

创 新 服 务 引 领 未 来

信息化服务的引领者

时光荏苒、岁月如梭，伴随中国通信业发展崛起的脚步，上海邮电设计咨询研究院有限公司走过了半个世纪的风风雨雨，半个世纪，对历史长河而言是沧海一粟，对公司发展而言，是一幅波澜壮阔的成长画卷。从上海市邮电管理局设计室的星星之火，一路走来，公司在代代设计院前辈的汗水浇灌之下、在各界领导、同仁的关心帮助之下，勇于探索、不断成长，发展成为互联网时代综合信息服务领域颇具影响力的咨询服务提供商。

上海邮电设计咨询研究院有限公司创建于1964年，位于上海杨浦环同济知识经济圈。现有员工1200余人，注册资本2.2亿元。

公司作为中国通信标准化协会（CCSA）理事单位、中国通信企业协会（CACE）通信工程建设分会常委单位、中国工程咨询协会（CNAEC）理事单位、上海市工程咨询行业协会副会长单位，是全国通信领域龙头设计咨询企业，市场涉及国内20余个省、市、自治区，业务范围涵盖通信工程各专业规划、咨询、勘察、设计、工程总承包、信息化规划及咨询、建筑设计、铁塔设计、数据中心（IDC）设计、信息化系统集成、面向信息产业的软件。

公司依托在通信领域深厚的技术积淀及人才优势，聚焦客户需求，近年来，负责主编完成了云计算、物联网、网络电视、智能管道、光缆架空线路等国家及行业通信建设标准的编制、研究工作，负责完成了运营商集团级云计算中心、企业信息化系统、互联网业务平台、互联网国际出入口、一线干线光传输系统、IDC数据中心等全国骨干通信工程以及省市无线通信、宽带光网、物联网、智慧城市、ICT等重大建设项目的规划设计任务，参与了上海虹桥商务区、迪士尼、后世博、上海中心等多个市政重点项目的信息规划、咨询、设计、工程总承包工作，参与上海市十二五、十三五信息化相关内容的起草编制，通过自身服务为客户创造了价值。

公司是通信行业资质全，从业范围广的企业，可承担全国范围内的设计、施工、咨询、工程总承包、系统集成和软件开发等业务。具有建设部工程勘察和设计甲级资质、施工总承包和专业承包资质，国家发改委工程咨询甲级资质，通信企业协会通信信息网络系统集成甲级资质，国家保密局涉密信息系统集成甲级资质，安防工程企业设计施工维护能力一级证书，电子信息行业联合会信息系统集成及服务二级资质和美国CMMI DEV-3级认证，对外经济合作经营资格证书和上海市高新技术企业证书；是全球通信设计行业首家通过TL9000认证的企业，并通过了ISO质量、职业健康安全和环境管理体系认证。

——上海邮电设计咨询研究院有限公司

数据通信
业务平台与企业信息化
数据中心

工程总承包
智能网络
系统集成

网络优化

邮政通信

产品研发

通信设计

通信建筑
智能建筑

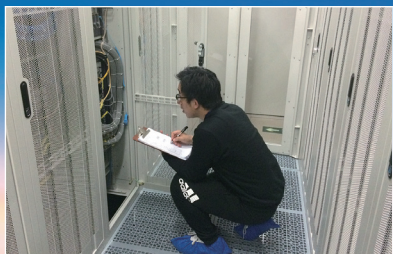
行业规划
咨询管理



创新服务 引领未来

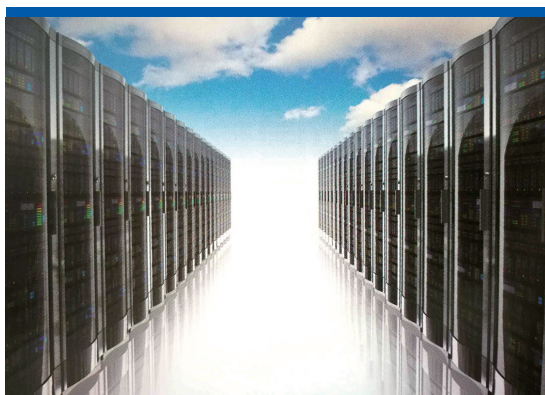
为客户创造价值
为员工实现价值
为社会奉献价值

- ◎ 企业愿景：信息化服务引领者
- ◎ 企业核心价值观：以人为本、价值引领
- ◎ 企业精神：专业、协作、高致、创新



设计、研究、咨询、工程服务硕果累累

.....>> 通信工程设计



▶ IT 系统云计算资源池建设工程



▶ 虹桥枢纽综合室内覆盖工程



▶ 上海市共用移动通信基站站址布局规划模型研究

.....>> 工程总承包业务

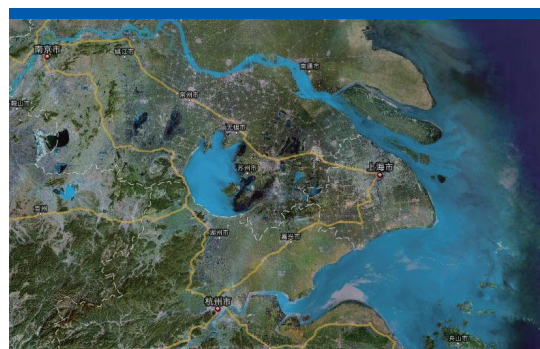


▶ 东海大桥通信综合塔

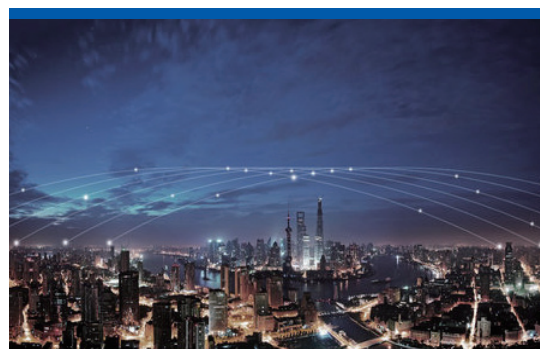


▶ 青浦腾讯数据中心

.....>> 规划及咨询



▶ 长江三角洲地区电信行业发展研究



▶ 上海市信息基础设施发展“十二五”规划

.....>> 建筑及铁塔设计



▶ 红角洲生产基地

.....>> 建筑及铁塔设计



北京信息科技创新园



某运营商云计算基地



小洋山综合通信塔及雷达站

.....>> 数据中心 (IDC) 设计



某信息安全数据中心

.....>> 面向信息产业的软件

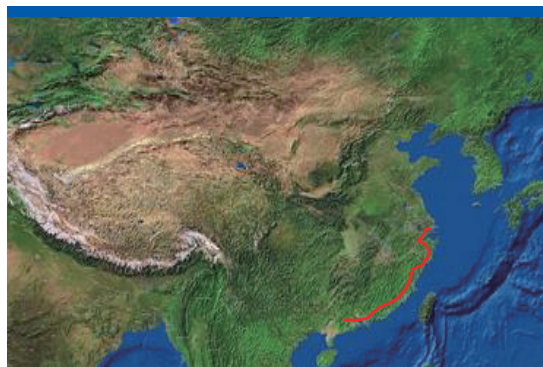


无线网络优化平台



智能巡检系统

.....>> 一级干线



上海杭州福州广州100Gb/s DWDM系统建设工程

电信技术

月刊

1954年创刊

总第521期

实 用 创 造 价 值

2017 年 第 08 期

两次获国家优秀期刊奖

连续8次获工业和信息化部优秀科技期刊一等奖

2001年首批入选“中国期刊方阵”

主管单位：中华人民共和国工业和信息化部

主办单位：人民邮电出版社

出版单位：北京信通传媒有限责任公司

总 经 理：梁海滨

副总经理：易东山 王建军 康 荣

编 辑：《电信技术》杂志社

总 编 辑：梁海滨

副总编辑：牛小敏

编 辑 部：(8610) 81055469, 81055472, 81055473

广 告 部：(8610) 81055470, 81055472

发 行 部：(8610) 81055598, 81055599, 81055600

传 真：(8610) 81055594

投稿网址：www.ttm.com.cn

地 址：北京市丰台区成寿寺路11号邮电出版大厦8层 (100164)

排 版：北京信通传媒有限责任公司

印 刷：北京时捷印刷有限公司

地 址：北京市昌平区沙河镇七里渠南村371号

总发行处：北京报刊发行局

订 购 处：全国各地邮电局

国外总发行：中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)

邮发代号：2-675

国外代号：M394

刊 号：ISSN1000-1247

CN11-2100/TN

广告经营许可证：京东工商广字第8032号 (3-1)

每册30.00元 每月25日出版

本刊声明

1.对于本刊发表的文章，本刊拥有出版电子版、网络版版权，并拥有和其他网站信息交换的权利。若作者有异议，请在赐稿时申明。

2.本刊文章版权所有，未经书面许可，不得以任何形式转载。

3.凡向本刊赐稿，自稿件发出之日起30日内未收到本刊通知决定刊登的，可以将同一作品向其他报刊社投稿，但请勿同时一稿多投。

4.如有印装质量问题，请与本刊联系。

联系电话：(8610) 81055598

目次 2017.08

5G

5G背景下城域承载网演进思路探讨	王亦炜	9
特大型城市800MHz重耕部署策略案例分析	张世宇 王 磊	12
TD-LTE载波聚合组网研究	章丽飞 陆 巍	17
面向5G的新型多载波技术分析	刘金玲 陆海翔	20
3D-MIMO技术应用研究	黄晓栋 王 锐	23
5G双工技术剖析	孙 玮	26
中国电信LTE多频组网业务承载策略研究	徐卸土	28
5G密集组网给站点规划带来的挑战	钱小康 王颖珏 吴万红	31
5G发展对产业链各环节的影响分析	王晓园	34
LoRa移动物联网基站无线覆盖分析	徐卸土	38
运营商VoWi-Fi网络部署探讨	蒲浩杰	41
5G标准、产业进展及全球商用前瞻	顾江华 蒋 军	46
面向5G的下一代前传网络接口及承载方案分析	吴万红 赵玉祥 莫 寒	49
面向5G的高精度时间同步网演进策略	王 悦 林泳泽	55

传送与接入

有线宽带接入网建设模式区别研究	冯智伟 刘 健	58
BBU集中部署对光缆资源的需求分析	王学灵	60
OTN规划探讨	史培明 周奎翰	65
一体化IP微波传输在LTE网络中的应用	陈秀梅	69
光缆监测技术剖析	章丽飞	72
混凝土管道基础定额钢筋用量探讨	苏晓斌	76

云计算

构建高品质云存储资源池的技术方案研究	张钟琴 王 悦	79
私有云资源池管理流程及资源管理办法研究	余 飞	86
Server-SAN技术及其在云资源池中的应用	蒋明燕	91
Overlay SDN产品在云数据中心的应用案例	黄 瑾	94

数据中心

数据中心机房不同封闭方案的热环境仿真模拟与分析	原世杰 谢 静	98
数据中心空调冷冻水补水定压系统计算	穆正浩 孙 颖	101
数据中心冷源自控系统设计	奚伟东	104
智能化新风技术在数据机房中的应用	孙 颖	108
数据中心DCIM统一运营支撑系统建设需求分析	丁 聪 沈 巍	111

智慧城市及ICT

市政设施综合管理系统方案研究	徐 进	116
城市4级通信消费商圈梳理模型构建思路	沈 楠 谢昊洋	121
运营商新型ICT业务案例探讨	仇月芳	124
智慧城市信息基础设施规划	刘冬宇	127

迪普·下一代网络论坛

CDN下沉对城域传输网络的影响	胡 昱	130
-----------------	-----	-----

新闻月览

专家顾问委员会

(按姓氏笔划排列)

王晓丹	人民邮电出版社副社长
马彦	联通宽带在线有限公司总经理
刘华鲁	人民邮电出版社副社长
刘志勇	中国电信集团系统集成有限责任公司总经理
李华	中国电信天翼终端有限公司总经理
李晓明	中国移动通信集团设计院有限公司河北分公司科技委副主任
毕奇	中国电信技术创新中心主任
张杰	英国谢菲尔德大学教授
张滨	中国移动通信集团信息安全管理部副部长
张忠平	基本立子（北京）科技发展有限公司
张成良	中国电信股份有限公司北京研究院副院长
张云勇	中国联通研究院院长
肖金学	中国电信股份有限公司江苏分公司总经理
何宝宏	中国信息通信研究院互联网中心主任
杜跃进	阿里巴巴集团安全部技术副总裁
高鹏	中国移动通信集团设计院有限公司副院长
梁宝俊	中国电信政企客户部总经理
窦笠	中国铁塔股份有限公司通信技术研究院院长
郭永宏	中国移动通信集团湖北有限公司总经理
闻库	工业和信息化部发展司司长
唐雄燕	中国联通网络技术研究院首席专家
袁源	江苏省邮电规划设计院有限责任公司副总经理兼总工程师
董晓庄	中国铁塔股份有限公司副总经理
靳东滨	中国通信企业协会通信网络运营专业委员会主任

5G背景下城域承载网演进思路探讨

王亦伟

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

简要介绍5G的典型业务和关键能力指标, 阐述5G对于城域承载网的需求, 初步提出城域承载网应对5G组网的一些思路。

关键词

5G应用场景 关键能力指标体系 统一承载 全光网逻辑分层

1 引言

LTE用户数和技术渗透率在2017~2019年仍将延续2015年以来的高速增长, OVUM预计到2017年末中国将拥有8.95亿LTE用户, 相当于72%的技术渗透率, 这将给全球LTE市场发展带来巨大的影响。

因此, 无论是用户使用网络方式的变化, 还是数据业务的快速发展, 抑或是运营商自身收入的增长压力, 都反映出未来电信业务的移动化、高速化属性。

另一方面, 随着云计算和大数据技术对传统行业的渗透和颠覆, M2M (Machine to Machine, 物联网) 作为重要的数据收集手段将得到极大发展。业界预计到2020年, 移动终端将达到数十亿到数百亿台。

在2020年这个时间节点上, 业界达成一致, 必须发展出新的通信技术来应对未来移动通信的革命性需求。

2 5G应用场景及关键能力指标体系

ITU确定了5G的三大类应用场景, 即增强移动宽带、海量机器通信和超高可靠低时延通信, 同时定义了8个关键性能指标, 即峰值速率、用户体验速率、频谱效率、移动性、时延、连接数密度、网络能量效率、流量密度。

