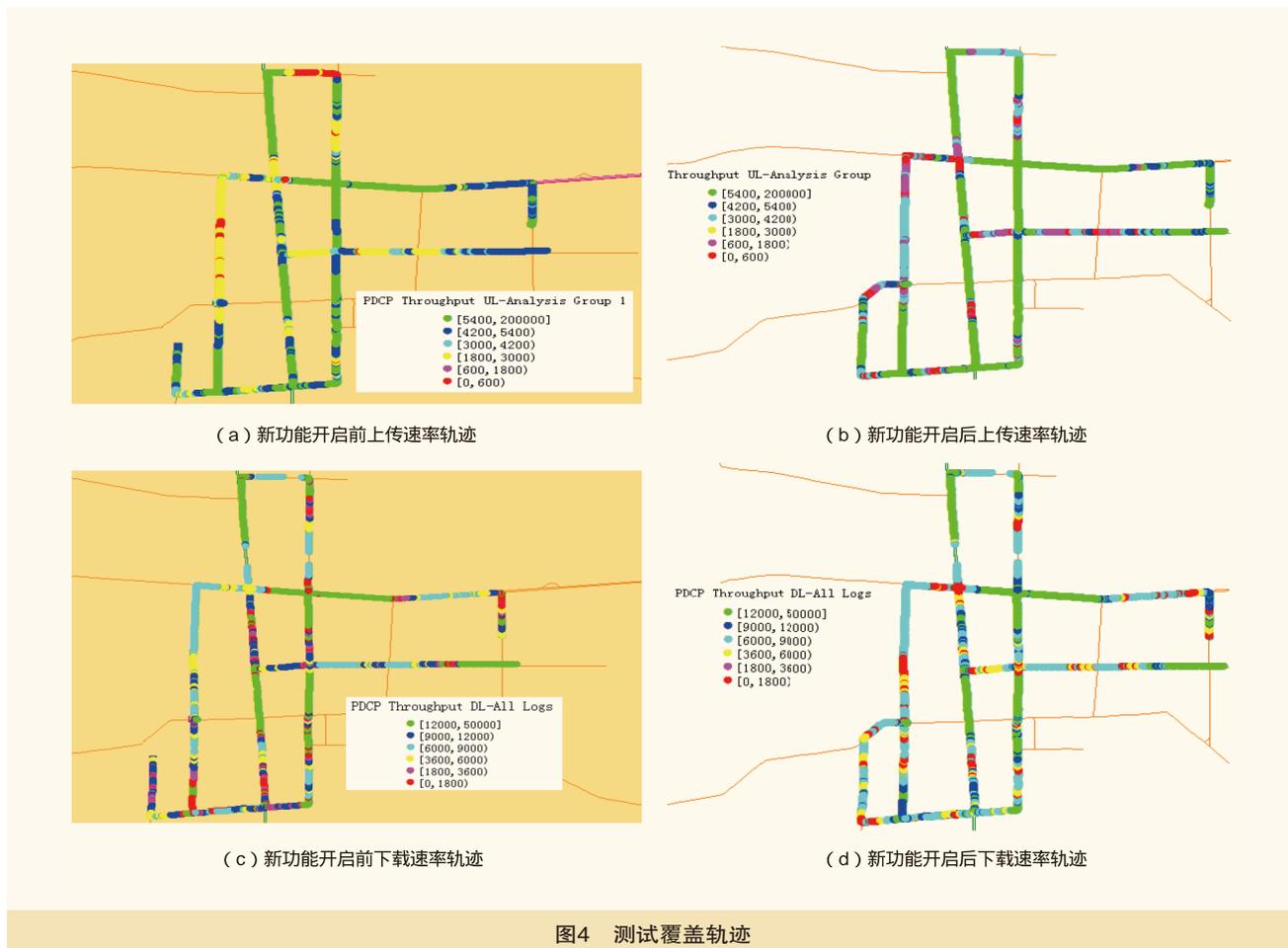


图4 测试覆盖轨迹

显改善，E-RAB建立成功率、掉线率和切换成功率基本保持稳定，具体见表4。

CL零Bufferzone特性功能开启后小区上下行吞吐量由82625.39Mbit/s提升至11418.13Mbit/s，吞吐量增加2792.75Mbit/s，提升幅度为32.38%；用户上下行吞吐量由8225.81Mbit/s提升至10981.51Mbit/s，吞吐量增加2755.70Mbit/s，提升幅度为33.50%，如图5所示。

CL零Bufferzone特性功能开启后用户上行感知速率由450.33kbit/s提升至682.27kbit/s，上行用户感知速率提升231.95kbit/s，提升幅度51.51%；特性功能开启后用户下行感知速率由1732.11kbit/s提升至3840.40kbit/s，下行用户感知速率提升2108.30kbit/s，提升幅度121.71%，具体如图6所示。

CL零Bufferzone特性功能开启前后平均E-RAB建立成功率由99.80%变化为99.83%，平均掉线率由0.18%变化为0.20%，指标变化幅度在可控范围内。特性功能开启后E-RAB建立成功率和掉线率趋势如图7所示。

CL零Bufferzone特性功能开启后平均同频切换成功率由99.16%变化为98.66%，平均异频切换成功率由96.66%变化为

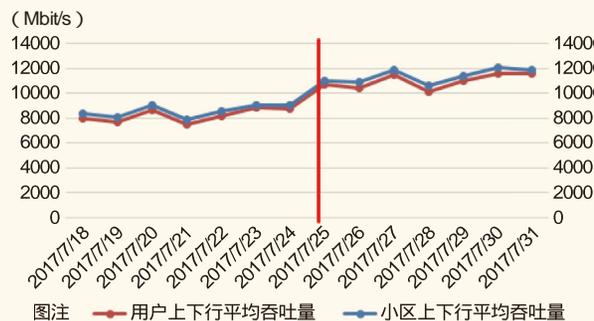


图5 特征开启前后流量指标趋势

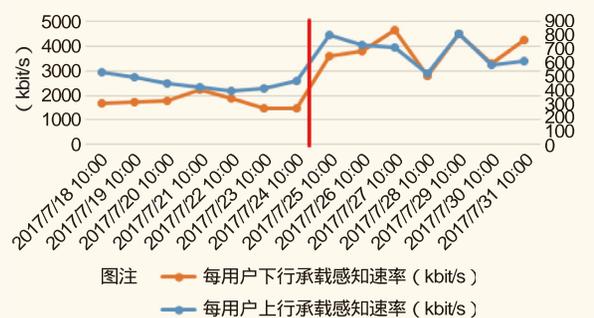


图6 特性功能开启后用户感知速率趋势

表3 Bufferzone参数实施前后测试数据

对比项	小区名称	远点			
		RSRP (dBm)	SINR (dBm)	上传PDCP层速率	下载PDCP层速率
参数修改前	龙湖吉美艺_2	-92.9	3.53	1.91	2.77
	龙湖毛海英卫生室_3	-93.3	4.06	2.11	3.5
	龙湖_3	-97.12	3.74	1.64	3.64
	平均值	-94.44	3.78	1.88	3.3
参数修改后	龙湖吉美艺_2	-91.4	4.12	2.5	4.35
	龙湖毛海英卫生室_3	-93.03	4.41	4.32	5.32
	龙湖_3	-96.83	4.16	2.37	5.49
	远点平均值	-93.75	4.23	3.06	5.05
	特性功能开启后效果	0.73%	11.90%	62.77%	53.03%
对比项	小区名称	中点			
		RSRP	SINR	上传PDCP层速率	下载PDCP层速率
参数修改前	龙湖吉美艺_2	-83	9.57	3.54	9.21
	龙湖毛海英卫生室_3	-86.3	10.62	4.97	9.34
	龙湖_3	-82.2	10.46	3.18	9.04
	平均值	-83.83	10.22	3.89	9.2
参数修改后	龙湖吉美艺_2	-82.12	10.12	6.26	12.92
	龙湖毛海英卫生室_3	-79.16	11.05	6.23	12.57
	龙湖_3	-81.32	10.12	5.05	12.93
	平均值	-80.87	10.43	5.85	12.81
	特性功能开启后效果	3.53%	2.05%	50.31%	39.24%
对比项	小区名称	近点			
		RSRP (dBm)	SINR (dBm)	上传PDCP层速率	下载PDCP层速率
参数修改前	龙湖吉美艺_2	-70.3	20.46	4.61	17.64
	龙湖毛海英卫生室_3	-64.8	20.33	4.44	18.27
	龙湖_3	-64.1	21.79	4.84	19.33
	平均值	-66.4	20.86	4.63	18.41
参数修改后	龙湖吉美艺_2	-70.27	21.51	9.21	26.23
	龙湖毛海英卫生室_3	-66.76	21.43	8.36	25.72
	龙湖_3	-63.23	22.19	6.64	26.35
	平均值	-66.75	21.71	8.07	26.1
	特性功能开启后效果	0.53%	4.07%	74.30%	41.77%