不同场景下对各性能指标的要求不同。在增强移动宽带场景下, 峰值速率、用户体验速率、频谱效率、移动性、网络能量效率、流量密度6个指标要求为高性能, 时延、连接数密度指标要求为中等性能; 在海量机器通信场景下, 仅连接数密度指标要求为高性能, 网络能量效率指标要求为中等性能, 对其他指标要求低; 在超高可靠低时延通信场景下, 仅移动性、时延指标要求为高性能, 对其他指标要求低。

中国IMT-2020推进组根据自身研究成果, 进一步对应用场景进行了划分, 细化为两大类4个场景。

移动互联网, 对应ITU分类中增强移动宽带场景, 包含连续广域覆盖和热点高容量两个分场景。移动物联网, 对应ITU分类中海量机器类通信和超高可靠低时延通信场景, 包含低时延、高可靠和低功耗、大连接两个分场景。

中国IMT-2020推进组所提出的“5G之花”关键能力体系包含9个关键指标, 即峰值速率、流量密度、用户体验速率、连接数密度、端到端时延、移动性、频谱效率、能效、成本效率, 其中8个被ITU接受。

无论是ITU定义的8大关键能力, 还是IMT-2020定义的能力体系, 从承载网的角度, 可以归纳为带宽和时延两方面的要求。

3 5G业务对城域承载网的要求

3.1 5G主要业务分类

基于3GPP的业务分类, 中国IMT-2020推进组将移动互联网和移动物联网两大场景划分为7类业务, 具体如下。

(1) 移动互联网

- 流类, 包括音频播放和视频播放业务。
- 会话类, 包括语音、视频通话业务。
- 交互类, 包括浏览、位置、交易、搜索、游戏、增强现实和虚拟现实业务。
- 传输类, 包括邮件、下载和上传业务。
- 消息类, 包括SMS (Short Messaging Service, 短信服务)、MMS (Multimedia Messaging Service, 多媒体短信服务)、OTT (Over The Top, 基于互联网的应用服务) 消息业务。

(2) 移动物联网

- 采集类，包括低速采集和高速采集业务；
- 控制类，包括时延敏感和时延非敏感业务。

3.2 5G业务给城域承载网带来的挑战

从业务矩阵可以看到，消息类业务和低速采集类业务不会给城域承载网带来过大的压力，这两类业务给网络带来的挑战主要体现在大量小数据包对信令资源的消耗。

会话类、流类、传输类、高速采集类业务给城域承载网带来的挑战，主要是为了提供更好的用户体验而快速增长的带宽。其中超高分辨率的视频播放业务对下行带宽有较高要求，而云存储业务对上行带宽有较高要求。

控制类业务给城域承载网带来的挑战主要是超低时延和高可靠性，而对带宽的需求很小。例如智能交通、智能电网、工业控制类的业务，要求毫秒级的时延和接近100%的可靠性。

对于交互类业务，一方面要尽力满足用户对时延基本无感知的使用体验，另一方面要使得用户能够通过高分辨率视频进行交互，因此对于上下行高带宽和低时延的需求兼而有之。

4 城域承载网演进思路

4.1 承载网设备的技术发展现状

目前主流设备厂商均能够提供最大支持单波100Gbit/s的OTN设备，200Gbit/s和400Gbit/s的高速传送技术已基本成型，设备厂商可以提供成品的业务板卡。在各大电信运营商传输网内，一干、二干和本地网骨干层均已大量部署单波100Gbit/s的OTN（Optical Transport Network，光传送网）系统，从2014年起，本地网OTN汇聚层陆续开始向单波100Gbit/s升级。

在RAN设备方面，40GE/100GE PTN已经可以商用，IP RAN设备目前仍为10GE/GE速率。中国移动各本地网已有升级PTN系统至更高速率的计划，以应对各层次网络中带宽增长的需求。中国电信/中国联通IP RAN带宽利用率不高，因此尚无升级计划。由于网络的演进是一个渐进的过程，与业务品质、各类业务带宽占比、用户习惯、资费、技术成熟度、设备产业链等均有密切关系，所以随着网络流量的发展，RAN网络各层面在考虑投资收益比的前提下，可通过多链路叠加，升级至更高单端口速率，采用更先进复用技术等途径进行升级，以满足业务发展对带宽的需求。

在IP设备方面，路由器的100GE端口和10GE交换机均已具备规模部署的条件。

设备的时延性能与线路速率、编码方式、承载方式、吞吐量和IP帧长等均相关，所以情况较为复杂。

一般而言，OTN设备非分组板卡的时延非常稳定，处理时延与吞吐量、帧长无关，分组类板卡对业务流量模型变化较为敏感。线路侧板卡处理时延相对较大，支路侧板卡处理时延相对较小，系统中光放大器等光层板卡几乎不产生时延。线路侧单板处理时延约为数十 μs ，支路侧单板处理时延约为10 μs 。另外不同版本的同类型板卡的时延性能也存在差异。

在非分组OTN板卡中，不同类型的纠错编码方式对时延影响较大，100Gbit/s纠错编码的时延性能优于40Gbit/s。

在分组OTN板卡中，平均时延一般随吞吐量和帧长的增大而增大。此外，分组OTN板卡的时延还与芯片处理技术、信号处理流程关系密切。

4.2 城域承载网演进的初步设想

5G典型场景中大多数业务还未得到规模应用，或仍处于研究试验阶段，因此5G业务对承载网的需求未完全得到确定和细化。与4G业务场景相比，真正能够对承载网形成带宽和时延压力的新型业务在业务整体中的占比以及用户规模等均没有切实数据。从目前IMT-2020推进组的研究成果，以及5G业务单用户体验速率相对于4G业务单用户体验速率的提升比例来看，除了车联网这一类对时延要求极高的控制类业务，现有承载技术能够满足大多数5G业务对带宽和时延的需求，但需要在组网模式上对现有网络进行优化和改造。

5G对带宽的需求对于现有承载技术来说相对容易满足，无论是OTN下沉，还是在接入层采用更高速率的RAN技术，都能够提供数倍甚至数十倍相对于现有网络的传送带宽。

5G对时延的需求相对较难满足，需要权衡组网成本、网络带宽利用率和低时延业务需求之间的关系。非分组类的OTN设备转发时延约为数十 μs ，PTN设备的转发时延约为数十 μs ，IP RAN设备的转发时延为ms级，光纤固有时延为5 $\mu\text{s}/\text{km}$ 。对于目前常见的地市骨干-区县汇聚-接入三层组网架构，150km业务路径产生的单向时延将超过2ms，考虑到刚性管道会使大规模组网的带宽利用率降低，而分组网络又会增加时延的不确定性，因此对于10ms以下的时延需求，需要有针对性地进行组网。

城域承载网的演进方向应是多业务统一承载的大二层网络，网络架构如图1所示。

(1) 思路一：基础网络整合

中国移动和中国联通原为移动运营商，基础网络是为了适应基站回传业务而建设的，转型为全业务运营商之后，逐步推进综合业务区的规划建设，但机房、管道、光缆存在着基站与综合业务区两张基础网络无法融合的问题，从而影响承载网的传送效率。另一方面，中国移动和中国联通的本地网还存在机房面积普遍较小、光缆资源不丰富等短板，导致

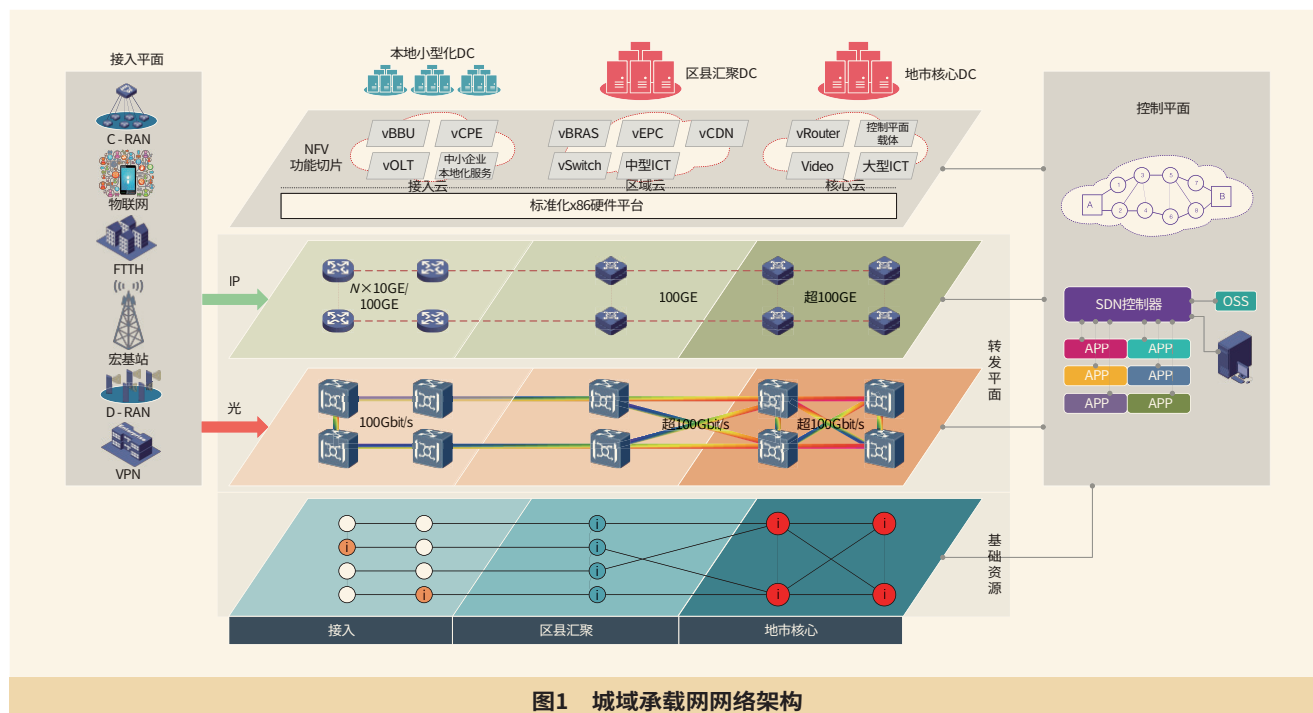


图1 城域承载网网络架构

承载网长期存在超大环、超长链，既会影响网络安全，又极易导致汇聚层网络拥塞等问题。

中国电信原为固网运营商，机房、管道、光缆资源相对比较充足，机房物理位置理想，基础网络的网路结构较优，但中国电信的本地网由于发展历史较长，维护界面分割较细，故存在功能重复或相近的承载网络过多的情况，从而导致业务端到端路径上转接过多，影响时延性能。

因此，在5G背景下，首先要对基础网络进行整合，在此基础上自上而下的实现光缆网网格化，承载网网元和业务网网元在同一层次上尽量同节点或就近部署，为提高带宽效率和减少转接奠定基础。

(2)思路二：大维度ROADM组网

在储备有相当能力的基础资源后，可以根据本地实际业务流量、流向的需求，通过部署ROADM（Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer，可重构的光分插复用设备）节点构建Mesh化的OTN光网络。目前主流设备厂商的 1×20 WSS（Wavelength Selective Switching，波长选择器）已投入商用，根据本地网覆盖面积的大小、网络节点的疏密，可以选择与之匹配的 1×4 、 1×9 、 1×20 WSS器件构建ROADM网络。

根据ROADM的三种基本特性，ROADM节点在现网使用中可实现5种组合，分别为波长有关，方向有关（Colored and Directional）；波长无关，方向有关（Colorless and Directional）；方向无关，波长有关，竞争有关（Directionless，

Colored and Contention）；波长无关，方向无关，竞争有关（Colorless，Directionless and Contention，即C&D）；波长无关，方向无关，竞争无关（Colorless，Directionless and Contentionless，即C&D&C）。其中，C&D&C组合是最理想的ROADM形态，能够充分发挥波长级别光层调度快速灵活的优点，并能够启用WSON保护恢复机制，在一定程度上可以缓解全网的波长冲突，但在目前的技术水平下实现代价较大。

对于中小型本地网，现有ROADM技术足以构建扁平的、Mesh化的传送网，配合科学合理的波道规划，能够在网络容量、端到端时延、快速调度、组网成本、传送效率、网络安全等性能上获得平衡；对于大型网络，现有ROADM技术不足以支撑全网Mesh化，应在统一组网的基础上分场景部署业务，对时延要求高的特定业务进行网络扁平化处理，而对于大多数业务可以适当增加网络层次，以获得较高的带宽利用率。

(3)思路三：适应不同类型业务的逻辑分层

城域承载网以一个网络实体进行部署，通过逻辑上的分层而非物理上的隔离来实现“光+IP”。OTN网络在光层具有很大的传输带宽，同时大容量通用交叉矩阵可以实现ODUk和Packet的统一交换，未来还将逐步完善对VCn颗粒的交叉功能。

因此对于一张OTN光网络，可以在逻辑上将其分割为光层、ODUk（Optical Channel Data Unit，通路数据单元）层和分组层，面向不同类型的业务需求。光层面面向波长级别

（下转16页）

特大型城市800MHz重耕部署策略案例分析

张世宇 王 礪

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

分析800MHz重耕在特大型城市部署所面临的关键问题和某特大型城市的现网频点使用及业务现状,提出适用于该特大型城市的频率重耕方案,并分析CDMA 800MHz与LTE 800MHz的同频干扰,提出在该特大型城市800MHz重耕初期全网1:1重耕部署1.4MHz带宽LTE网络的策略,为LTE 800MHz重耕在特大型城市部署提供参考。

关键词

800MHz 重耕特大型城市频率重耕 部署策略

1 引言

随着移动互联网的高速发展,4G网络时代的运营商之间竞争越来越激烈,目前各大运营商在城市中的网络覆盖率和速率日益提高,中国电信采用1.8/2.1GHz的本地4G网络城区广覆盖已经完成。在“2016年天翼智能终端交易博览会暨高峰论坛”上,中国电信表明将全面启动800MHz LTE全网重耕,打造国内第一张低频LTE网络,并依托800MHz重耕,全面启动VoLTE(Voice over LTE)建设。VoLTE的商用需要良好的4G网络覆盖环境,而800MHz频段波长长,穿透能力强,覆盖范围广,通过重耕CDMA 800MHz频段可实现4G网络的快速覆盖,同时800MHz LTE部署同步考虑NB-IoT业务,为后续承载物联网业务做好准备。

2 频率重耕方案

2.1 CDMA频点现状分析

目前中国电信CDMA网络使用283号、242号、201号、160号、119号、78号、37号共7个频点,其中部分城市启用了1019号频点。从某特大型城市中国电信已使用的频点来看,密集市区一般占用7~8个载频,市区及郊城镇中心占用6个载频,郊区占用3~5个载频,频点使用数及占比情况如图1所示。可以看出,该特大型城市CDMA网络频点资源极为紧张,超过65%的站点使用6~7个载频。

2.2 CDMA业务现状分析

根据CDMA现网业务统计可以发现,目前该城市CDMA 1x由于移动用户总数增长,话务量始终呈平稳上升趋势,而DO由于市场导向及网络设置等原因,用户数据业

务已开始更多向4G迁移,话务量呈现快速下降趋势,语音和数据业务变化趋势如图2所示。

庞大的用户规模使用户终端的更换、业务套餐的变更以及用户使用习惯的改变是一个漫长的过程,所以语音业务很难在短时间内全部由VoLTE方式解决。

2.3 频率重耕方案

2.3.1 带宽选择

目前,CDMA与LTE网络处于共建共存状态,如何保障CDMA用户体验质量并实现“C退L进”的过渡阶段是800MHz频率重耕策略的关键要点。CDMA单载频带宽为1.23MHz,从LTE的带宽设置考虑,LTE 800MHz载波带宽达到1.4MHz需要退出2个CDMA网载频,达到3MHz需要退出3个CDMA网载频。考虑到目前该特大型城市中CDMA现网频点使用现状,如退出3个频点,将影响到全网65%站点CDMA网络业务,而设置1.4MHz与3MHz两种带宽,势必要设置较宽的隔离带,涉及到相当数量的站点,频率使用效率大大下降,同时也会带来工程参数设置上的复杂度提高与网络质量下降的风险。因此从保障CDMA网络质量及用户感知的角度出发,建议在800MHz重耕初期采用1.4MHz带宽。另外可考虑如下。

(1)特大型城市Band1和Band3部署的LTE网络能够满足数据业务需求,与其他地区不同,无LTE 800MHz进行全网LTE覆盖的需求。

(2)部署1.4MHz的LTE 800MHz网络能够满足近期内VoLTE业务的需求(用户为大规模使用VoLTE的情况)。

(3)1.4MHz带宽的重耕,不影响对NB-IoT业务的支持。

(4)初期部署1.4MHz带宽的LTE 800MHz网络设备时,

可以预留后期扩展到5MHz/10MHz。

800MHz重耕方案见表1。

2.3.2 频点选择

在频点选用策略上，为了尽量降低对语音业务的影响，同时结合上述分析，建议重耕初期退出2个DO频点部署800MHz LTE网络，后期可根据用户迁移及终端更换情况适时扩大部署带宽。

在退频方案上，是选择“靠边”方案还是“夹心”方案（即选择CDMA频点中较为靠边的频点，还是选择较为中间的频点进行退频）部署，我们做了如下优缺点对比分析，见表2。

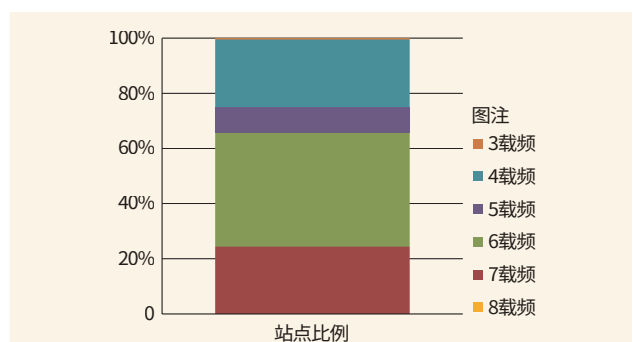


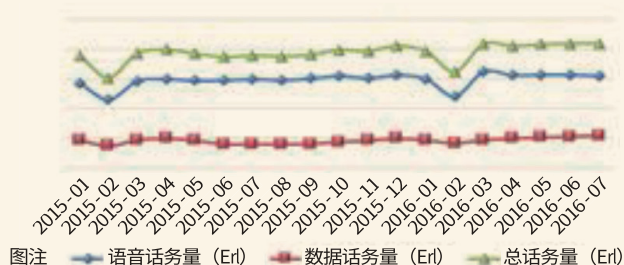
图1 CDMA频点使用现状

表1 800MHz频率重耕方案

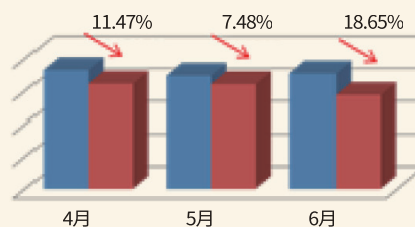
LTE 800MHz带宽	搬迁CDMA网频点	保留CDMA网频点	建议
1.4MHz	2	6 (4语音+2数据)	近期推荐
3MHz	3	5 (3语音+2数据)	中期推荐
5MHz	4	4 (3语音+1数据)	中后期推荐
10MHz	8	0	后期推广

表2 两种退频方案优缺点对比

“靠边”方案		“夹心”方案	
优点	缺点	优点	缺点
采用选频滤波器，降低损耗	- 不可任意翻频、扩频，工程需多次实施； - 现阶段部分终端不支持非37频点做DO主载频	- 可任意翻频、扩频，工程一次性实施； - 保证283及37这两个基本频点供CDMA使用，最大化兼容终端设备	采用电桥滤波器，损耗较大



(a) 2G话务趋势（忙时）



图注 2015年 2016年

(b) DO数据业务变化趋势（忙时）

图2 CDMA网络业务现状

为了便于后续根据实际业务发展情况，灵活向1x或DO侧进行频率扩展以及中长期重耕方案的实施，建议使用“夹心”方案，退出78与119频点，并启用1019频点供现网DO使用。

综上分析，800MHz重耕初期频点部署策略如图3所示。

3 基站部署策略

3.1 干扰分析及站址建设策略

3.1.1 干扰分析与测试验证

(1)非共站部署干扰分析

非共站部署干扰分析如图4所示。

当CDMA站点多于LTE 800MHz站点，LTE 800MHz终端在CDMA覆盖近点；当LTE 800MHz站点多于CDMA站点，CDMA终端靠近LTE 800MHz基站覆盖近点时，存在远近效应干扰，主要存在以下几种，见表3。

(2)试验网测试分析

为了探索不同场景下LTE 800MHz深度覆盖部署方式，选取多层老公寓、高层住宅、CBD及其他流量密集区域等场景进行试点和测试。试验网扫频情况如图5所示。

通过路面扫频确认，由于LTE 800MHz的话务量较低，LTE 800MHz对CDMA同频干扰影响在2~3层基站。但CDMA对LTE 800MHz性能影响明显，扫频确认在试验区内，可接收到来自4~5层站外CDMA网信号，因此，如果800MHz LTE只进行局部覆盖补充，为了避免同频干扰，重耕站点使用的频点需要退出周围4~5层CDMA网站点的频点作为隔离区域。

3.1.2 站址建设方案建议

目前在该特大型城市市郊出现了各类新兴生活居住圈及商圈，用户逐步由中心城区向外扩散，话务向外流向明显，如果全网设置隔离区域，部署1.4MHz和3MHz带宽的LTE网络，必然导致CDMA网频点效率大幅下降。这样对于频点资源紧张的800MHz来说非常不经济，同时可能带来同频干扰风险。

为了避免CDMA 800MHz与LTE 800MHz同频干扰，在不影响后期业务开展的情况下，建议在频率资源紧张的特大

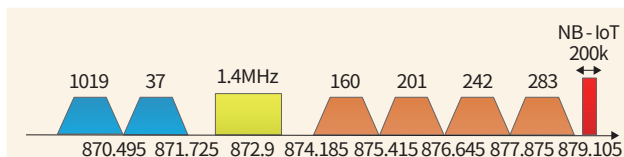


图3 频点部署策略

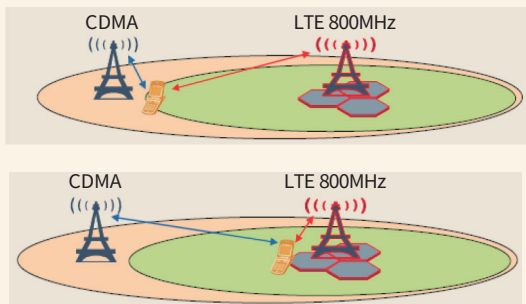
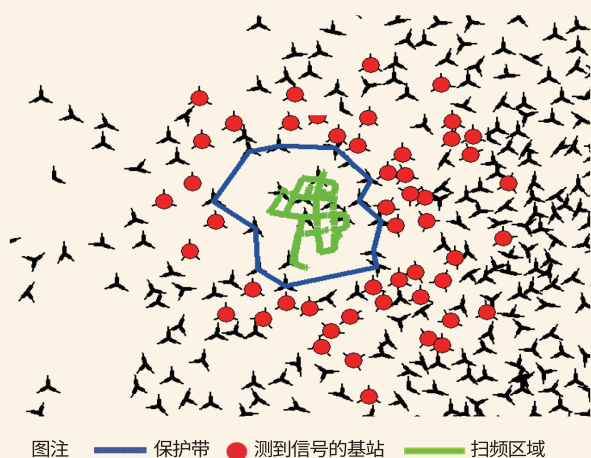


图4 非共站部署干扰分析



图注 ———— 保护带 ● 测到信号的基站 ———— 扫频区域

图5 试验网扫频情况

型城市中实行CDMA网站点1:1同址重耕方式部署1.4MHz 带宽的LTE 800MHz网络。

3.2 主设备及天线部署策略

(1)主设备选型要求

LTE 800MHz主设备均选择射频拉远设备，同时考虑后期可采用软件平滑升级方式具备NB-IoT能力。NB-IoT平滑升级方式如下。

RRU：硬件和接口不变，远程软件升级。

BBU：在现有BBU槽位插入控制板卡或升级支持NB-IoT。

(2)天线选型要求

天馈线系统实现无线信号的发射和接收，其性能质量直接影响移动通信网络的覆盖和服务质量，必须根据地理环境和服务要求合理设置。测试表明，800MHz VoLTE覆盖能力弱于1x（约差4dB），考虑到VoLTE的覆盖要求，天线选择应优先采用四端口天线（2T4R），可补偿3~5dB的差距。

(3)天线挂高、方向角及下倾角要求

天线挂高、方向角及下倾角尽量保持与原CDMA网天线一致，对于挂高无法保持一致的站点，应调整天线下倾角，尽量保证LTE 800MHz与原CDMA网络覆盖一致。

(4)与其他系统的隔离要求

根据各系统间规避准则和设备规范要求，LTE 800MHz与其他系统共存所需的隔离度见表4。

(5)天线部署策略

在特大型城市中，天面资源相当紧张，为了保障C+L 800MHz两张网络的质量，特别是考虑CDMA网络的用户感知与现有的用户投诉情况，降低对现网的影响，建议天馈部署采用如下方案：

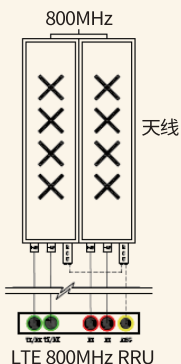
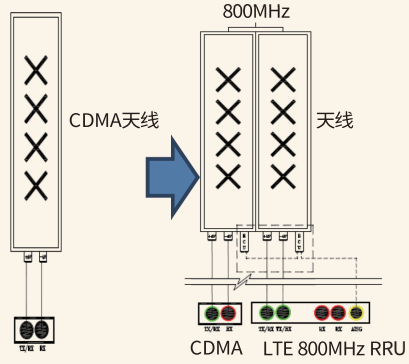
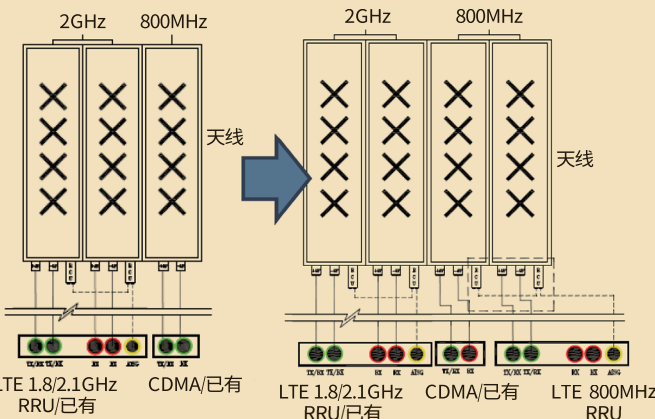
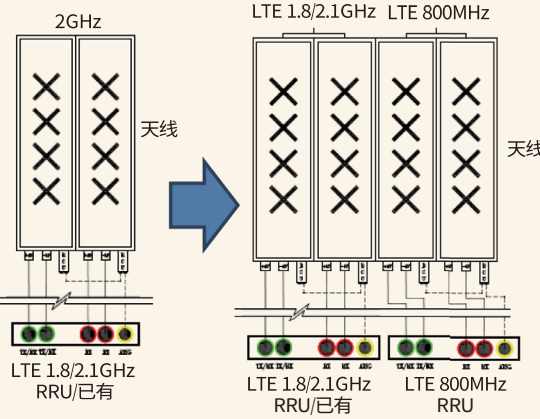
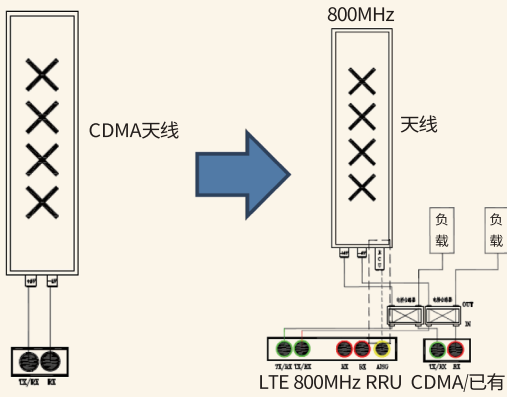
表3 非共站部署干扰分析

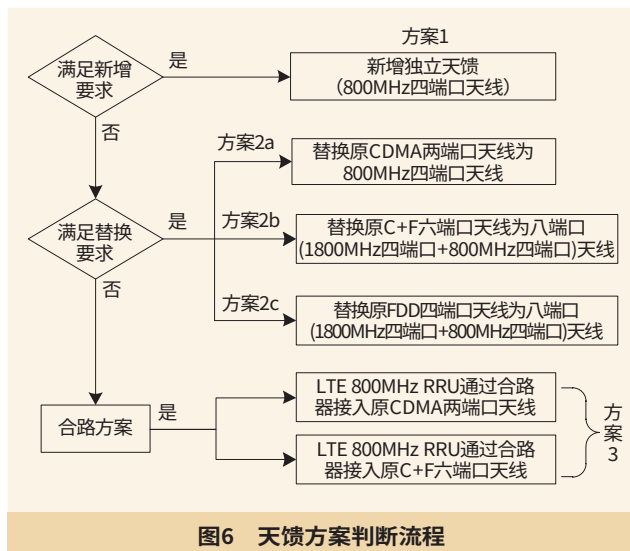
CDMA 800MHz站点多于LTE 800MHz站点	CDMA基站干扰800MHz终端	C Only基站的发射杂散，干扰LTE 800MHz终端接收； C Only基站发射信号，阻塞LTE 800MHz终端接收机
	800MHz终端干扰CDMA基站	LTE 800MHz终端发射杂散，干扰C Only基站接收； LTE 800MHz终端发射信号，阻塞C Only基站接收机
LTE 800MHz站点多于CDMA 800MHz站点	LTE基站干扰CDMA终端	L Only基站的发射杂散，干扰CDMA终端接收； L Only基站发射信号，阻塞CDMA终端接收机
	CDMA终端干扰L Only基站	CDMA终端发射杂散，干扰L Only基站接收； CDMA终端发射信号，阻塞L Only基站接收机