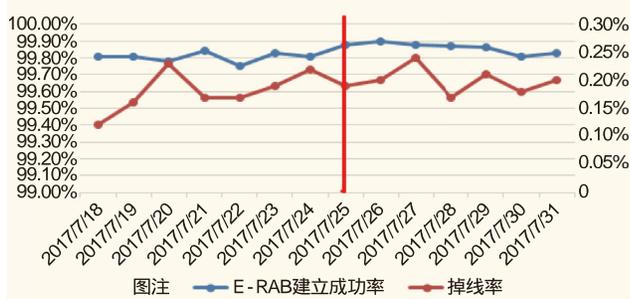


图7 特性功能开启后E-RAB建立成功率和掉线率趋势

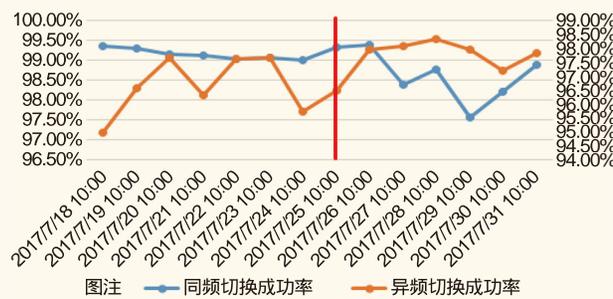


图8 特性功能开启后切换指标趋势

97.71%，指标变化幅度在可控范围内。

特性功能开启后切换指标趋势如图8所示。

3.3.2 CDMA-KPI指标监控

CL零Bufferzone特性功能开启后，CDMA网站点掉线率、建立成功率、连接成功率及切换指标有不同程度的负增长，波动范围在0.0025%~0.14%，总体指标比较平稳，

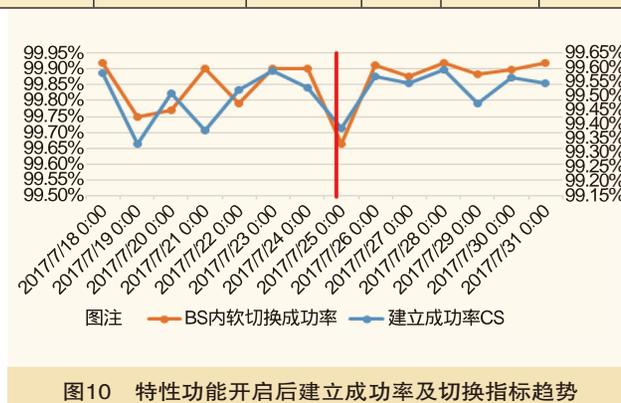
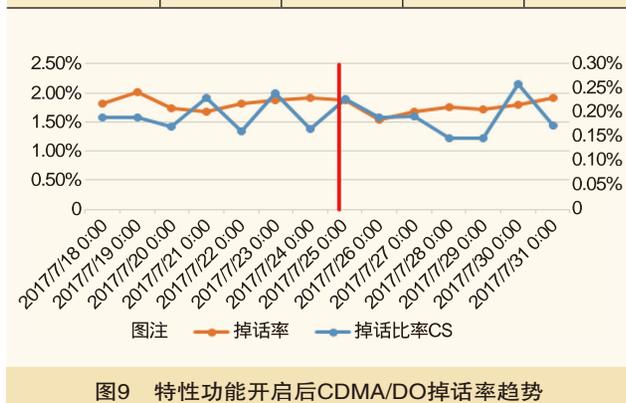
具体见表5。

CL零Bufferzone特性功能开启后CDMA及DO平均掉线率波动范围为0~0.07%，指标波动在可控范围内，指标稳定。特性功能开启后CDMA/DO掉话率趋势如图9所示。

CL零Bufferzone特性功能开启前后CS平均建立成功率由99.49%变化至99.52%，BS内平均软切换成功率由99.85%变化

表4 LTE-KPI指标

时间	小区上行平均吞吐量 (Mbit/s)	小区下行平均吞吐量 (Mbit/s)	用户上行平均吞吐量 (Mbit/s)	用户下行平均吞吐量 (Mbit/s)	每用户上行承载感知速率 (kbit/s)	每用户下行承载感知速率 (kbit/s)	E-RAB建立成功率	掉线率	同频切换成功率	异频切换成功率
2017/7/18 10:00	1787.16	14899.15	1704.37	14208.93	529.50	1651.40	99.81%	0.27%	99.38%	95.00%
2017/7/19 10:00	1612.53	14517.41	1537.83	13844.88	495.71	1725.37	99.81%	0.31%	99.32%	96.58%
2017/7/20 10:00	1805.80	16303.56	1722.14	15548.29	443.23	1758.73	99.78%	0.38%	99.16%	97.66%
2017/7/21 10:00	1523.21	14169.51	1452.64	13513.10	418.07	2211.72	99.84%	0.32%	99.12%	96.35%
2017/7/22 10:00	1692.83	15408.85	1614.41	14695.02	388.39	1853.33	99.75%	0.32%	99.05%	97.62%
2017/7/23 10:00	1915.69	16759.80	1826.94	15983.39	408.53	1473.03	99.83%	0.34%	99.06%	97.69%
2017/7/24 10:00	1856.33	16503.58	1770.33	15739.04	468.86	1451.16	99.81%	0.37%	99.02%	95.74%
新功能开启前平均指标	1741.94	15508.84	1661.24	14790.38	450.33	1732.11	99.80%	0.33%	99.16%	96.66%
2017/7/25 10:00	2428.95	19570.88	2564.91	18855.71	804.40	3577.96	99.88%	0.24%	99.33%	96.51%
2017/7/26 10:00	2547.41	19325.01	2190.44	18585.68	729.55	3781.10	99.90%	0.28%	99.39%	97.97%
2017/7/27 10:00	2622.47	21223.16	2645.66	20268.45	713.20	4670.20	99.88%	0.25%	98.40%	98.09%
2017/7/28 10:00	2413.31	18916.13	2104.77	18179.67	519.68	2770.14	99.87%	0.52%	98.79%	98.37%
2017/7/29 10:00	2628.85	20216.60	2497.98	19459.17	813.96	4512.70	99.86%	0.56%	99.57%	97.97%
2017/7/30 10:00	2561.29	21540.80	2490.03	20796.11	584.38	3299.71	99.61%	0.73%	99.21%	97.20%
2017/7/31 10:00	2518.61	21340.39	2525.49	20577.06	610.75	4271.00	99.83%	0.45%	99.91%	97.85%
新功能开启后平均指标	2531.56	20304.71	2431.33	19531.69	682.27	3840.40	99.83%	0.43%	99.23%	97.71%
新功能开启后效果	789.62	4795.87	770.09	4741.31	231.95	2108.30	0.03%	0.10%	0.07%	1.05%



至99.87%，指标波动在可控范围内，指标稳定。特性功能开启后建立成功率及切换指标趋势如图10所示。

CL零Bufferzone特性功能开启前后主分集平均RSSI由

-103.66dB变化为-103.58dB，分集RSSI由-105.09dB变化为-105.03dB，指标波动在可控范围内，指标稳定。特性功能开启后RSSI指标趋势如图11所示。

表5 CDMA-KPI指标

时间	掉话比率CS	掉话率	建立成功率CS	BS内软切换成功率	主集RSSI (dBm)	分集RSSI (dBm)
2017/7/18 10:00	0.19%	1.81%	99.58%	99.92%	-104	-105.35
2017/7/19 10:00	0.19%	2.01%	99.33%	99.75%	-103.81	-105.23
2017/7/20 10:00	0.17%	1.73%	99.51%	99.77%	-104.26	-105.6
2017/7/21 10:00	0.23%	1.68%	99.38%	99.9%	-102.47	-103.94
2017/7/22 10:00	0.16%	1.81%	99.52%	99.79%	-104.12	-105.59
2017/7/23 10:00	0.24%	1.87%	99.59%	99.9%	-103.49	-105.07
2017/7/24 10:00	0.16%	1.91%	99.53%	99.9%	-103.47	-104.84
功能开启前指标	0.19%	1.83%	99.49%	99.85%	-103.66	-105.09
2017/7/25 10:00	0.23%	1.88%	99.39%	99.66%	-103.88	-105.47
2017/7/26 10:00	0.19%	1.54%	99.57%	99.91%	-103.68	-105.15
2017/7/27 10:00	0.19%	1.68%	99.54%	99.88%	-104.36	-105.72
2017/7/28 10:00	0.15%	1.76%	99.59%	99.92%	-104.15	-105.56
2017/7/29 10:00	0.15%	1.72%	99.47%	99.88%	-103.73	-105.12
2017/7/30 10:00	0.26%	1.79%	99.56%	99.9%	-101.06	-102.5
2017/7/31 10:00	0.17%	1.92%	99.54%	99.92%	-104.23	-105.7
功能开启后指标	0.19%	1.76%	99.52%	99.87%	-103.58	-105.03

表6 CL零Bufferzone新功能开启前后LTE关键指标变化

时间	小区上行平均吞吐量	小区下行平均吞吐量	用户上行平均吞吐量	用户下行平均吞吐量	每用户上行承载感知速率	每用户下行承载感知速率
特性功能开启前平均指标	870.97Mbit/s	7754.42Mbit/s	830.62Mbit/s	7395.19Mbit/s	450.33kbit/s	1732.11kbit/s
特性功能开启后平均指标	1265.78Mbit/s	10152.36Mbit/s	1215.66Mbit/s	9765.85Mbit/s	682.27kbit/s	3840.40kbit/s
特性功能开启前后指标变化	394.81Mbit/s	2397.94Mbit/s	385.04Mbit/s	2370.66Mbit/s	231.95kbit/s	2108.30kbit/s
特性功能开启前后指标变化幅度	45.33%	30.92%	46.36%	32.06%	51.51%	121.72%

表7 CL零Bufferzone新功能开启前后CDMA网关键指标变化

时间	掉话比率CS	DO掉线率	建立成功率CS	BS内软切换成功率	主集RSSI	分集RSSI
特性功能开启前平均指标	0.19%	1.83%	99.49%	99.85%	-103.66dBm	-105.09dBm
特性功能开启后平均指标	0.19%	1.76%	99.52%	99.87%	-103.58dBm	-105.03dBm
特性功能开启前后指标变化	0	-0.07%	0.03%	0.02%	0.08dBm	0.06dBm
特性功能开启前后指标变化幅度	0	-3.83%	0.03%	0.02%	-0.08%	-0.06%

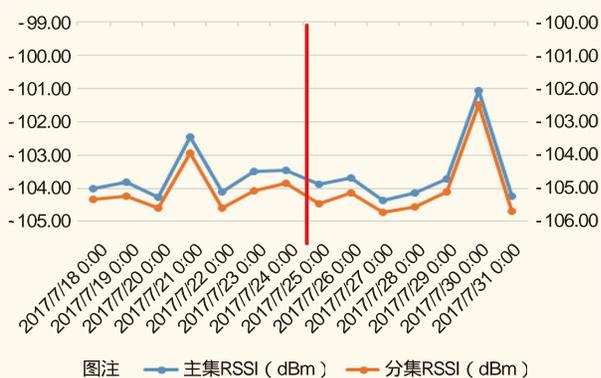


图11 特性功能开启后RSSI指标趋势

4 实施效果

4.1 4G用户感知明显提升

特性功能开启后，小区上下行吞吐量由82625.39Mbit/s提升至11418.13Mbit/s，吞吐量增加2792.75Mbit/s，提升幅度为32.38%；用户上下行吞吐量由8225.81Mbit/s提升至10981.51Mbit/s，吞吐量增加2755.70Mbit/s，提升幅度为33.50%。

特性功能开启后，用户上行感知速率由450.33kbit/s提升至682.27kbit/s，上行用户感知速率提升231.95kbit/s，提升幅度51.51%；用户下行感知速率由1732.11kbit/s提升至3840.40kbit/s，

(下转81页)

应用LTE定向切换技术提升高铁用户感知

谭娟娟 邓 巍 唐天彪

中国联合网络通信有限公司重庆市分公司

摘要 为降低高铁LTE网络公网影响,减少高速用户切换次数,提升切换成功率,降低业务掉线率,提升RRC重建成功率,在渝万高铁实施LTE网络用户定向切换方案,对性能指标及实测指标进行验证,结果表明各项指标均有明显提升。

关键词 软串联自组织网络 高速用户识别 定向切换

1 研究背景

随着重庆经济的持续快速发展,城市化进程不断加快,高铁交通的发展已成为解决市民出行问题的必要手段。受地势影响,高铁交通场景颇具特点,如弯多坡陡、多桥梁和隧道等,给高铁交通的优化带来巨大的挑战。渝万高铁线路全长247.2km,覆盖的场景包括高铁线路、高速和城镇等典型区域,全线4G采用同频组网,存在较多场景穿城而过,与公网存在较多的交集,切换关系复杂,影响用户感知。

为提升渝万高铁切换成功率,减少高速用户切换次数,提升高铁用户感知,同时不影响低速用户感知,在渝万高铁垫江至万州段实施定向切换优化方案。

2 优化方案及实施步骤

2.1 定向切换技术

(1)软串联组织

高铁同频组网是指运营商网络中高速小区与低速小区同频组网,并且高速小区同时覆盖高速用户和低速用户的组网场景。该场景下高速小区要同时兼顾高速用户与低速用户,在特性、参数、QoS等方面要同时考虑高速用户和低速用户,不能达到最优。软串联自组织基于用户识别和高铁识别,分场景进行差异化管理策略,尽可能同时满足高速用户和低速用户的需求。

在实际网络中,高铁的运行轨迹都是固定的,高铁用户在高速区域经过的小区顺序都是一致的。对于某个高速小区而言,大部分场景下,高铁用户前后仅有一个目标小区,这种专网中的部分小区链型组网称为软串联或逻辑串联,前后的高铁小区与当前小区称为软串联小区。串联邻区是特指同

频软串联小区相互之间的邻区,软串联小区与公网小区之间的邻区为正常的邻区。软串联小区示意如图1所示。

(2)同频定向切换

高铁公网组网场景下,受到周边低速小区的干扰程度大,容易出现误切换的情况。同时,由于需要照顾公网用户,因此容易出现切换参数过于保守导致切换过晚而掉话的情况。因此对于高铁用户,设定特定的软串联参数及切换参数,使高铁用户能从前一个软串联小区快速切换到下一个软串联小区,提升切换成功率及用户感知,该方案即为定向切换。

定向切换的实现原理是软串联小区根据设定的高速率门限对接入的用户进行属性判断,当接入用户初始属性判断为高速时,使用高速切换参数。如果速度状态变为低速,则使用与大网相同的低速切换参数。在不影响低速用户的情况下,达到降低高速小区切换失败的概率和RRC重建的概率,提升高速用户的切换成功率的目的。

2.2 定向切换实施步骤

渝万高铁实施定向切换优化方案,高铁运行速率一般超过200km/h,用户移动速率高于150km/h时被判断为高速用户,定向切换主要针对匹配速率、高速门限、软串联小区设定、高速用户识别相关参数及X2接口自更新6个方面进行参数调整,实现定向切换功能,其技术实现逻辑示意如图2所示。