表4 LTE 800MHz与异系统共址时的水平/垂直隔离距离

干扰/被干扰	水平/垂直隔离距离	CDMA 800MHz	GSM 900MHz	DCS 1800MHz	TD-SCDMA 2.0GHz	WCDMA 2.1GHz	LTE 1.8GHz	TD-SCDMA 2.6GHz
LTE 800MHz为干扰系统，其他各系统为被干扰系统	隔离度取值 (dB)	35	35	35	34	35	34	34
	水平隔离距离 (m)	1.8	1.7	0.9	0.6	0.7	0.8	0.5
	垂直隔离距离 (m)	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
LTE 800MHz为被干扰系统，其他各系统为干扰系统	隔离度取值 (dB)	31.78	33	33	30	30	34	34
	水平隔离距离 (m)	1.3	1.5	1.5	1.1	1.1	1.7	1.7
	垂直隔离距离 (m)	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5

表5 天馈部署方案及使用场景

方案1：新增800MHz四端口天线 使用场景：天面有资源满足新增需求 	方案2a：替换两端口CDMA网天线为800MHz四端口天线 使用场景：天面空间不足，原天线为两端口CDMA网天线 
方案2b：替换原有C+F六端口天线为（800+1800）八端口天线 使用场景：天面空间不足，原天线为C+F六端口天线 	
方案2c：替换FDD四端口天线为（LTE 800MHz+LTE 1800MHz）八端口天线 使用场景：天面空间不足，原CDMA网天线无法替换，考虑替换FDD四端口天线 	方案3：合路方案 使用场景：天面空间不足；无法替换原有天线 



方案1：优先新增独立天馈，最大程度降低对现网的影响。

由于天面资源有限，对于不能新增独立天馈的采用替换天线的方式。

方案2a：优先替换两端口CDMA网天线为800MHz四端口天线。

方案2b：替换C+F六端口为(LTE 800MHz+LTE 1800MHz)八端口天线。

方案2c：如原CDMA网/C+F六端口天线无法替换，替换原

(上接11页)

的大颗粒传送，在性能允许的情况下提供直达路径，既可减轻中间节点的负担，又可降低转接时延；ODUk层面向GE及以上的刚性传送需求，根据业务性能要求和网络资源调度要求进行电层转接汇聚；分组层面向较低等级的业务，通过弹性管道实现网络带宽利用率的最优。

(4)思路四：针对性满足时延要求

根据ITU和IMT-2020所定义的5G关键能力指标，各类5G业务对性能要求的侧重点不同，控制类业务和交互类业务对时延要求较高。

在4G回传网络向5G回传网络演进的初期阶段，光网络技术和光缆条件还无法保证接入层网格化，环型网络转发节点多，二层设备转发时延较大，此时可以考虑EPC由省中心逐渐下沉，缩短回传路径，从而达到降低时延的目的。

但是EPC下沉后过于分散，即使采用云化技术，也会带来网络连接复杂、配置复杂、管理维护难度高等一系列问题，因此EPC是否有必要下沉至地市内区县汇聚层还有待研究。考虑到低时延业务一般来说目标客户群体范围较小，此

FDD四端口天线为(LTE 800MHz+LTE 1800MHz)八端口天线。

方案3：对于无法采用新增或替换方案的，将LTE 800MHz RRU通过合路器接入原CDMA网天线端口，各方案及使用场景见表5。

具体判断流程如图6所示。

4 结束语

利用800MHz的CDMA频谱重耕部署LTE网络，承载高品质VoLTE业务和NB-IoT业务是网络建设的基本共识和必然选择。

参考文献

[1] 熊飞,李维,等.关于中国电信 LTE 800MHz重耕方案的探讨[J].通信设计与应用,2017(1)

[2] 罗凤姬,陈杨,杨芙蓉.LTE 800MHz与异系统共址部署分析[J].移动通信,2016,40(2)

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

作者简介

张世宇

硕士,毕业于天津理工大学信息与通信工程专业,助理工程师,主要从事无线网规划设计工作。

王礪

本科,毕业于华东师范大学电子信息科学与技术专业,工程师,主要从事无线网规划设计工作。

参考文献

[1] OVUM,2017 Trends to Watch: Broadband and Multiplay

[2] IMT-2020推进组.5G技术研发试验总体方案

[3] OVUM,Global Broadband Outlook:2016(21)

[4] IMT-2020推进组/中国移动.5G愿景与需求

[5] 中国电信上海研究院.上海电信低时延专线产品测试和研究

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

作者简介

王亦炜

毕业于上海大学,高级工程师,主要从事传输网的规划、设计工作。

TD-LTE载波聚合组网研究

章丽飞 陆 巍

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

首先对载波聚合技术进行介绍,然后对载波聚合技术在TD-LTE网络中的组网应用进行分析和研究,并总结载波聚合技术在网络中部署的策略和建议。

关键词

TD-LTE 载波聚合 频谱 组网

1 引言

为了满足用户峰值速率和系统容量提升的要求,一种最直接的办法就是增加系统传输带宽。为此,3GPP在LTE-A中引入载波聚合技术,支持最大5载波聚合,即支持的系统带宽最大到100MHz,可实现下行峰值速率1Gbit/s,上行峰值速率500Mbit/s,有效提升LTE网络能力,满足用户对速率的需求,而且载波聚合可以把离散的LTE频段合并成一个更大的传输带宽,可以实现更好的频谱资源应用,提高频谱利用效率。

目前全球已有SK、软银、OpuTs、STC等多个运营商开通载波聚合技术商用,许多商用终端包括LTE智能手机和平板电脑设备已经具备载波聚合功能。国内三大运营商在积极推动载波聚合的测试验证和部署,通过提升用户体验,增强自身的市场竞争优势。不过三大运营商的LTE制式、频段各不相同,载波聚合的部署方式亦有差异,下面主要对中国移动TD-LTE网络的载波聚合技术应用进行研究。

2 载波聚合技术

从LTE到LTE-A演进过程中,更宽频谱的需求是影响演进的重要因素之一,为此3GPP在R10标准中提出了载波聚合技术。载波聚合技术的核心思想是将更多连续或者离散的载波聚合在一起,形成一个更宽频谱,满足LTE-A系统更大带宽需求,从而可以实现更大的网络容量和更高的数据传输速率,而且能保持LTE后向兼容性。同时,LTE-A的潜在可用频段非常零散,而且跨度较大,包括450~470MHz,698~862MHz,790~862MHz,2.3~2.4GHz,3.4~4.2GHz等,通过载波聚合可以有效提高频谱碎片的利用率。

2.1 基本原则

3GPP R10(TS 36.300)对于LTE-A载波聚合,有以下原则:

(1)CA UE最多可以聚合(发送/接收)5个分量载波,每载波最大20MHz;

(2)CA UE支持非对称载波聚合,即下行链路和上行链路聚合的分量载波数目可以不同,但是上行分量载波数不能大于下行;

(3)每个CC(Component Carrier)即分量载波的帧结构与3GPP R8相同,实现向下兼容;

(4)基于3GPP R10,当前允许聚合的载波是与R8/R9兼容的载波,亦即R8/R9终端可以在其中一个载波上发送/接收数据。

载波聚合标准化进展:3GPP在R10标准中引入载波聚合基本概念,支持最大5载波聚合,引入部分CA频段组合,包括带内和带间;在R11标准中继续完善,并针对运营商需求引入更多不同的频段聚合;在R12标准中支持FDD+TDD载波聚合,CA频段组合进一步完善。

2.2 与多载波及联合扩展对比

载波聚合技术与多载波及联合扩展技术对比如下。

(1)在多载波中,如果未打开载波聚合功能,每个终端只能同时接入一个载波,在该载波上进行上下行数据传输,传输速率受该载波带宽的限制,并且多载波系统的负载均衡必须经过系统切换来实现。

(2)在载波聚合中,支持载波聚合的终端可以同时接入两个及以上的载波,同时进行上下行链路的数据传输,使数

据传输速率大大提高,而且可以自由地在聚合载波间实现负载均衡,不需要切换流程。

(3)联合扩展则与载波聚合类似,属于LTE系统带宽扩展的一种方式。不同的是,联合扩展是通过对OFDM子载波的带宽进行压缩,从而增加相应频带内子载波的数量。由于减小了子载波带宽,LTE系统需要重新设计物理信道与调制编码方案,兼容性较差。

2.3 载波聚合分类

作为LTE-A系统中的关键技术,载波聚合技术遵循后向兼容和影响最小化的原则,即对每个载波资源的处理尽量与现有LTE系统类似,以保证各种LTE终端均能顺利接入网络中;对系统协议的修改要尽量小,尤其是物理层协议,以保证组网成本低、容易推广。在这两个条件下,载波聚合的分类主要如下。

(1)从载波连续分配的角度区分,载波聚合可分为同一频带内连续载波聚合(Intraband Contiguous CA)、同一频带内非连续载波聚合(Intraband Non-contiguous CA)和不同频带内非连续载波聚合(Inter-band Non-contiguous CA)三种。三种聚合方式尽管要求不同,但在信令面和用户面都采取相同的解决方案,以保持后向兼容。

对于连续载波聚合来说,聚合的成员载波距离最近,聚合的复杂度会比较低,只需要配置一个射频链,是最容易实现的;并且它对基站和UE终端的硬件要求以及所需要的成本和能耗均最低。与连续载波聚合相类似,在进行成员载波相距较小的频带内非连续载波聚合时,聚合复杂度较低,易实现。对于成员载波相距较大的频带内非连续载波聚合和频带间载波聚合来说,由于这种情况所聚合的成员载波较远,因此聚合难度较大,需要配置多个射频链,对UE终端的硬件能力要求相对较高,但是这种聚合方式可以充分利用频谱碎片,更加灵活,可以有效提高频谱利用率。在实际环境中,已经很难找到一段连续的100MHz带宽的频谱资源,所以非连续载波聚合的使用范围会更广。

(2)从上下行链路的角度区分,载波聚合可分为对称载波与非对称载波。两者的差异为后者上下行配置有不同数量或带宽的载波,但会带来切换及保持载波聚合连续性的困难。上行和下行链路可以完全独立地配置,但要求上行载波的数量不可超过下行载波的数量。

在实际的通信中,对系统的上行和下行链路有不同的峰值速率要求,上行和下行的数据量往往是不对称的。非对称载波聚合比对称载波聚合更有优势,它不仅可以获得更低的峰均比和更高的峰值速率,而且还具有较少的控制信道以及多样性用户等优点。但是它也会引起很多问题,在LTE-A系统中,如上下行成员载波之间的频率间隔不等于LTE系统固

定的上下行频率间隔,会导致LTE-A系统不能完全兼容LTE系统,还有在传输过程中上下行反馈相互交汇会引起上下行成员载波对应关系的混淆。

2.4 载波聚合典型应用场景

载波聚合有多种应用场景,可以在宏小区之间组合,也可以实现宏微组合,下面以两载波聚合(F1、F2)为例,根据载波聚合的覆盖范围、覆盖角度及覆盖方式等分析不同的网络覆盖方案。

(1)宏宏组合：共站同覆盖

F1和F2共站并且覆盖区域重叠,如图1所示,此时F1和F2提供几乎相同的覆盖范围。

这种场景要求F1和F2在相同的频段内,对F1和F2小区覆盖重叠的区域进行载波聚合。由于两个频段相邻,传播特性相似,覆盖能力基本相同,又采用相同的覆盖方向,所以能达到最大限度的双载波重叠覆盖区域,减少切换,可以增加整个小区的吞吐量和载波聚合效率。

(2)宏宏组合：共站不同覆盖

F1和F2共站并部分覆盖区域重叠,但由于较大的路径损耗,F1的覆盖区域较小,如图2所示。此时只有F2提供足够的覆盖,F1用来提高吞吐量。

这种场景是F1和F2在不同的频段,对于F1和F2小区覆盖重叠的区域可以进行载波聚合。由于两个载波在不同的频段内,传播特性有较大差距,覆盖能力不同,采用相同的覆盖方向时,只有在载波F1的覆盖范围内能实现载波聚合功

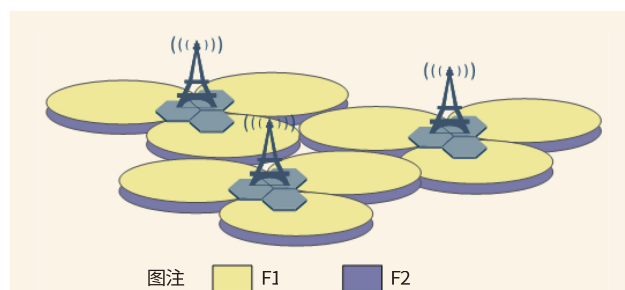


图1 共站同覆盖示意

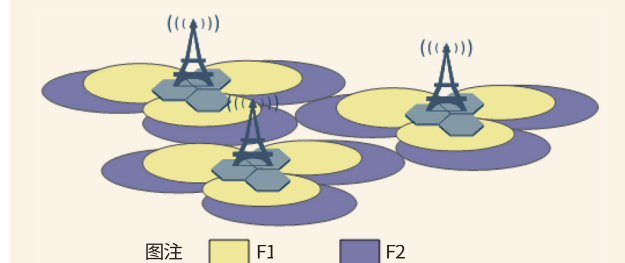


图2 共站不同覆盖示意

能,此时可以增加小区近中点吞吐量,还可以提高不同频段的载波利用率。

(3)宏宏组合：共站补盲

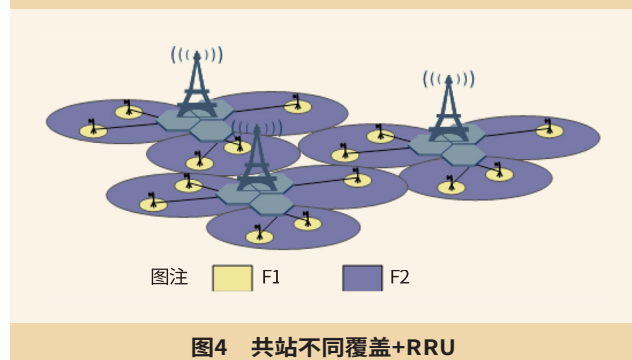
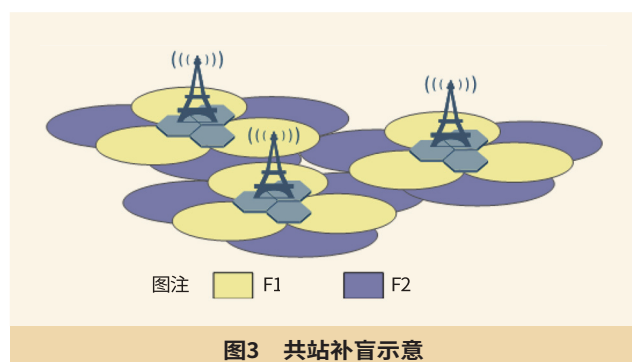
F1和F2共站,但是F1天线指向F2覆盖边界来提供小区边缘的吞吐量,如图3所示。此时F2提供足够的覆盖,但F1指向F2的小区边界或者覆盖盲区,以便改善覆盖范围和提高小区边缘吞吐量。

这种场景是F1和F2在不同的频段,对于同一个基站F1和F2小区在覆盖重叠区域可以进行载波聚合。由于两个载波在不同的频段内,覆盖能力不同而且覆盖方向也不同,此时两个载波的覆盖边界不重合,则造成载波聚合用户的切换和异频测量次数增加,小区设置相对复杂,且覆盖重叠区域进一步缩小,但对于整体区域而言提高了覆盖范围,增加了小区边缘吞吐量,减少了弱覆盖范围,而且可以提高载波聚合小区的灵活性。

(4)宏微组合：共站不同覆盖+RRU

F2提供宏小区覆盖,F1为RRU用来提高热点区域的吞吐量,如图4所示。此时在F2覆盖范围内,采用拉远RRU方案,可以涵盖多个微基站。

这种场景是F1和F2在不同的频段,对于F1微小区覆盖内可以进行载波聚合。F2以宏站扇区方式提供覆盖范围,F1以微站方式进行局部覆盖及解决热点容量,两者重叠覆盖区域最小,主要用于解决小区内的弱覆盖区域或者提高小区热点区域吞吐量。



3 TD-LTE载波聚合组网建议

3.1 频谱资源分析

根据工业和信息化部对TD-LTE频谱划分,中国移动获得的TD-LTE网络频段主要有:F频段(1.8GHz)、E频段(2.3GHz)、D频段(2.6GHz),共计130MHz,分配的频段详细见表1。

其中F频段和D频段主要用于室外覆盖,E频段主要用于室内覆盖。由表1可知,在E频段和D频段频谱带宽均超过20MHz,可以直接实现带内频谱的载波聚合,其中D频段有60MHz带宽,可实现 $3 \times 20\text{MHz}$ 的带内载波聚合。对于带间载波聚合,由于E频段主要用于室内覆盖,所以室外覆盖主要采用F频段和D频段的带间载波聚合。

3.2 组网方案分析

(1)带内连续载波聚合的组网方案

采用带内连续频谱进行载波聚合可以简化基站和UE的配置和降低网络改造成本,如在D频段内进行载波聚合。用带内连续的载波聚合时,子载波传播参数一致,覆盖范围相近。在宏基站的覆盖场景下,可分为共站同覆盖和补盲覆盖两种方案。同方向覆盖时,可以提高小区容量,并简化射频设置及天馈的安装,网络优化的设置相对简单。补盲覆盖则可以改善网络整体覆盖范围以及提高小区边缘吞吐量,但需要增加天馈,从而增加网络改造成本,不建议大规模使用,对于特殊场景如天线覆盖不周全的基站可以考虑使用。

(2)带间载波聚合的组网方案

带间载波聚合采用的子载波频谱一般相差较大,如F+D的载波聚合,因频段的不同,其传播参数的不同造成子载波的传播损耗及覆盖范围不尽相同。因此在宏站组网方案中,采用带间载波聚合时通常用低频段提供覆盖范围,高频段负责热点容量的覆盖方式,或者用高频段RRU拉远方式来提高覆盖范围及小区边缘吞吐量。此时要注意控制好两个频段的覆盖范围,因为在覆盖交界处会因增加UE异频测量次数而使得网络性能有所下降。

3.3 载波聚合部署建议

根据前述对中国移动TD-LTE网络频谱资源和组网方案

表1 中国移动TD-LTE频谱资源			
频段	频段范围 (MHz)	带宽 (MHz)	E-UTRA工作频带
F频段	1880~1900	20	39
E频段	2320~2370	50	40
D频段	2575~2635	60	41

(下转22页)

面向5G的新型多载波技术分析

刘金玲 陆海翔

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

首先分析5G的主要应用场景及技术需求,然后介绍几种面向5G的新型多载波技术,最后对几种技术的优缺点进行比较,并分析5G各类应用场景下适合采用的多载波技术。

关键词

多载波技术 F-OFDM FBMC UPMC GFDM

1 5G应用场景

从移动互联网和物联网主要应用场景、业务需求及挑战出发,可归纳出连续广域覆盖、热点高容量、低功耗大连接和低时延高可靠4个5G主要技术场景。

连续广域覆盖场景是5G最基本的覆盖场景,其目的是保证无论是在室内还是室外,无论是空旷场地还是各种恶劣环境,移动网络都无处不在,并且可以为用户提供100Mbit/s以上的体验速率。但覆盖能力强的低频资源非常有限,因此需要大幅提升系统频谱效率以达到最佳的覆盖效果。

热点高容量场景是为了满足高密度应用场景下的高带宽(高性能)接入,用户体验速率应达到1Gbit/s。超密集组网将是这一场景中重点使用的技术之一,但是由于节点间距离的减少,越发密集的网络部署将使得网络拓扑更加复杂,如何解决干扰将是需要重点考虑的问题。

低功耗大连接场景主要面向物联网业务,具有小数据包、低功耗、海量连接等特点,预计2020年,联网的设备数目将达到500亿,因此未来的5G网络单位覆盖面积内支持的设备数目将大大增加,相对于目前的4G网络将增长100倍,并满足100万/km²连接数的密度指标要求。

低时延高可靠场景可以为用户提供毫秒级的端到端时延和接近100%的业务可靠性保证,能够更好地满足当前及未来各种应用的需求,比如视频、车联网、远程医疗、超大规模的传感器网络、电网、交通乃至智慧城市控制等。当然,还包括当前炙手可热的AR(Augmented Reality,增强现实)和VR(Virtual Reality,虚拟现实)。

2 面向5G的新型多载波技术原理

2.1 F-OFDM

对于传统的OFDM系统,其频域子载波带宽、时域符号周期长度、CP(Cyclic Prefix,循环前缀)和GP(Guard Period,保护间隔)均是固定的。单一的固定参数无法满足5G多场景的要求。针对这一问题,F-OFDM技术应运而生,F-OFDM提出了一个新的理念:对于各种不同的应用需求,OFDM应该能够灵活的配置各种参数。其基本原理是将整个频带划分为多个子带,每个子带可以根据实际业务需求来配置不同的波形参数。各子带通过子带滤波器进行滤波,从而实现各子带数据的解耦。

F-OFDM技术的优点是可以将整个频段按照未来不同种类的业务精细分割,对空中接口实现灵活切片,更好地支持不同业务对带宽时延、可靠性的要求。另一方面,F-OFDM每个子带可以认为是不重叠的,所以造成的频谱泄露很少,具有极低的带外泄露,不仅能提高频谱使用率,还可以有效利用零散频谱实现与其他波形共存。

2.2 FBMC

对于OFDM系统而言,系统带宽内只有一个滤波器,所有的子载波都在这个滤波器内,而且需要子载波完全正交来保证子载波之间没有干扰。和OFDM不同的是,FBMC给每个子载波根据需要加了一个单独的滤波器,滤波器经过特殊设计可有效消除ISI(Inter Symbol Interference,符号间干扰),由于各子载波之间不必是正交的,允许更小的频率保护带,因此不需要插入CP。

FBMC有很多优点可满足5G通信技术的需求，如良好的带外抑制，不需要CP，极高的频谱使用效率，各载波不需要保持同步，适合于零散化的碎片频谱利用等。但对于FBMC而言，由于滤波器设计的需要，首先增加了设计系统的复杂度和设备的硬件开销；其次，因为FBMC没有通过CP而仅仅通过滤波器来抵抗ICI（Inter Channel Interference，信道间干扰），在信道估计时存在很大困难，所以与MIMO结合存在很大的困难，这对FBMC而言，是个致命的缺点；最后，因为子载波的带宽很窄，所以相应滤波器的冲击响应通常很长，阶数要很多，所以对于某些短突发传输的场合并不适用。

2.3 UPMC

FBMC是对每个子载波独立进行滤波操作，而UPMC则是对一组连续的子载波进行滤波处理。很显然，当每组子载波的数目变成1时，对应的就是FBMC。因此，UPMC被称为通用滤波OFDM。

对一组连续子载波进行滤波可以使UPMC具有更大的灵活性，它除了具有FBMC传输的优点外，从低带宽、低功率的物联网设备到高带宽的视频传输，UPMC都可以支持。相比于FBMC的滤波器长度，UPMC技术可以使用较短滤波器长度，这样可以支持短突发通信，可以作为未来5G无线系统支持大量MTC（机器通信）和低成本IoT传输的一个潜在候选技术。而UPMC只需控制一组连续子载波的旁瓣和带外抑制，就可以明显减少旁瓣对邻道的干扰，并降低滤波器实现的复杂度。

同时，在UPMC中，可以选择支持增加CP。这会带来两个好处：首先，由于增加CP，提高抵抗ICI的能力，更方便地实现信道估计，进而和MIMO技术相结合；另外，根据CP配置的不同，UPMC可以提供不同的子载波带宽和符号长度，可以满足不同业务的视频资源要求。

不过，虽然UPMC比FBMC有更多的优势，但在实际应用中，大尺度的时延扩散，需要更高阶的滤波器来实现。同时，在接收机处需要更复杂的算法，从而增加系统的复杂度。因为CP并不是必须要添加，所以会引起符号干扰和子载波间的干扰。

2.4 GFDM

GFDM是一种采用非矩形脉冲成型的多载波调制系统，利用循环卷积在频域上实现DFT滤波器组结构。其将S个时隙和M个子载波上的符号块视为一帧，且不必在每一个符号前面添加循环前缀，只需在一帧前面添加循环前缀即可，避免帧间干扰的同时，提高频谱利用率。

根据不同类型的业务和应用对空中接口的要求，GFDM

可以选择不同的脉冲成型滤波器和插入不同类型的CP。由于GFDM信号在频域具有稀疏性，可以设计较低复杂度的发射和接收算法。此外，GFDM基于独立的块调制，通过配置不同的子载波与子符号，使其具有灵活的帧结构，可以适用于不同的业务类型。GFDM的子载波通过有效的原型滤波器滤波，在时间和频率域被循环移位，此过程减少带外泄露，使目前的服务或其他用户之间不产生严重干扰，因而具有FBMC的ICI抑制能力。

3 多载波技术比较及国内试验进展

3.1 技术特点比较

多载波技术的一个共同点是通过滤波器的方式降低带外泄露以及减小对于时频同步的要求。FBMC原理方案中所使用的滤波器组是以每个子载波为粒度的。通过优化的原型滤波器设计，FBMC可以极大地抑制信号的旁瓣，而且与UPMC类似，FBMC通过去掉CP的方式降低开销。UPMC和F-OFDM方案中的滤波器组都是以一个子带为粒度的，两者的主要差别：一是，UPMC使用的滤波器阶数较短，相比而言F-OFDM需要使用较长的滤波器阶数；二是，UPMC不需要使用CP，而考虑到后向兼容的问题，F-OFDM仍然需要CP，其信号处理流程与传统的OFDM基本相同。对于GFDM方案而言，根据一个GFDM块中不同的子载波以及子符号数配置，该方案可以把OFDM以及单载波的频域均衡作为其一个特例。除此之外，与OFDM中每个符号添加CP不同，GFDM通过在一个GFDM块前统一添加一个CP的方式来降低开销。同时，在FBMC以及GFDM中通常使用OQAM调制，来减小邻道干扰以及降低实现复杂度。

3.2 研发和测试进展

在国内主流厂商中，对于新型多载波技术，华为公司主推F-OFDM；诺基亚和上海贝尔主推UF-OFDM（即UPMC）；中兴公司主推FB-OFDM（Filter Bank-Orthogonal Frequency Multiplexing，基于滤波器组的正交频分复用），其原理是通过多个滤波器（即滤波器组）对传输带宽里的多个子载波分别滤波。

2016年初，工业和信息化部启动5G技术研发试验，具体由IMT-2020（5G）推进组负责实施，各运营商、设备厂商及科研机构共同参与。试验分为关键技术验证、技术方案验证和系统方案验证三个阶段推进实施。目前多载波技术已经完成第一阶段的测试工作，华为、中兴、诺基亚和上海贝尔分别对各自主推的多载波技术进行测试，结果如下。

(1)通过大幅度降低带外辐射，5G新型多载波技术可有效支持相邻子带的异步传输。

(2) 5G新型多载波技术可满足5G移动通信系统在统一技术框架的基础上,支持不同场景下的、差异化的技术方案的需求。

(3) 诺基亚上海贝尔的测试结果显示:

- 频偏4 kHz时,上海贝尔UF-OFDM性能没有损失,对比CP-OFDM性能下降6dBm;
- 同步偏差存在1/2的符号时,UF-OFDM比CP-OFDM的性能要好2dBm。

4 结束语

5G选用的多载波技术将充分考虑到不同应用场景的差异化需求,各种多载波技术将会出现共存的情况。在连续广域覆盖场景和热点高容量场景,如何提升频谱效率是该场景重点考虑的内容,相比之下,FBMC、UFMC技术更符合该场景的需求。在低功耗大连接场景,海量的设备连接、超低的终端功耗与成本是该场景面临的主要挑战。F-OFDM、FBMC技术在灵活使用碎片频谱、支持窄带和小数据包、降低功耗与成本方面具有显著优势。在低时延高可靠场景,应尽可能降低空中接口传输时延、网络转发时延及重传概率,以满足极高的时延和可靠性要求,UFMC、GFDM技术将是

(上接19页)