具体实施步骤如下。

(1)匹配速度的优化功能开启

通过开启基于速度的特性总开关,可使用高速用户专属

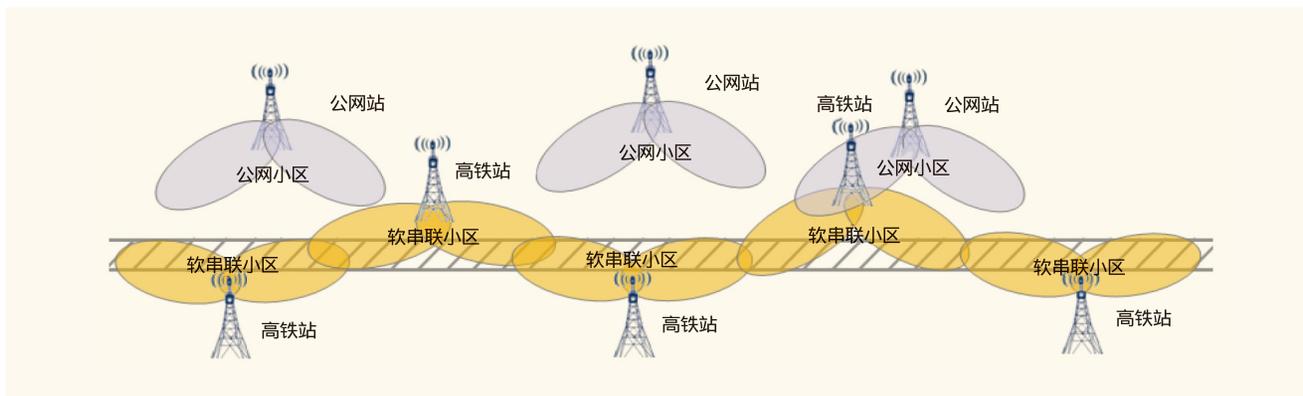


图1 软串联小区示意

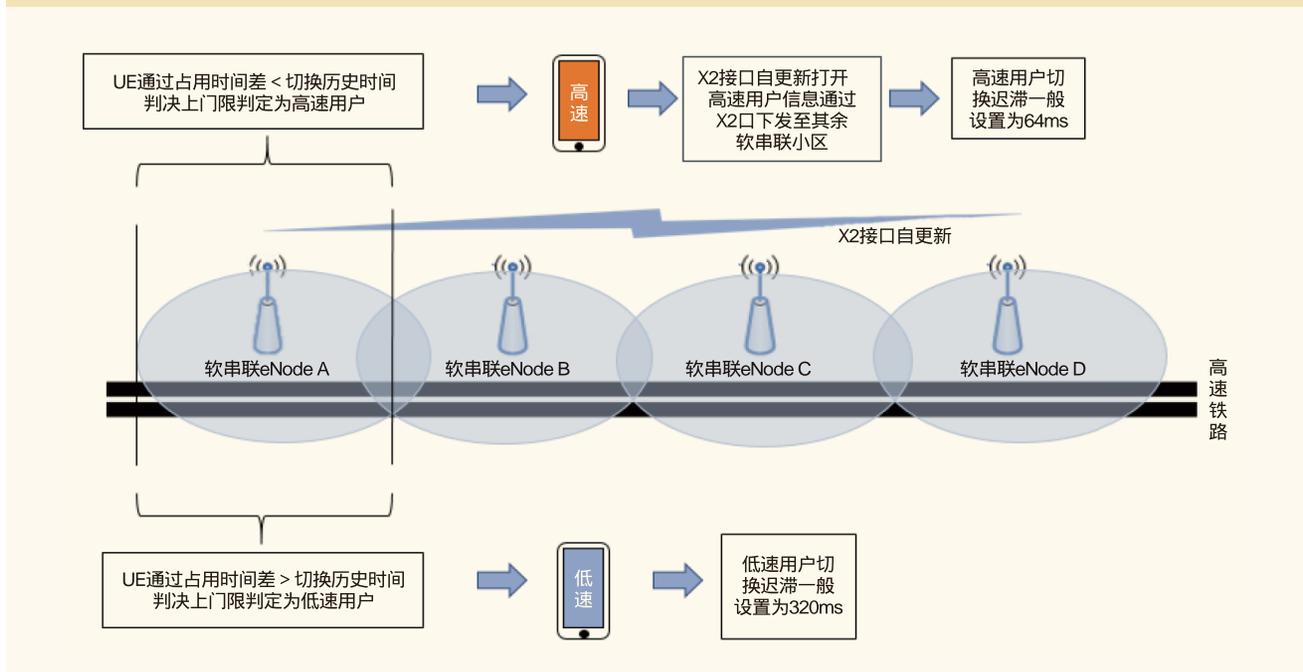


图2 定向切换技术实现逻辑示意

特性，其中定向切换为高速用户专属特性之一。该开关的打开是高速用户定向切换生效的前提。

(2)高速门限设定

该参数表示高速用户的判别门限，通常设置当UE速度高于150km/h时，用户被判断为高速用户，否则用户被判断为低速用户。该参数是高速用户识别的参考标准之一。

(3)高速用户同频切换时间迟滞设定

对于判断为高速用户的UE，使用与低速用户不同的切换迟滞（高速用户切换迟滞一般设置为64ms，低速用户切换迟滞一般设置为320ms），加快高速用户切换速度，降低掉线概率，减少RRC重建。

(4)软串联小区设定

通过梳理高铁线路切换关系，定义软串联自组织网络，

表1 定向切换实施前后一周指标对比

对比	掉线率	RRC重建成功率	同频切换成功率
开通前	0.18%	58.13%	99.35%
开通后	0.14%	61.41%	99.44%
提升量	0.04%	3.27%	0.08%

具体做法是将服务小区的前后两个小区设置为软串联小区，设置高速用户特定CIO，生成软串联自组织网络。

(5)切换历史时间判决上门限设定

设置高速用户在小区内停留的最大时间门限，若用户在小区内停留的最大时间小于该值，则认为该用户为高速用户，否则识别为低速用户。用户切入的小区通过X2接口读取

表2 定向切换实施前后路测指标对比

对比	路段	4G覆盖率 (SINR ≥ -3dB & RSRP ≥ -105dB)	RSRP (均值) (dB)	SINR (均值) (dB)	PDCP_Throughput_DL (Mbit/s)	切换次数	双流占比	专网占比	掉线次数
开通前	垫江-万州北	97.04%	-84	11.5	37.1	115	66.40%	97.21%	0
开通后	垫江-万州北	97.11%	-84	12.5	40.3	101	69.40%	97.45%	0
提升量		0.07%	0	1	3.2	14	3.00%	0.24%	0

UE在源小区停留的时间,即可实现高低速用户的判别,识别准确率在95%以上。切换历史时间判决上门限计算,如高铁时速最小200km/h,小区覆盖距离1km,UE在该小区内停留的最大时间为 $1/200 \times 3600 = 18s$ 。

(6) X2接口自更新打开

X2接口主要用于eNodeB之间的交互,打开X2接口的自更新功能,源小区可将用户高低速属性传递到下一个小区,实现高速用户信息在软串联小区的传递。

2.3 定向切换效果验证

于2017年6月21日9:00实施定向切换方案,实施后从KPI指标及路测数据两个方面进行效果验证,两方面指标均改善明显。

(1) KPI指标

提取渝万高铁定向切换路段实施前后一周KPI指标并进行对比,各项指标均有不同程度改善。业务掉线率改善0.04%,RRC重建成功率改善3.27%,具体见表1。

(2) 路测指标

对比渝万高铁实施前后路测指标,平均SINR提升1dB,下行速率提升3.2Mbit/s,切换次数下降12.2%,具体见表2。

(上接78页)

下行用户感知速率提升2108.30kbit/s,提升幅度121.71%。CL零Bufferzone新功能开启前后LTE关键指标变化见表6。

4.2 对CDMA网性能影响可控

CS掉线率保持不变,DO掉线率改善0.07%,CS建立成功率波动0.03%,BS内软切换成功率波动0.02%,主集RSSI波动0.08dBm,分集RSSI波动0.06dBm,各项指标基本稳定,波动处于可控范围。

CL零Bufferzone新功能开启前后CDMA网关键指标变化见表7。

4.3 有助于提高切换成功率

CL零Bufferzone特性功能将LTE 800MHz隔离带的3MHz

3 结束语

高铁场景相对于普通场景来说更为复杂,高速带来频率偏移等不利因素的影响,对终端及网络侧的解码提出更高的要求。从验证结果来看,实施高速用户定向切换方案后,KPI指标及路测指标均有不同程度的提升,使高铁用户的业务感知有了一定程度的提升。