的分析,以及当前TD-LTE产业链进展情况,建议TD-LTE载波聚合采用如下部署策略。

(1) 室外覆盖场景

- 在D频段连续覆盖区域优先开启D+D带内连续载波聚合(此时可不考虑F频段是否连续覆盖),提高网络容量和用户速率,如密集城区、流量话务较高等区域;
- 在F频段连续覆盖区域,D频段分层非连续覆盖时,建议优先开启带内F+D载波聚合,F频段作为基础覆盖,D频段用于吸收热点区域容量或补盲覆盖。

(2) 室内覆盖场景

目前LTE室内覆盖主要采用E频段组网,共分配50MHz频谱资源,尚有部分频段分配给TD-SCDMA室内使用,可根据实际情况在室内覆盖建设时采用E+E带内连续载波聚合。

另外,随着中国移动对其拥有的其他频段资源进行频谱重耕,如1900~1920 MHz(B39、TD-SCDMA)、2010~2015MHz(B34、TD-SCDMA)等,将可以有更多的TDD制式的频谱资源用于TD-LTE网络的载波聚合。

4 结论

载波聚合可以显著提升网络峰值速率,尤其是小区边缘用户速率,提升用户感知。采用联合调度,载波选择更灵

该场景的优先选择。

参考文献

- [1] Jeffrey G.Andrews,Stefano Buzzi,Wan Choi,What will 5G be?[J].IEEE Journal on Selected Areas in Communications,2014,32(6)
- [2] IMT-2020(5G)推进组.5G概念白皮书[R].北京:《5G概念白皮书》发布会,2015
- [3] Fa Long Luo,Signal Processing Techniques for 5G:An Overview[J].ZTE Communications,2015(1)
- [4] IMT-2020(5G)推进组.中国5G试验的成果汇总(第一阶段).北京:5G

创新发展高峰论坛,2016

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

刘金玲

硕士,毕业于吉林大学,工程师,主要从事无线网规划和设计工作。

陆海翔

本科,毕业于上海大学,高级工程师,主要从事通信网络的咨询、规划和设计工作。

活,使小区间的负载更均衡,提升了系统性能,还可以合并使用零散的频谱资源,提高网络容量。随着4G用户的增加,移动数据业务的需求将显著提升,采用载波聚合技术,能够为移动用户提供更高速、更丰富的业务体验,更好地应对数据业务流量的爆发式增长,提高TD-LTE网络的竞争力。

参考文献

- [1] 顾斌.LTE载波聚合研究[J].电信网技术,2016(8)
- [2] 陈捷.TD-LTE网络载波聚合技术应用研究[J].电信工程技术与标准化,2016(1)
- [3] 李坤江.TD-LTE载波聚合技术分析[J].移动通信,2015(3~4)
- [4] 马小平,黄胜,李素海.载波聚合技术在TD-LTE系统中的应用研究[J].

电信技术,2015(4)

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

章丽飞

毕业于上海大学,本科,工程师,主要从事无线网规划、设计工作。

陆巍

毕业于北京邮电大学,硕士,高级工程师,主要从事无线网规划、设计工作。

3D-MIMO技术应用研究

黄晓栋 王 锐

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 为了在进一步提升4G用户速率的同时弥补传统MIMO天线的技术缺陷,采用新型的3D-MIMO技术,通过立体深化覆盖,精准波束降低干扰,空间化提高频谱利用等多种方式,实现提升资源利用率,增强覆盖深度,弱化干扰影响的成效,并提升无线网络速率。

关键词 无线网络速率 3D-MIMO 频谱效率

1 引言

目前,无论是通信制式的更新,还是基站设备的提升以及终端能力的改进,对现有网络的提升都已经到达了彼此配合的收益最大化,无论是连接层、网络层、传输层、应用层都有着可观的发展,而今物理层数据的传播成为整体速率提升的一个阻碍,具体来说,天线技术迟迟停留在传统MIMO技术,使得TD-LTE这个“大桶”,总有天线这个“短板”使得整体无法产生质的变化。

2 MIMO技术的发展演进

2.1 传统MIMO技术的优势与缺陷

MIMO允许多个天线同时发送和接收多个空间流,并区分发往或来自不同空间方位的信号,使空间成为一种可以用于提高性能的资源,并能够增加无线系统的覆盖范围,具有两大优势。

(1)优势一,提高信道容量。MIMO接入点到MIMO客户端之间可以同时发送和接收多个空间流,信道容量可以随着天线数量的增大而线性增大,因此可以利用MIMO信道成倍地提高无线信道容量,在不增加带宽和天线发送功率的情况下,频谱利用率可以成倍地提高。

(2)优势二,提高信道的可靠性。利用MIMO信道提供的空间复用增益及空间分集增益,可以利用多天线来抑制信道衰落,降低误码率。

虽然MIMO具有如此优越的技术特点,但是由于其信号平面化传播的方式,使得其在覆盖深度、干扰抑制以及资源利用三个方面仍旧存在不足,主要有以下5点。

(1)一是,空间覆盖不足。传统MIMO只支持单纯水平

面或垂直面的信号分析,无法立体化地实现信号覆盖,在一定程度上还是对空间资源的浪费。对于高层楼宇,15层以上用户深度速度较差,小区边缘用户速率低。

(2)二是,平面信号识别度低。平面信号无法识别中心用户和小区边缘用户,随着用户的位置移动,会造成中心用户和边缘用户的感知骤降。

(3)三是,干扰消除能力欠缺。虽然通过空间复用和分级增益,降低了无码,但是平面信号无法跟踪终端,消除其对其他用户或小区产生的干扰,且普通宏站赋型波束宽,易对邻区UE产生干扰。

(4)四是,对高层室内覆盖不足。对于高层建筑,依旧依赖于室内分布或者其他形式的基站进行补盲,无法实现对楼宇的全覆盖和深度覆盖。

(5)五是,容量仍有待提升。下行只能提供2流空分复用,且在现有网络配置下上行容量一直受限。

鉴于传统MIMO技术存在覆盖深度、干扰抑制以及资源利用均不足的遗憾,需要探索一种新型的天线传播技术,来弥补现有传统MIMO平面信号所存在的弊端,即3D-MIMO技术。

2.2 3D-MIMO技术原理

3D-MIMO技术是基于Massive MIMO的一种全新的天线覆盖方式。2010年底Thomas L.Marzetta提出了Massive MIMO概念,让基站使用多达数百根天线,同时支持多个UE。在基站天线数趋于无穷大时,影响系统性能的热噪声和小区间干扰可以被忽略不计,Massive MIMO通过数量众多的天线来增加有用信号的功率,通过增加信噪比(SNR)

来降低干扰的影响。在基站天线数趋于无穷时,发送信号占用带宽足够小,信道近似平坦信道,信道衰落系数为1,MIMO信道容量随着天线数目的增加而线性增大。相比较传统MIMO技术,新型的3D-MIMO技术无论是在覆盖深度、覆盖范围、信号识别度、抗干扰能力、容量等方面都有显著地提升。

单纯从技术角度考虑,3D-MIMO和Massive两者的研究与标准化似乎更应该是递进的关系,即先确定3D-MIMO的框架,再逐渐扩展其规模。3D-MIMO阶段有可能会利用类似CoMP中为UE配置多个CSI-RS Pattern的方式增加等效端口数。但很明显的是,尽管不能排除在Massive MIMO阶段继续增加导频端口的可能性,但是一味地通过增加导频开销来满足Massive MIMO需求的方式,无论从性能增益还是标准化复杂度角度考虑,都将是不可行的。因此一种更为现实的方式是:3D-MIMO阶段引入一些新的机制,以实现垂直维信道测量,而Massive阶段在这一基础之上,可能会更侧重于通过上行信道来获取CSI(目前关于Massive MIMO的理论研究主要是基于TDD假设的)。也就是说测量机制可能会成为3D-MIMO与Massive MIMO技术在LTE标准化过程中一个隐性的分界点。3D-MIMO的三大特点如下。

(1)空间立体维度全覆盖

3D-MIMO除调节天线水平维度的角度外,还加入了垂直维度的角度机制,从而释放了垂直维度,可以进一步增强空间复用,提升小区容量,这是与传统MIMO技术只能进行平面信号传播的巨大区别。

较之传统MIMO基站,一个3D-MIMO基站即可覆盖整栋高楼。全新的3D-MIMO基站可覆盖60°垂直范围、10°~20°水平范围。这样高层覆盖选址难、覆盖范围不足的问题可得到大大改善,并且可以提高小区边缘业务速率。

(2)高精波束降低干扰,精准覆盖

3D-MIMO技术通过增加天线数量,使业务波束变窄,波束能量更集中,从而增强业务性能。相比普通宏站赋型波束宽易对邻区UE产生干扰,3D-MIMO技术可以实现高精三维波束,波束宽度降低一半,降低干扰;并且3D-MIMO基站利用高精的波束可以实现精准覆盖,通过智能权值分区并精准覆盖场馆,可降低小区间干扰,同时节省站点数量,降低投资,能够全方位立体地追踪用户位置,实现VIP区域重点保护和VIP用户精准保护。

此外3D-MIMO可以识别小区中心和边缘用户,消除由于用户物理位置变动而引发的感知骤降。

(3)高效空分复用提升频谱效率

由于波束的窄化,同样的空间资源下,使得空间复用更容易,可以容纳的流数随之增多,小区容量得以提升。

相比较普通宏站提供的下行2流空分复用以及1UL:3DL的上行配比,3D-MIMO可以提供下行8~16流的空分复用,上行4~8流的空分复用。这使得在普通宏站相同的覆盖半径的情况下,3D-MIMO基站可以提供比之前3~5倍的容量,完全可以满足热点区域的大容量业务需求。

对于光纤部署受限的区域,可通过无线固定接入方式覆盖盲区。3D-MIMO基站+CPE的方式可解决这部分区域光纤部署无法到位的问题,相比较,宏站+CPE方式能提供更大的系统容量。

3 3D-MIMO的应用效果

3.1 组网结构及方案

3D-MIMO同LTE网络一样采用扁平化网络结构和与现网宏站相同的组网策略,重选、切换参数引用宏站当前配置;在条件合适的地市,建议采用D3载频(2615~2635MHz);在支持D3载频终端少的地方建议配置D2载频(2595~2615MHz),主要用于吸收热点话务及高层建筑覆盖,形成D1/D2/D3的叠加组网。针对和F频段覆盖做F+D的组网,需要考虑F和D的覆盖范围差异的问题。

3.2 应用场景分析

通过分析用户吞吐量来衡量2D和3D-MIMO的性能差异,差异性主要体现在控制天线的端口数一致或者天线单元数一致的情况下,其中3D-MIMO采用二维天线阵列结构,通过控制天线水平和垂直的天线单元数进行不同的组合。3D-MIMO技术在不改变现有天线尺寸的条件下,可以将每个垂直的天线阵子分割成多个阵子,从而开发出MIMO的另一个垂直方向的空间维度,进而将MIMO技术推向一个更高的发展阶段。

通过不同广播权值配置,3D-MIMO可以实现水平或者垂直维度的覆盖能力,现阶段3D-MIMO应用建议以下场景。

- 宏覆盖场景,忙时具有较高的小区业务流量要求。
- 高楼覆盖区域,满足水平张角不大于25°,垂直张角不小于60°,忙时具有较高的业务流量的要求。

现阶段为了更好地发挥3D-MIMO技术特点,在站点工程勘探时,对于目标小区的选择有一些基本的要求,即建议在现有D频段网络基础上,用3D-MIMO基站吸收现网的高热小区业务流量,或者对具有大容量业务需求的高层建筑等特殊环境的覆盖等。

- 需要确定目标小区的覆盖场景:3D-MIMO基站适用于宏覆盖场景和高层建筑覆盖场景。不需要更换硬件,通过配置广播权值,即可实现对两种场景的覆盖,因此需要明确目标小区是宏覆盖小区还是高层建筑小区。



图1 3D-MIMO和8通道天线部署示意

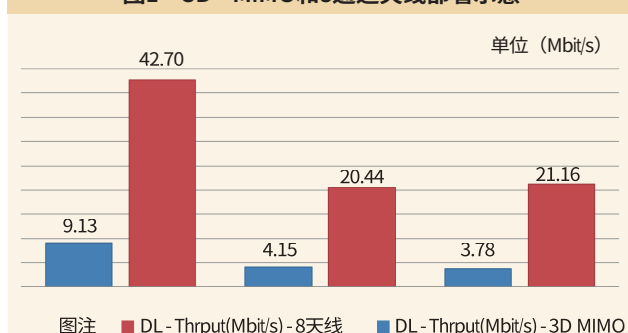


图2 3D-MIMO与8天线场景测试对比

目前目标小区的空中接口无线资源状况：采用3D-MIMO技术，借助于空中接口多流的空分能力，小区下行和上行业务吞吐量和现网8通道宏站相比，有2~4倍的提升，信道相干性越低，小区空分能力越强，能够支持的速率就越高。

目标小区的用户数情况：目前3D-MIMO基站的用户个数和8通道宏站一致，因此3D-MIMO基站适用于小区内用户业务速率较高的小区。

3.3 实地场景应用对比

2016年，某公司进行3D-MIMO技术试点，试点位置位于市中心区域，附近大多为办公大楼及商业区，人流量非常大。在该区域附近挑选一个现有基站按相同部署方式放置了3D-MIMO和现网8通道天线，进行测试对比，建设方式均采用抱杆方式。具体部署示意如图1所示。

采用8部普通4G终端按照2近4中2远的放置方式同时进

行FTP下载，在3D-MIMO技术试点场景和原8天线覆盖场景下分别测试。从测试结果来看，小区下行速率相比原常规8天线提升了4~6倍。各项数据比较如图2所示。

由以上对比分析可知，3D-MIMO技术通过多天线空间覆盖的方式增强小区的覆盖深度，利用高精波束降低小区间干扰，实现精准覆盖，其立体化空间特性还增大频谱利用率，提升用户容量，很大程度上弥补传统MIMO的不足，有效地提升用户在数据业务上的体验质量。

4 结束语

在3D-MIMO技术带来诸多优势的同时，不得不正视其存在的不足，如天线数量的增加使得受力面加大，无形中增加了抱杆或者墙体的负荷及其所带来的安装施工成本，并存在更大的安全隐患。3D-MIMO技术的发展还需要联合业界系统厂商和下游器件厂商共同推进，扩大开展更多场景，更大规模的现网外场试验并积极推进支持3载波的3D-MIMO商用基站。