参考文献

[1] 韩志刚.LTE FDD技术原理与网络规划[M].北京:人民邮电出版社,2012

[2] 华为技术有限公司.LTE无线网络基础特性介绍[Z].2013

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

谭娟娟

硕士,中级通信工程师,从事无线网络系统优化工作。

邓巍

硕士,高级通信工程师,从事无线网络优化系统支撑平台规划与建设工作。

唐天彪

硕士,通信工程师,从事无线网络系统优化工作。

带宽改为5MHz,大量减少LTE 800MHz异频切换,有助于提高切换成功率。

4.4 降低隔离带规划难度

由于CL零Bufferzone方案降低对隔离带站点的要求,方便隔离带的规划,使用方案后只需要注意以下两个事项。

(1)由于隔离带小区使用5MHz带宽,增加容量,降低站点选择的条件。

(2)只需要规划5MHz带宽的LTE 800MHz与LTE 1.8GHz以及LTE 2.1GHz的异频切换。

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

基于移动视频的网络感知评测分析

郑正广 袁鹏

中讯邮电咨询设计院有限公司

摘要 以移动视频为分析对象,构建下载速率和移动视频关键指标之间的关系,并对网络感知能力进行多维度评测,为全面提升视频业务体验提供数据指导作用。

关键词 移动视频 下载速率 平均码率 感知体验

1 引言

在国家“提速降费”政策的号召下,中国联通与众多互联网厂商合作推出一系列低价格、大流量号卡产品,充分满足年轻用户看视频直播等需求,并消除流量资费贵等痛点,以切实行动着力推动视频产业繁荣发展。移动视频不同于传统的有线宽带视频业务,其最大特点在于网络移动性和时间碎片化。为了增强用户感知体验,中国联通以4G网络为载体,在市区及5A景区等重点场景建立超卓视频网,真正实现全方位立体化保障感知体验。

2 移动视频概况

2.1 流量占比

通过分析华为SEQ平台4G网络协议大类流量,可以得出视频流量占比已达49.8%,其次为网页浏览15.8%和文件传输6.3%,即时通信占比5.4%。随着智能手机的快速普及和国家“提速降费”政策的逐步落实,移动视频潜力将得以释放,流量占比将进一步提高。

2.2 应用分布

移动视频流量按照具体的客户端应用分类进行统计,如图1所示。由图1可知腾讯视频占比最高,达到72%,一方面在于腾讯视频受众面广,视频内容丰富;另一方面,腾讯与中国联通开展优势业务互补战略合作推出的腾讯王卡也为腾讯视频的普及做出积极贡献。其次为快手应用,短视频以及直播等业务充分满足时下年轻用户群体的热门需求。

2.3 时间分布

以小时为颗粒度采集4G网络各小区视频流量数据,汇

总分析不同时间段视频流量的走势曲线,如图2所示。可以看出,视频流量在全天存在两个较为明显的波峰,即12:00和23:00,从5:00开始视频流量快速增长,到达12:00次波峰后呈现下降趋势,而后缓慢上升至23:00主波峰,最后急速下降至波谷,其走势与人们日常行为习惯较为类似。

2.4 地理分布

以2017年6月1-11日4G网络基站级数据为分析对象,通过统计各基站日均视频用户数和日均视频流量绘制相应的地理分布热力图,如图3所示。按照流量由高到低排序,将累计占比达到Top 50%的4G基站定义为高流量区域,其他区域则定义为低流量区域,用户层面区域划分同理。可以看出,移动视频主要集中在密集市区,不仅用户数较多而且流量较高,对于此类区域需重点保障业务感知,尤其是高负荷区域应做好容量预警及扩容工作。然而流量和用户并非始终匹配,部分区域虽然流量较高但用户数较少,主要为城中村以及郊区中专技校等。受互联网B21号卡产品的推广影响,尤其是腾讯王卡,移动视频流量得以快速释放,流量主要聚集区域呈现出以原有热点区域为中心向周边扩散的迹象。

3 网络感知评测

为了评估网络感知性能状况,以移动视频为观察对象,通过考察感知指标间的关系协助判断视频业务质量,以此为依据对网络感知质量的优化和提升提供数据支撑作用。

3.1 关键指标

移动视频质量依据华为VMOS标准可知主要取决于视频

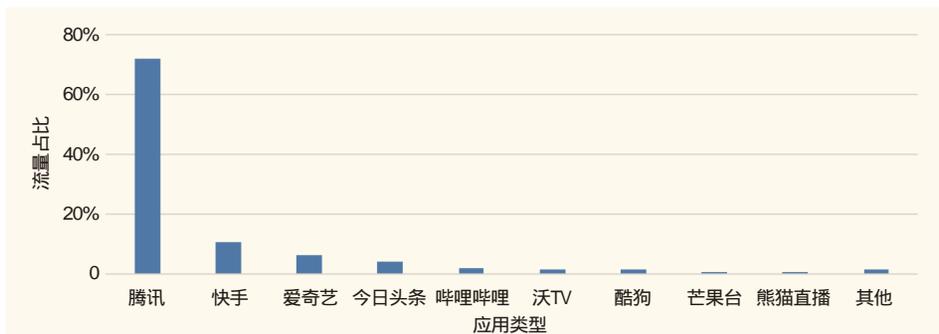


图1 不同应用视频流量占比

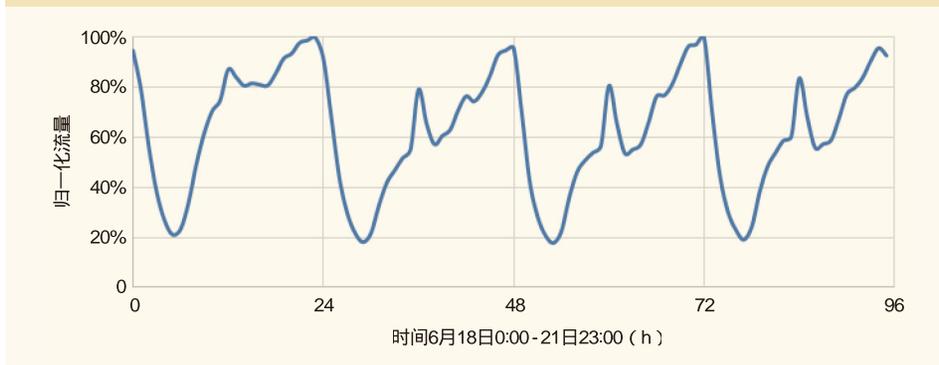


图2 不同时间点归一化视频流量走势

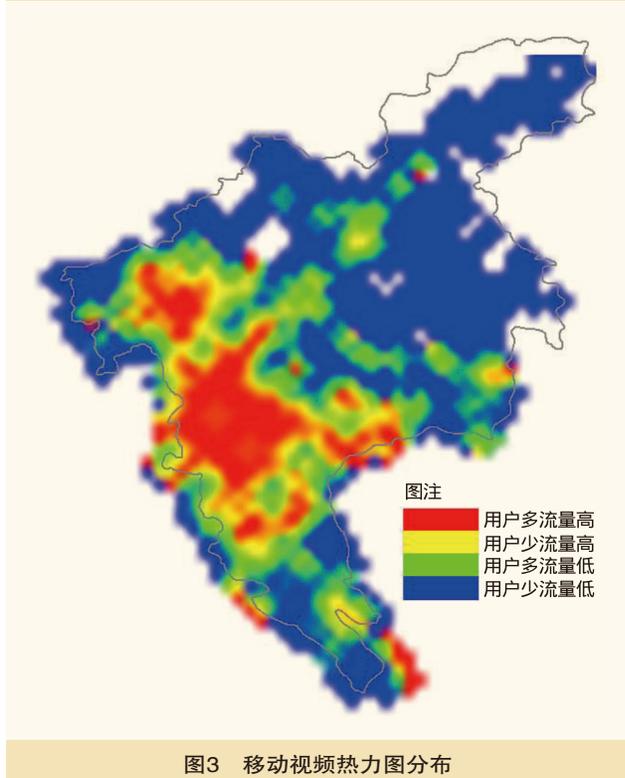


图3 移动视频热力图分布

源质量、视频交互质量和视频观看质量。其中视频源指标包含视频分辨率、视频码率、编码信息等，直接影响画面的清晰度。视频播放过程体验可分为交互体验和观看体验，交互

体验如点播行为可由加载启动时间决定；观看体验则取决于视频应用所采用的技术原理和损伤表现形式，如目前主流OTT移动视频客户端多采用TCP进行业务传输，此时画面损伤将以卡顿等形式体现。

当用户点击视频播放时，为了避免网络拥塞导致延时卡顿，通常会先进行初始缓冲过程，即在播放之前提前下载一定的数据量存入缓冲区。在播放过程中，下载新数据量的同时会逐渐消耗缓冲区中的存量，当缓冲区中的数据跟不上码率时会出现卡顿等现象。这意味着视频播放体验主要受视频平均码率、下载速率和初始缓存过程等指标影响。从无线网角度来看，最为重要的则是视频下载速率，而视频源质量

通常由平均码率决定，为了更好地评价移动视频感知质量，定义速率码率比这一指标为视频下载速率与平均码率之比。

选取2017年6月1-11日该市4G网络移动视频指标数据，以天为颗粒度进行统计汇总，可得全网平均速率码率比为2.1，大于或等于1.3的样本数占比87.3%，大于或等于1.6的占比72.2%。进一步将全市区域按照所属场景及行业进行微网格划分，可以看出，高速公路及5A级景区的速率码率比普遍较高，说明该类场景下4G网络覆盖指标较好，且总体负荷较轻。高等院校及城中村等场景速率码率比并不突出，但视频用户数及流量均较高。而作为市内主要交通工具的地铁场景，虽然用户和流量均靠前，但速率码率比却较差，说明用户感知体验并不流畅，这与室分覆盖信号穿透损耗较大及用户并发率高存在较大关系。

3.2 指标评测

(1) 零卡顿占比

以速率码率比为自变量、零卡顿占比均值为因变量绘制散点图，如图4所示，可见零卡顿占比为速率码率比的单调增函数。

若超卓视频网零卡顿占比目标值为95%，对应的速率码率比为1.3，此时停顿频次为0.05次/min。这就意味着当视频下载速率为视频源平均码率的1.3倍以上时，几乎无卡顿现

象,可获得良好的观看体验。对于分辨率较低的视频源,速率码率比可以更为宽松,在1.1~1.3倍即可。全网速率码率比均值为2.1,对应的零卡顿占比为97%,说明卡顿现象在现网环境下并非主要矛盾。

(2)初始缓存时延

视频交互体验在启动时需要数据预先缓存,初始缓存时延由两部分组成:业务准备时延和初始缓存下载时延,其中业务准备时延主要受端到端RTT和服务器-客户端交互机制影响。当初始缓存数据量一定时,初始缓存下载时延由初始缓存峰值下载速率决定,而该速率与网络带宽、信噪比、收发端天线数目等空中接口因素有着较强的关系。

初始缓存实际上是一个突发过程,通常发生在视频启动或点播时,需要在指定时间完成与平均码率成正比的数据量下载。当RTT增大时,预留给初始缓存下载的时延将减小,此时对峰值下载速率的要求将提高。绘制初始缓存时延与速率码率比散点图,如图5所示。可以看出随着速率码率比的增长,缓存时延呈现下降趋势,且这种缓存时延并不会无限减少,最终极限将取决于RTT时长。

(3)RTT时延

目前主流的移动视频来源为OTT客户端,其采用的协议通常为TCP/IP。在启动视频播放前,需要进行一定数据量的初始缓存,然后进入稳定播放阶段,受空中接口带宽、传输技术、传输网、终端侧等影响制约。当下载速率不达标或者数据报文出现丢包时,TCP将会触发反馈重传机制,导致播放画面出现停顿,直到下载后缓存数据满足播放条件为止。对于实时性较高的业务,如现场直播,缓冲结束后将继续播放停顿前的画面,导致延迟,最终降低用户感知体验。TCP建链时延与速率码率比散点图如图6所示,无线侧影响较大,且随着速率码率比的增加呈现下降趋势,而服务器侧TCP建链时延在20ms左右小幅波动。

减少移动视频启动时的缓冲时长,关键在于降低端到端RTT时延。从图6可以看出,下行PRB利用率大于80%后,终端侧RTT时延快速增加。初始缓冲峰值速率越高,对应的RTT时延越低,用户可以直观感受到TCP端的缓冲时延减少,提高感知体验。对于感知较差的区域,通常由于空中接口速率受限或者卡顿导致,尤其是弱覆盖及高负荷区域。针对弱覆盖信号质量较差的问题,可以通过新建基站或者网络优化改善信噪比,而高负荷区域容量不足则可通过引入高阶调制、载波聚合等技术提高峰值速率以降低缓冲时延。除空中接口因素外,网络架构对于端到端RTT的影响较大,例如可通过传输优化或CDN下沉等措施降低RTT,从而提高用户视频感知体验。

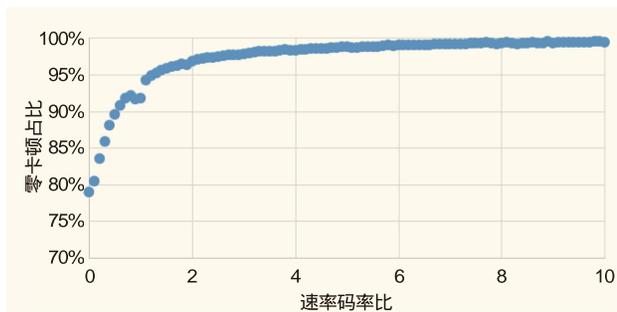


图4 零卡顿占比与速率码率比之间的关系

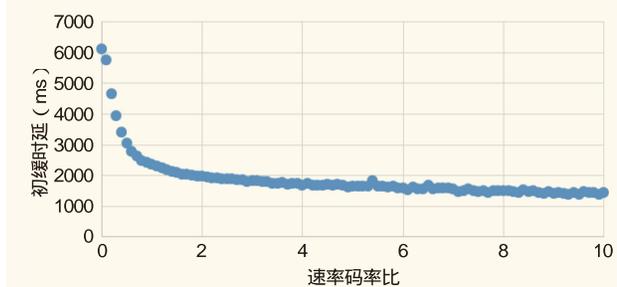


图5 初始缓存时延与速率码率比之间的关系

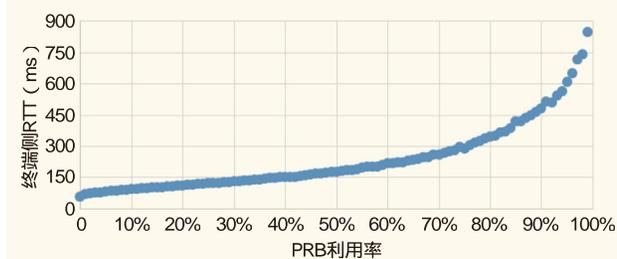


图6 RTT时延与PRB利用率之间的关系

参考文献

- [1] 李福昌,张忠皓,李一喆,等.4G移动视频网络指标体系与网络建设方案研究[J].邮电设计技术,2017(4)
- [2] 张家辰,刘浩.移动视频体验质量的量化评价模型[J].计算机工程与应用,2017,53(12)
- [3] 张鹏,程乔,唐金辉.基于大数据"流片累积算法"移动视频业务感知评估优化[J].邮电设计技术,2017(2)
- [4] 安瑞虹,叶青,蔡子龙.移动互联网视频业务带宽需求研究[J].邮电设计技术,2015(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

郑正广

硕士,工程师,主要从事移动通信算法及大数据分析工作。

袁鹏

本科,高级工程师,主要从事无线网络规划及设计工作。



新型移动互联网业务质量分析模型构建方法及应用

吴 熹 王仕波

中国电信股份有限公司重庆分公司

摘要 研究端到端二维移动互联网业务质量分析模型，从LTE网络协议层和LTE EPC网络结构两个维度描述影响移动业务的关键因素，构建业务质量分析模型和评估指标体系，量化移动业务质量评价标准，同时基于层次化的指标评估体系，可以准确实现业务质量问题的定界判断，提升用户投诉处理和业务故障处理的效率和质量，对于打造精品网络具有重要作用。

关键词 业务质量分析模型 评估指标体系 问题定界 投诉处理

1 引言

随着4G网络建设和移动互联网业务的快速发展，4G网络承载的业务类型越来越丰富，网络资源负荷越来越高，特别是人流聚集的热点场景业务繁忙，网络负荷高，业务质量和用户感知劣化严重，用户投诉量增多，保障4G网络移动互联网业务质量，构建端到端业务质量分析模型和评估指标体系，提升业务质量分析处理的方法，对于提高4G网络运营质量具有重要意义。

2 4G业务质量模型和指标体系构建

构建移动数据业务质量模型是端到端业务质量分析和评估的重要方法，其从用户角度观察评估业务使用的综合效果。端到端4G业务运行在异构通信网络中，业务流程涉及多种网络类型、网络设备以及不同网络协议栈。业务质量从端到端角度体现异构网络共同作用的效果，对任何单一网络性能和设备性能的评估都不足以解决和分析业务质量问题，因此传统无线网络性能指标和分析方法无法准确分析、解决业务质量问题。需要建立新型端到端业务质量模型和分析评估方法，有效解决热点区域业务质量和用户感知问题。