参考文献

- [1] 张彬,温正阳.3D-MIMO技术在后LTE时代中的应用[J].移动通信,2015(10)
 - [2] 于凯.5G移动通信系统中3D-MIMO的波束形成[D].大连:大连海事大学,2016
 - [3] 董丽峰,肖莹,刘群.LTE关键技术3D-MIMO[J].科技创新与应用,2016(34)
 - [4] 金婧.3D-MIMO从理论到实践[J].移动通信,2016(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

黄晓栋

本科,毕业于同济大学,工程师,主要从事无线网规划、设计工作。

王锐

本科,毕业于交通大学,工程师,主要从事无线网规划、设计工作。

5G双工技术剖析

孙 玮

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 首先介绍5G双工技术的主要原理,然后罗列5G双工技术的主要优势,最后重点对5G双工技术的实现难点如互干扰的抑制方法、自干扰的消除方法等进行分析。

关键词 频谱效率 灵活频带技术 同时同频全双工 互干扰 自干扰 干扰消除

1 5G双工技术的主要原理

移动通信系统存在两种双工方式,即FDD(Frequency Division Duplexing, 频分双工)和TDD(Time Division Duplexing, 时分双工)。FDD系统的接收和发送采用不同的频带,而TDD系统在同一频带上使用不同的时间进行接收和发送。

在实际应用中,两种制式各有自己的优势。和TDD相比,FDD具有更高的系统容量、上行覆盖更大、干扰处理简单等优势,同时不需要网络的严格同步;然而FDD必须采用成对的收发频带,在支持上下行对称业务时能够充分利用上下行的频谱,但在支持上下行非对称业务时,FDD系统的频谱利用率将有所降低。5G网络将以用户体验为中心,实现更为个性化、多样化的业务应用。

随着在线视频业务的增加,以及社交网络的推广,未来移动流量呈现出多变特性:上下行业务需求随时间、地点而变化,现有通信系统采用相对固定的频谱资源分配方式,无法满足不同小区变化的业务需求。针对5G多样的业务需求,灵活频带技术可以实现灵活双工,以促进FDD/TDD双工方式的融合。

灵活双工能够根据上下行业务变化情况动态分配上下行资源,有效提高系统资源利用率。根据其技术特点,灵活双工技术可以应用于低功率节点的小基站,也可以应用于低功率的中继节点。

灵活频带技术将FDD系统中部分上行频带配置为“灵活频带”。在实际应用中,根据网络中上下行业务的分布,将“灵活频带”分配为上行传输或下行传输,使得上下行频谱资源和上下行业务需求相匹配,从而提高频谱利用率。

灵活双工可以通过时域和频域的方案实现。在FDD时域方案中,每个小区可根据业务量需求将上行频带配置成不同的上下行时隙配比;在频域方案中,可以将上行频带配置为灵活频带以适应上下行非对称的业务需求。同样的,在TDD系统中,每个小区可以根据上下行业务需求来决定用于上下行传输的时隙数目,实现方式与FDD中上行频段采用的时域方案类似。

CCFD(Co-time Co-frequency Full Duplex, 同时同频全双工技术)是指设备的发射机和接收机占用相同的频率资源同时进行工作,使得通信双方上下行可以在相同时间使用相同的频率,突破现有的FDD和TDD模式,是通信节点实现双向通信的关键之一,也是5G所需的高吞吐量和低延迟的关键技术。传统双工模式主要是频分双工和时分双工,用以避免发射机信号对接收机信号在频域或时域上的干扰,而新兴的CCFD采用干扰消除的方法,减少传统双工模式中频率或时隙资源的开销,从而达到提高频谱效率的目的。与现有的FDD或TDD双工方式相比,CCFD能够将无线资源的使用效率提升近一倍,从而显著提高系统吞吐量和容量。

2 5G双工技术的技术优势

灵活双工顺应当前TDD&FDD融合的趋势,具有很好的业务适配性,不仅适用于5G,也适用于4G增强技术。同时,灵活双工的设计可以应用于全双工系统,具有很好的前向兼容性。

CCFD实现同一信道同时发送和接收,相比FDD和TDD的半双工技术,其频谱效率将提升一倍。其次,相比TDD技术,全双工可大幅度缩短时延。全双工技术下,发

送完数据之后即刻接收反馈信息，减少时延。另外，在传送数据包的时候，无需等待数据包完全到达才发送下一个数据包，特别是在重传的时候，时延会更大大减小。另外，由于同频全双工中继节点的收发天线进行同时通信，因此消除隐藏终端和降低网络拥塞。此外，同频全双工在认知网络通信系统当中，接收天线时刻接收数据能快速感知频谱授权用户的频谱占用状态，为次级用户快速接入和释放频谱资源提供技术优势。

3 5G双工技术的实现难点

灵活双工的主要技术难点在于不同通信设备上下行信号间的相互干扰问题。这是因为在LTE系统中，上行信号和下行信号在多址方式、子载波映射、参考信号谱图等多方面存在差异，不利于干扰识别和删除。因而，上下行信号格式的统一对灵活双工系统性能的提升非常关键。对于现有的LTE系统，可以调整上行或下行信号实现统一格式，如采用载波搬移、调整解调参考信号谱图或静默等方式，再将不同小区的信号通过信道估计、干扰删除等手段进行分离，从而有效解调出有用信息。而未来的5G系统很可能采用新频段和新的多址方式等，上下行信号将进行全新的设计，可根据上下行信号对称性原则设计5G的通信协议和系统，从而将上下行信号统一，那么上下行信号间干扰自然被转换为同向信号间干扰，再应用现有的干扰删除或干扰协调等手段处理干扰信号。上下行对称设计要求上行信号与下行信号在多方面保持一致，包括子载波映射、参考信号正交性等方面的问题。

此外，为了抑制相邻小区上下行信号间的互干扰，灵活双工将采用降低基站发射功率的方式，使基站的发射功率达到与移动终端对等的水平。未来宏站将承担更多用户管理与控制功能，小站将承载更多的业务流量，而且发射功率较低，更适合采用灵活双工。

同时CCFD的应用面临不小的挑战。采用同时同频全双工无线系统，所有同时同频发射节点对于非目标接收节点都是干扰源，同时同频发射机的发射信号会对本地接收机产生强自干扰。在全双工模式下，如果发射信号和接收信号不正交，发射端产生的干扰信号比接收到的有用信号要强数10亿倍（大于100dBm）。因此，同时同频全双工系统的应用关键在于干扰的有效消除。在点对点场景同时同频全双工系统的自干扰消除研究中，根据干扰消除方式和位置的不同，有三种自干扰消除技术，分别为天线干扰消除、射频干扰消除和数字干扰消除。

天线干扰消除有两种实现原理，一是通过天线布放实现，二是通过对收/发信号进行相位反转实现。空间布放实现的天线对消：通过控制收发天线的空间布放位置，使不同

发射天线距离接收天线相差半波长的奇数倍，从而使不同发射天线的发射信号在接收天线处引入相位差 π ，可以实现两路自干扰信号的对消。相位反转实现的天线对消：在对称布放收发天线的基础上，成对的发射/接收天线中，信号发射之前或接收之后在天线端口处引入相位差 π ，可以实现自干扰信号的对消。

射频干扰消除是通过从发射端引入发射信号作为干扰参考信号，由反馈电路调节干扰参考信号的振幅和相位，再从接收信号中将调节后的干扰参考信号减去，实现自干扰信号的消除。现有的模拟芯片QHx220可用于射频干扰消除。

数字干扰消除是采用相干检测而非解码来检测干扰信号，相干检测器将输入的射频接收信号与从发射机获取的干扰参考信号进行相关。由于检测器能够获取完整的干扰信号，用其对接收信号进行相干检测，根据得到的相关序列峰值，就能够准确得到接收信号中自干扰分量相对于干扰参考信号的时延和相位差。采用数字干扰消除能够进一步提升有用信号的SINR值。

目前全双工技术均在实验阶段，尽管有了一定的技术突破，但要真正实现和应用，还面临着三个方面的挑战：

- (1)电路板件设计，自干扰消除电路需满足宽频（大于100MHz）和多MIMO（多于32天线）的条件，且要求尺寸小、功耗低以及成本不能太高；
- (2)物理层、MAC层的优化设计问题，比如编码、调制、同步、检测、侦听、冲突避免、ACK等，尤其是针对MIMO的物理层优化；
- (3)对全双工和半双工之间动态切换的控制面优化，以及对现有帧结构和控制信令的优化问题。

另外，研究表明，异构网络（HetNet）技术使得无线通信系统中频谱效率得以提升。由于在HetNet系统中宏蜂窝与微蜂窝共存，宏基站、微基站以及移动用户之间相互干扰，使得HetNet当中层内干扰与层间干扰共存，并且随着无线网络的密集化，层间干扰和层内干扰愈加剧烈，从而严重制约无线网络容量的提升，尤其是使用同时同频全双工中继协作传输技术，干扰愈加复杂化。因此，在复杂干扰环境当中，同时同频全双工节点资源共享问题将是另一个技术挑战。

4 结束语

面对5G多样化的业务需求，灵活双工技术给出灵活、有效的应对之道。虽然目前灵活双工可能受到频谱管理规则的限制，但如果能够通过技术手段控制灵活双工对其他系统的干扰，并且灵活双工技术所带来的增益被认可，未来申请规则的改变是可能的。

（下转30页）

中国电信LTE多频组网业务承载策略研究

徐卸士

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 通过研究LTE相关无线参数,提出基于频点特性、带宽、业务相关的LTE多频组网承载配置策略,供LTE无线网络规划和优化人员参考。

关键词 多频 业务承载 参数

1 前言

随着中国电信LTE网络商用和覆盖水平的提升,现有的800MHz频段DO数据业务已经快速迁移至LTE网络,可以空出少许频点用来部署800MHz频段的LTE网络。利用LTE网络承载更高质量的VoLTE语音,逐步退服2G和3G网络,简化移动网络架构,节约移动网络运维成本。

中国电信初期采用1.8GHz(15MHz带宽)+2.1GHz(20MHz带宽)高频段布网,高频段LTE网络容量高,但网络深度覆盖和CDMA 800MHz频段差距较大,为此中国电信启动800MHz频段重耕,希望利用800MHz低损耗优势提升LTE网络的深度覆盖,为后续的VoLTE业务打下良好的基础。但800MHz的LTE网络资源只有1.4MHz或3MHz,难以承载太多的业务,为此需要制定业务承载策略,使得多频点LTE网络可以高效协同运行。

2 LTE频段资源分析

目前工业和信息化部指配给中国电信可用于FDD-LTE组网的无线频率见表1。

根据表1的频段资源分析,1.8GHz和2.1GHz频段带宽大,容量高,可以承担大部分数据和语音业务,800MHz频段带宽小容量小,不能提供高速率的数据业务,也不能承载过多的业务。

3 业务承载控制策略

1.8GHz LTE网络带宽为15MHz,站点数较多,资源充裕,作为LTE的主力覆盖,承载绝大部分数据业务与VoLTE业务,大部分室外区域的终端优先选择驻留在1.8GHz LTE网络。

2.1GHz LTE网络带宽为20MHz,但站点资源较少,主要作为室内覆盖以及热点区域话务吸收,在以上区域终端优先选择驻留在2.1GHz LTE网络,承载该区域数据业务与VoLTE业务。

800MHz LTE网络带宽为1.4/3MHz,带宽较小,资源不充裕,站点数和CDMA 800MHz相同,但深度覆盖效果好,初期主要用于弥补1.8GHz与2.1GHz LTE弱覆盖区域,承载弱覆盖区域VoLTE业务以及少量的数据业务。

4 无线参数配置

为了实现基于业务的载频承载策略,需要对终端空闲态选网以及业务态切换参数进行优化设置,确保各频段业务承载符合预先制定的策略。

4.1 空闲态小区选择参数

LTE终端小区选择根据S准则,只要终端测量到的某小区的 $Srxlev > 0$ 且最大,终端将驻留该小区,S准则计算公式如下:

$$Srxlev = Qrxlevmeas - (Qrxlevmin + Qrxlevminoffset) - Pcompensation$$

S准则中各参数的含义见表2。

目前小区选择主要是由 $Qrxlevmin$ (小区最小接入电平)决定,小区的 $Qrxlevmin$ 越大越不容易被终端选上。为了实现终端空闲态容易选择1.8GHz或2.1GHz的LTE网络,如某地LTE网络将1.8GHz与2.1GHz频段的小区最小接入电平 $qRxLevMin$ 设置为-130dBm,800MHz的小区最小接入电平 $qRxLevMin$ 设置为-126dBm。不同地区的参数取值需根据网络的负荷情况适当调整。

4.2 空闲态载频间重选参数

终端驻留小区之后，开始解调服务小区的系统消息，获知小区的重选优先级，并随着终端的移动开始测量服务小区和邻小区信号强度，以便随时进行小区重选。小区重选分为同频小区重选、不同频点优先级小区重选。

小区重选依据小区重选优先级和同频小区重选R准则。当终端处于话务热点和室内系统覆盖区域时，终端优先选择2.1GHz网络，为此将2.1GHz网络优先级设置最高。在1.8GHz和800MHz同时提供覆盖的区域，终端优先选择1.8GHz，当2.1GHz或1.8GHz的信号低于某个较低门限（网络弱覆盖区域）时，终端重选到低优先级的800MHz网络。当处于LTE网络盲区时，终端回落到EV-DO 800MHz网络，为各频点小区重选优先级设置见表3。

同频小区重选根据R准则不做过多介绍，主要介绍不同优先级的重选机制，设置了频点优先级表明终端重选的优先原则，不同优先级的异频小区重选根据以下规则进行。

终端定期搜索高优先级小区，当高优先级邻区的 $Srxlev > threshX-High$ （高优先级电平门限）时，终端将向高优先级小区进行重选。

表1 中国电信频率资源

Band	上行频段 (MHz)	下行频段 (MHz)	带宽 (MHz)
1	1920~1940	2110~2130	20(LTE)
3	1765~1780	1860~1875	15(LTE)
5	825~835	870~880	10 (1.4/3MHz LTE)

表2 小区选择参数含义

Srxlex	小区选择S值，单位dBm
Qrxlevmeas	测量小区的RSRP值，单位dBm
Qrxlevmin	小区中RSRP最小接收强度要求，单位dBm，广播消息中获得
Qrxlevminoffset	当驻留在VPLMN上搜索高优先级PLMN上的时候，采用Srxlevi评估小区质量，需要对Qrxlevmin进行的偏移，用于防止乒乓效应
Pcompensation	Max (PEMAX - PUMAX, 0)，单位dBm，一般取值是0
PEMAX	终端在小区中允许的最大上行发送功率，单位dBm，广播消息中获得
PUMAX	由终端能力决定的最大上行发送功率，单位dBm