2.1 4G业务质量分析模型建立

4G业务质量模型应从端到端角度建模，业务从终端到应用服务器完整的传输过程和运行机制，同时模型能够清楚刻画业务运行的网络分段和协议层次。根据4G网络体系构架

和业务传输流程，构建一种二维4G业务质量分析模型，从网元维度、协议维度两个维度反映业务端到端质量特征以及内部分段网络和协议的影响。网元维度反映业务传输过程中分段网元与业务质量的关系，涉及的网元包括：用户终端、4G网络（RAN+EPC）、互联网络、SP网络；协议维度反映在ISO 7层网络协议体系下，4G网络中端到端业务质量的影响因素。

二维业务质量模型清晰地展示端到端业务质量与网元性能的影响关系，以及网络协议栈在各网元中的承载情况。从模型结构可以看到，业务运行过程中具备端到端特征的协议簇包含应用层协议和TCP/UDP层协议。这两层协议都是完整地运行在用户终端到SP服务器之间，同时应用层协议直接承载用户业务，因此评估应用层协议性能可以有效评估业务层质量。TCP/UDP反映端到端传输性能，是业务性能分析的重要依据。在模型纵坐标轴中的空中接口协议和IP运行在不同网络段落中，可以用于表征不同的网元性能。二维端到端业务质量分析模型如图1所示。

2.2 业务分析指标体系构建和测量

根据业务质量模型构建业务质量评估指标体系，用于量化分析业务质量。业务评估体系的构建需要反映业务模型端到端特征，同时利用现有数据采集处理系统进行指标测量和计算。业务运行过程可以根据时间先后顺序划分为多个独立阶段，根据二维业务质量模型每个阶段都涉及不同的网元和协议，构建各阶段的

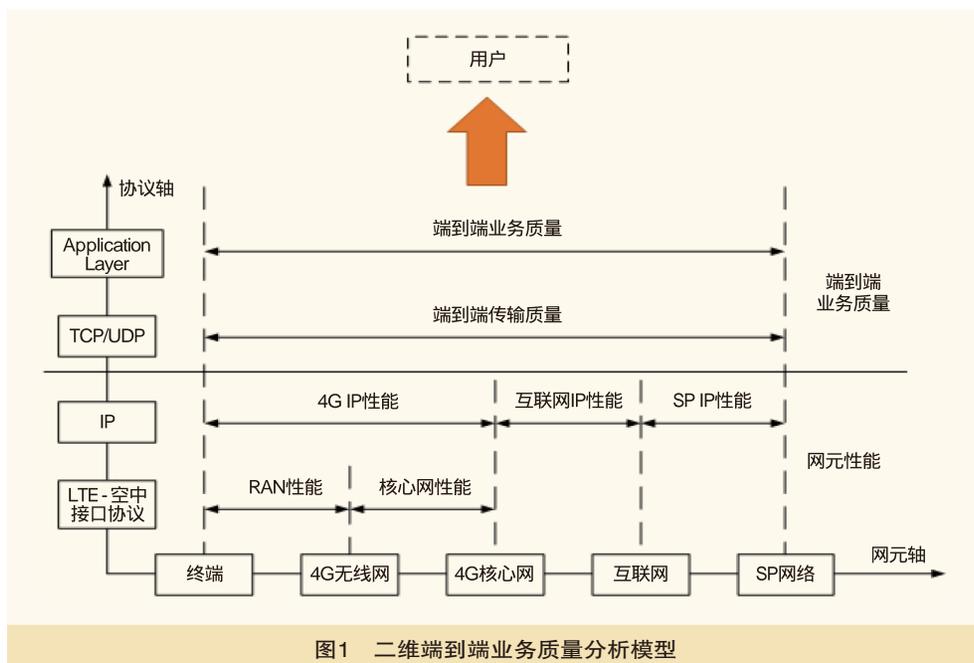


图1 二维端到端业务质量分析模型

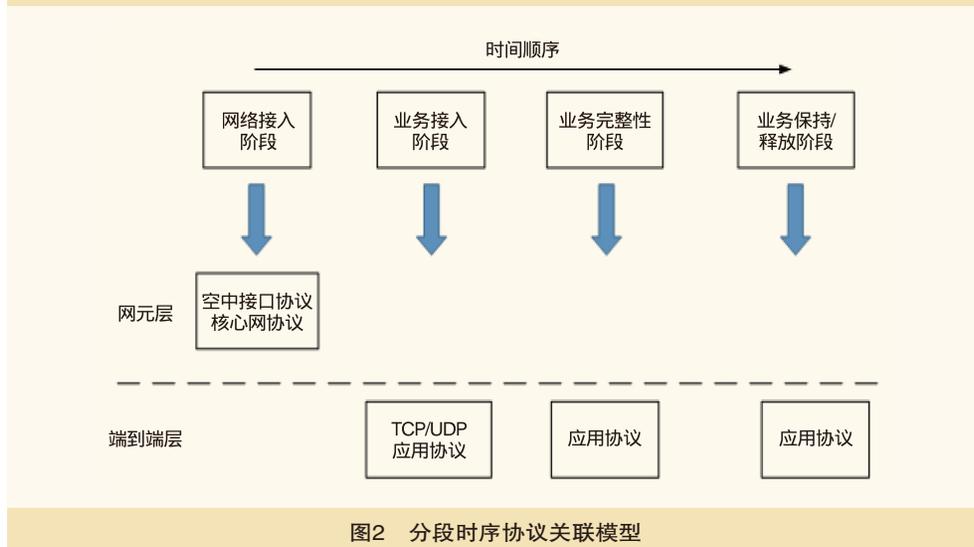


图2 分段时序协议关联模型

评估指标。分段时序协议关联模型如图2所示。

2.2.1 业务接入阶段

当用户通过终端UI界面进行业务操作时，业务便进入接入阶段，业务接入部分质量是用户感知最重要的影响因素。从时序关系上，业务接入阶段包括：LTE网络接入阶段和会话接入阶段（DNS查询、TCP接入、业务接入），这两个子阶段的接入性能都将影响用户对业务接入阶段的感知质量。这里需要说明的是，在LTE空中接口链路已经建立的情况下，业务接入阶段只包括会话接入部分，同时DNS查询阶段也是影响会话接入质量的重要阶段，业务接入阶段包含两项指标：IP网络接入成功率（%）和会话接入时延（ms）。

$$\text{会话接入成功率}(\%) = \frac{\text{IP}_{\text{接入成功的尝试次数}}}{\text{IP}_{\text{接入的尝试次数}}} \times 100$$

会话接入时间（ms）

$$= T_{\text{会话接入成功}} - T_{\text{会话接入开始}}$$

2.2.2 业务传输阶段

该指标从用户角度定义从业务建立到业务结束阶段的传输质量，业务完整性直接影响用户使用体验和业务质量，如页面打开完整性、语音和视频清晰度。由于完整性指标定义与业务类型密切相关，本阶段定义两项指标：数据传输完整率和数据完整传输时间，二者定义传输过程的完整性，从端到端角度反映端到端业务的使用特征。

数据传输完整率（%）

$$= \frac{\text{业务完整传输次数}}{\text{业务接入成功次数}} \times 100$$

数据完整传输时间

$$(\text{ms}) = T_{\text{会话释放}} - T_{\text{会话接入成功}}$$

2.2.3 业务保持阶段

该指标从用户角度定义业务使用过程中的释放状态，会话是用户主动发起释放还是非用户主观行为，具有会话状态的业务其保持阶段性能对用户感知影响较大，异常业务中断会严重降低用户感知，常见的语音中断率、VT业务中断率都是

衡量业务保持阶段释放质量的重要指标。业务保持阶段定义“业务中断率”指标以衡量业务保持性能。

$$\text{业务中断率}(\%) = \frac{\text{业务中断次数}}{\text{业务接入成功次数}} \times 100$$

2.3 业务质量综合评估指标

当前大部分移动互联网业务都采用HTTP方式实现端到端应用。在端到端业务的使用过程中，业务初始接入质量、业务传输完整性对用户感知影响最为重要。这里主要定义两个综合平均指标：业务可用性和业务完整性，用于评估端到端业务质量。根据业务分段时序模型，其中业务可用性指标与网络接入阶段、业务接入阶段有关，业务完整性指标与业务传输阶段、业务保持阶段有关。业务综合评价指标体系如

图3所示。

业务可用性：从用户角度综合反映业务端到端访问接入质量，主要受4G网络接入性能、IP网络接入性能，以及SP服务器接入性能影响。用户在成功接入业务后，才能进行后续使用。

业务可用率=LTE无线网络连接成功率×会话接入成功率

业务完整性：从用户角度综合反映业务端到端使用性能，主要受业务传输性能和业务保持性能影响。

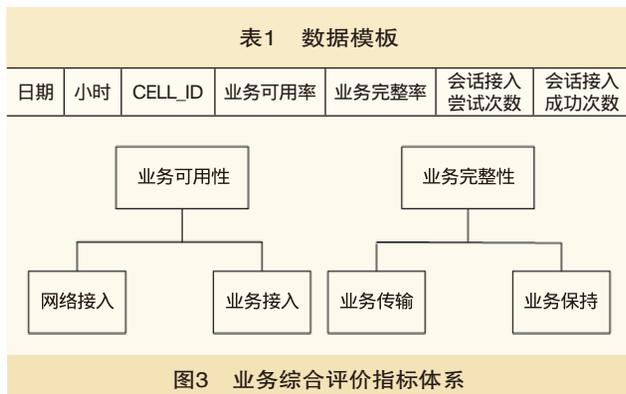
业务完整性=数据传输完整率×(1-业务中断率)

3 业务质量模型应用和案例分析

夏季避暑度假区用户聚集程度高、流量大，是网络业务监控保障的重点区域，将业务指标分析模型应用于避暑度假区的日常监控保障工作，有助于完善业务质量的应用方法，包括监控指标选择、异常门限分析、告警规则制定等内容，提升业务质量分析和处理能力。

3.1 监控指标选择

业务质量监控指标应该能够全面反映端到端的业务质量，准确表征业务质量异常问题，根据业务指标体系将业务



质量综合评估指标（业务可用性和业务完整性），作为小区业务质量监控指标。

3.2 指标门限

确定指标异常门限值是监控保障机制中的一项重要工作，合理的指标门限有助于及时有效地发现业务质量问题。针对本次业务质量监控工作，以提升异常问题发现的准确性为目标，采用数值分析的方法，分析一个评估周期内4G网络评估指标的概率分布、分布特征等关键特征值，拟合出指标的概率密度函数，根据指标评估确定的置信度纳入概率密度函数，得到监控指标的异常门限值。

(1)原始数据处理

取一周7×24h度假区4G小区DPI话单和无线CDR话单，完成数据清洗后，为确保指标数据可靠性，选取会话接入尝试次数大于20的小区作为评估网元，生成小时维度网元级指标值，数据模板见表1。

(2)数值分析

对业务可用率、业务完整率两项指标进行数值分析，获取指标值的概率密度分布，提取关键概率特征参数，考虑在一定置信度区间上得到满足置信要求的指标门限值。

• 业务可用率

业务可用率指标取值范围为[45.7%,100%]，概率密度函数分布如图4所示。概率密度分布中值为95.61%，概率值的分布以中值为对称轴（不考虑100%指标点），分布规律符合高斯分布的特征，分布标准差 $\delta=3.29$ 对应的指标取值为92.32%，置信度为95%的指标取值为82.46%，相当于 4δ ，相对于标准正态分布 1.96δ 位置处的置信区间为95%，指标值的概率密度函数底部更加宽大，收敛性较差。本次指标门限值取 3δ 位置处，其置信度为92.5%，对应指标值为85.6%，将其作为业务可用率监控异常门限值，低于85.6%的指标值可判断为异常指标。

• 业务完整率

业务完整率指标取值范围为[63.44%,100%]，分布集中度明显好于业务可用率，其中指标值为100%的概率达到11%，指标概率密度函数分布如图5所示。概率密度分布的中值为97.58%，概率密度值以中值为对称轴（不考虑100%指标点），分布规律基本



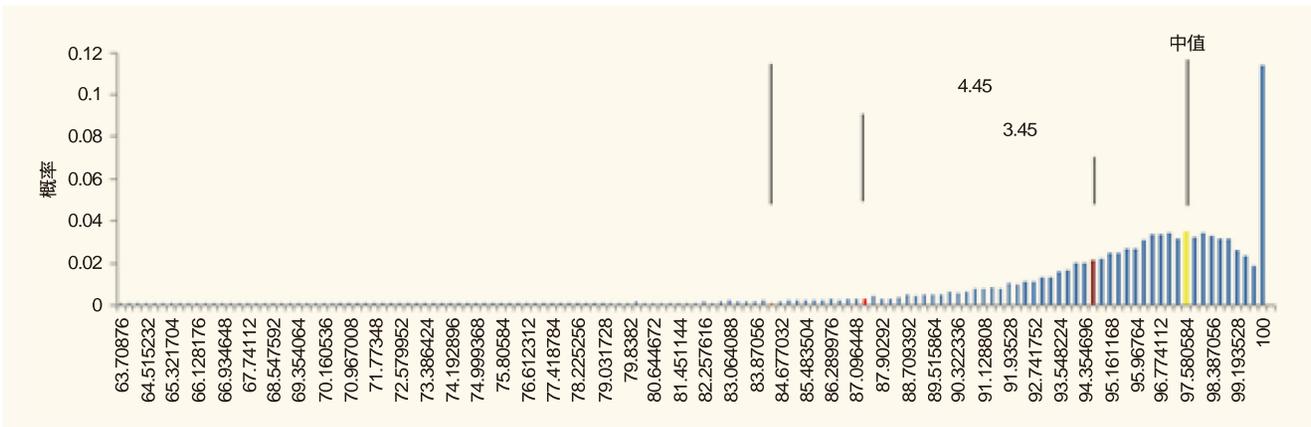


图5 会话完整率概率密度分布

表2 监控结果分析

规则类型	异常小区数量	问题段落	现象	异常原因
规则1	3	无线侧	业务可用率指标异常	断站
规则2	2	无线侧	业务可用率指标异常	SR和GAP冲突

符合高斯分布的特征，分布标准差 $\delta = 2.96$ 对应的指标值为 94.62%，置信度为95%的指标值为84.4%，相当于 4.45δ 。本次指标门限值取 3.45δ 处的位置，其置信度为92.5%，对应的指标值为85.6%，将其作为业务可用率监控异常门限值，低于85.6%的指标值可判断为异常指标。

3.3 异常判断规则

为了能够更加准确有效地发现业务质量异常问题，在确定异常门限的基础上，制定一套异常告警判断规则，提升问题发现的准确性和可靠性。对发生业务质量异常告警的小区，进一步排查和分析业务劣化原因，科学制定解决方案。业务质量异常告警判断规则如下。

(1)一天24h某项业务评估指标（业务可用率、业务完整率）出现3次以上低于异常门限的小区，标识为异常小区。

(2)一周7天出现4天及以上异常告警天数（异常指标出现次数在1~3次）的小区，标识为异常小区。

3.4 监控结果分析

开始对避暑度假区70个4G小区开展日常业务质量监控，共发现5个业务质量异常小区。其中三个小区指标异常是因为周边小区断站导致用户接入信号质量较差，影响业务可用率，在设备恢复运行后指标恢复正常；另外两个小区主要是业务繁忙，告警日志出现的对应时间点有CQI资源不足分配失败的记录。当CQI资源不足时，SR和GAP冲突优化功能会失效，导致SR和GAP冲突场景发生，在修改

PucchSwitch开关后，系统会根据负荷自适应扩张资源，解决SR和GAP冲突，业务指标恢复正常。监控结果分析见表2。

4 结束语

移动数据业务质量是影响用户感知最重要的因素，文中从建立二维端到端业务质量评估模型出发，分析业务和网元两个维度与业务质量的关联关系，在协议簇分段时序关系的基础上，构建分段业务评估指标和综合业务评估指标，将端到端业务质量评估模型应用于热点区域网络业务质量监控，可有效发现网络存在的异常问题，提升用户感知。

参考文献

- [1] 张奕奎,邱雪松,孟洛明.基于SLA的业务质量评价[J].电信科学,2007,23(3)
- [2] 何蔓微.数据业务端到端质量评估系统研究及实现[D].北京:北京邮电大学,2012
- [3] 霍永华,汤士党,齐忠杰,等.IP承载网业务服务质量评估研究[J].无线通信技术,2014,40(6)
- [4] 林闯,胡杰,孔祥震.用户体验质量(QoE)的模型与评价方法综述[J].计算机学报,2012,35(1)
- [5] 刘帆.面向视频流业务的用户体验质量评估方法[D].北京:北京邮电大学,2014

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

吴熹

硕士，毕业于南京航空航天大学，工程师，现就职于重庆电信无线网优化中心，主要从事无线通信网络的系统优化和移动数据业务的应用及分析工作。