表3 载频优先级

频段	载频优先级
FDD 2.1GHz	7 (室内站)
FDD 1.8GHz	6 (宏站)
FDD 800MHz	5
TDD 2.6GHz	4
EV DO 800MHz	2

当小区的信号 $Srxlev < threshServingLow$ （服务小区电平低门限），低优先级 $Srxlev > threshX-low$ （低优先级电平门限）时，终端向低优先级邻区重选。

如某地LTE网络不同载频优先级重选设置如下： $threshX-High=24dB$ ，高优先级小区的 $qRxLevMin=-130dBm$ ，低优先级小区的 $qRxLevMin=-126dBm$ ，服务小区的最低电平门限 $threshServingLow=0dB$ 。不同地区的参数取值需根据网络的负荷情况适当调整。

当终端驻留在800MHz的低优先级小区，终端每隔120s（两个高优先级载频 $\times 60s$ ）会主动搜索高优先级的1.8GHz或2.1GHz邻区。当1.8GHz和2.1GHz邻区的RSRP信号强度大于 $24+qRxLevMin(-130dBm)=-106dBm$ ，终端将重选到1.8GHz或2.1GHz网络。

若终端没有搜索到高优先级的邻区，将按常规的R准则进行同频小区重选，当服务小区的RSRP小于 $0dB+qRxLevMin(-126dBm)=-126dBm$ ，终端向异频或异系统重选（TDD系统暂不做考虑）。具体空闲重选策略如图1所示。

4.3 业务态载频间切换参数

LTE系统内切换基于A1、A2、A3、A4、A5共5种测量事件。

A1：表示服务小区信号电平（质量）好于一定门限，用于关闭异频测量。

A2：表示服务小区信号电平（质量）低于一定门限，用于开启异频测量。

A3：表示同频邻区电平（质量）高于服务小区门限，用于同频或异频切换判决。

A4：表示异频邻区电平（质量）高于一定门限量，用于异频或负荷切换判决。

A5：表示服务小区电平（质量）低于一定门限，并且邻区电平（质量）高于一定门限，用于异频覆盖切换判决。

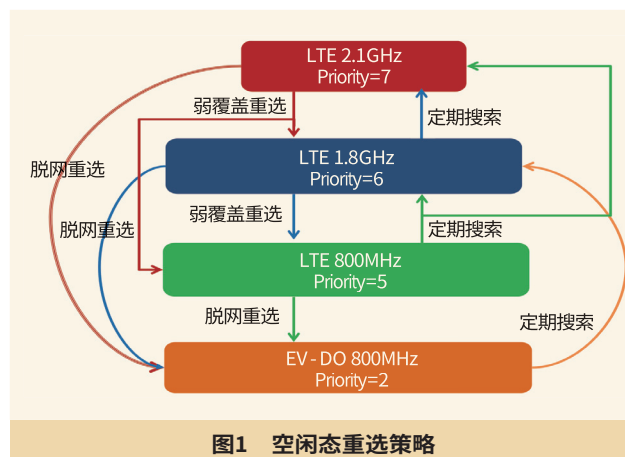


图1 空闲态重选策略

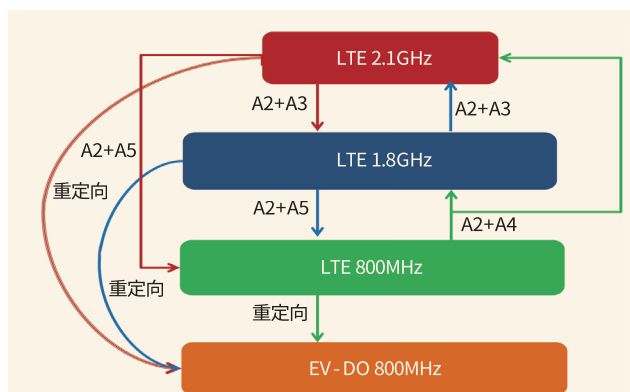


图2 业务态切换策略

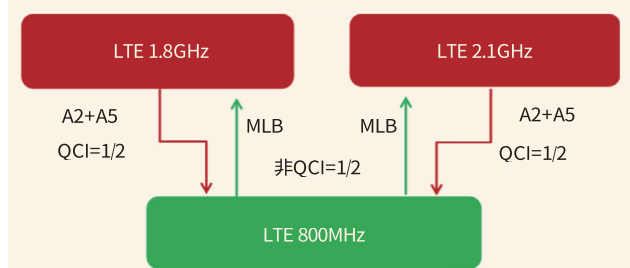


图3 800MHz高负荷小区切换策略

同频切换、1.8GHz或2.1GHz之间的异频切换采用A2+A3策略，业务承载以1.8GHz作为主力覆盖和800MHz的覆盖补充策略，1.8GHz、2.1GHz向800MHz切换采用A2+A5的方式。A2作为异频测量开启条件，A5作为切换的判决条件，达到1.8GHz、2.1GHz进入弱覆盖区域再切换至800MHz的目的，800MHz至1.8GHz或2.1GHz切换采用A2+A4的方式。A2作为异频测量开启条件，A4作为切换的判决条件，达到1.8GHz、2.1GHz进入正常覆盖区域，即从800MHz切回1.8GHz或2.1GHz的目的。业务态切换策略设置如图2所示。

如某地LTE网络具体参数门限建议如下：开启异频A2测量门限设置为-95dBm，A5判决条件1.8GHz的RSRP小于

-110dBm，800MHz异频邻区的RSRP大于-105dBm。A4判决条件，1.8GHz或2.1GHz大于-105dBm。当1.8GHz、2.1GHz、800MHz的RSRP小于-126dBm，终端重定向CDMA。不同地区的参数取值需根据网络的负荷情况适当调整。

4.4 高负荷800MHz保障策略

对于800MHz高负荷LTE区域，为保障VoLTE的业务容量，需要减少800MHz承载数据业务，可以通过基于QCI的切换策略，禁止非QCI1、QCI2切换至800MHz小区。对于驻留在800MHz的用户，通过负载均衡MLB（Mobile Load Balance）的方式，将非QCI1、QCI2用户切出至1.8GHz或者2.1GHz。800MHz高负荷小区切换策略设置如图3所示。

5 结束语

通过不同载频之间的重选和切换参数设置，可以实现3载频LTE网络高效协同运行，基于载频覆盖、资源和业务关系而制定的载频间重选切换控制策略，随着业务的不同、用户规模的发展、载频资源的变化，需要及时进行调整，以确保每个载频资源利用率均衡，以及实现800MHz LTE覆盖能力与效益的最大化。

参考文献

- [1] TS 36.304, User Equipment (UE) procedures in idle mode[S], 3GPP
- [2] TS 36.133, Requirements for Support of Radio Resource Management[S], 3GPP
- [3] TS 36.331, Radio Resource Control (RRC) Protocol specification[S], 3GPP

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

徐卸土

毕业于天津大学，高级工程师，长期从事移动通信网络的规划、设计、优化工作。

参考文献

- [1] Alain Mourad, Potential of Full Duplex for Future Wireless Systems[Z], 2014
- [2] Sachin Katti, Full Duplex Radios in 5G[Z], 2014
- [3] Andrews J G, Buzzi S, Choi W, et al. What will 5G be?[J], arXiv preprint arXiv:1405.2957, 2014
- [4] 张丹丹, 王兴, 张中山. 全双工通信关键技术研究[J]. 中国科学信息科学, 2014(08)

- [5] 田忠驿. 5G全双工技术浅析[J]. 移动通信, 2015(15)

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

孙玮

毕业于上海交通大学，本科，工程师，主要从事线路、无线专业网络规划及广东、海南等项目支撑类工作。

（上接27页）

5G密集组网给站点规划带来的挑战

钱小康 王颖珏 吴万红

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 从频率分配及5G关键技术入手,分析5G密集组网要求产生的原因,提出由于密集组网要求对5G站点规划带来的海量站址资源与传输、管线资源的两大挑战。探讨站点储备、站点改造、站点共享、传输升级等应对策略与方法。

关键词 5G 密集组网 站点规划

1 概论

LTE/LTE-Advanced技术作为事实上的统一4G标准,已在全球范围内大规模部署。为进一步提升用户体验及实现面向物联网的大连接、低延时、高带宽的应用,5G技术从标准到产品都在紧锣密鼓的推进。预计第一个5G国际标准R15将在2018年中期完成,届时可基本满足5G初期对增强移动互联网场景的应用需求。目前主流运营商把部署时间都有所提前,最快2018年末就会部署试验网,2019年正式商用。从目前已形成的5G技术标准和白皮书来看,高频段部署和密集组网技术是5G的基本特征。

2 密集组网需求

2.1 5G频段分配

国内移动网络已划分频段如图1所示。

可以看到现有2.6GHz以下频段已分配殆尽。仅有的间隙频段比如1785~1805MHz已分配给TDD-LTE作为企业专网试用。从图2揭示的5G频率分配及主要应用场景来看,6GHz以下频段主要用于广覆盖,6GHz以上频段用于热点区域覆盖。对照图1中目前的空余频段,3.5~5GHz用于5G广覆盖比较合适,但比4G网络目前分配到的频段仍高出不少。由于无线电波的传播特性,即频段越高,同样距离内传播损耗越大,换言之相同面积内需要的站点就会大大增加。

2.2 大规模天线等技术

5G空中接口目前已提出许多革新的关键技术,如大规模天线技术、全频谱接入技术、新型多址技术、新型多载波技术。这些技术是5G高速率、低延时、多连接业务需求的

必然要求,同时更高级的调制技术与更高阶的大规模天线技术则意味着更高的信噪比要求,这决定了在市区、密集市区场景,由于复杂的无线环境,5G站点超密集部署不可避免。

3 密集组网对站点规划的挑战

3.1 对海量规划站点需求的挑战

5G的高频段部署及本身的密集组网需求决定了5G网络对站点数量的需求远远超过现有的2G、3G网络,甚至也大大超过4G网络的需求。由于目前5G空中接口链路预算未给出,乐观的假设由于采用了新型多址技术,系统标称速率下最大允许路径损耗要求与4G网络相当。图3在上述假设限定条件下给出5G在3.5GHz部署频段时与800MHz、1.8GHz 4G网络在密集市区场景下的基站覆盖能力比较。

从基站覆盖距离比较来看,3.5GHz部署覆盖距离分别是1.8GHz的1/2,是800MHz的1/4;即相同覆盖面积下,5G在3.5GHz部署需要站点的数量是在800MHz部署的16倍,是在1.8GHz部署的4倍。如果5G在4.5GHz等更高频段部署,则基站数量需要大量增加。从这两年的4G网络建设经验来看,一方面,由于市民对无线信号辐射观念不断加强,在市区、密集市区场景基站寻址越来越困难;另一方面适合基站建设的楼顶、空地在2G、3G、4G建设过程已消耗殆尽,新的站点诉求往往是现有站点之间或之前就是老大难区域,要在上述区域新建原来3倍的站点,可谓困难重重。

3.2 对存量站点改造的挑战

在以往的无线网络升级换代中,运营商对存量站进行升级改造,是花费最小、实施最快、质量最有保障的。面对5G



图1 国内移动网络已划分频段

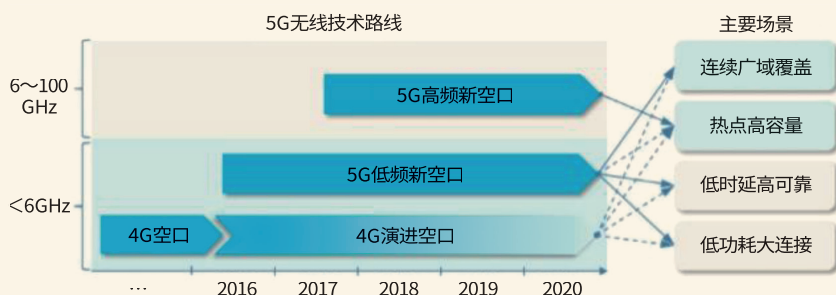


图2 5G频率分配及主要应用场景

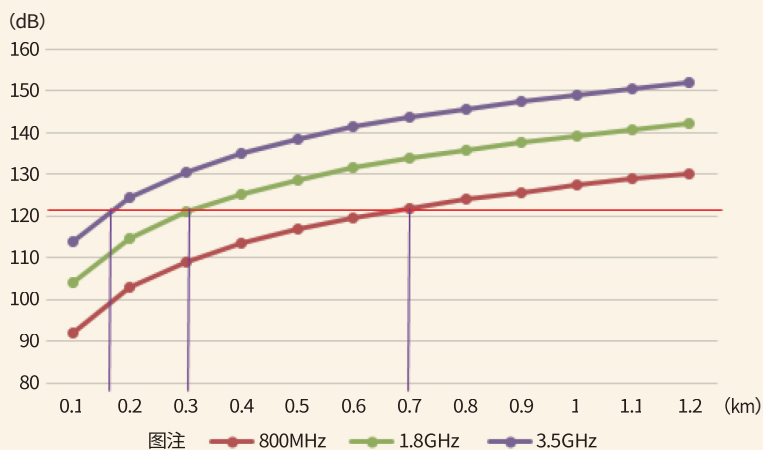


图3 密集市区场景下的基站覆盖能力比较

网络更新换代存在如下现实挑战。

(1)5G室外采用了大规模天线技术，目前实验室阶段天线尺寸巨大。根据目前与设备厂商交流的情况来看，除非有巨大技术突破，否则即便商用后天线尺寸可以大大缩小，也面临着不能多系统共享的局面。而且，由于这两年中国铁塔公司的集约建设，现有铁塔上的空余平台可谓捉襟见肘。

(2)5G室内目前暂没看到有效解决方案，而传统DAS网络难以支持3.5GHz以上频段。如果5G最终解决方案是类似目前带pRRU的有源光分布系统，则存在大量现有室内覆盖系统改造的现实困难。

3.3 对海量传输、管线资源需求的挑战

从目前厂商研发情况及工程建设成本考虑，5G前传接入入大概率仍会沿用基带与射频单元分离模式即BBU+RRU模式，这样5G密集组网对管线资源的挑战来自以下方面。

(1)新增站点对管线资源的需求。即便5G在低频段部署如3.5GHz频段，最终全覆盖所需要的站点数是目前网络的4倍，新增3倍的站点需要新建光缆，这对管道资源较少的运营商而言是个巨大的挑战，对管道资源较为丰富的运营商也要做好前传接入光缆的规划工作。

(2)现有基站存量管线资源的不足问题。在4G时代，宏基站一般接入12芯光缆（FDD和TDD各按6芯考虑），5G基站与其共站后前传接入纤芯资源将不够使用，需要新敷设/更换光缆或利用原有光纤采用无源WDM（Wavelength Division Multiplexing）、CoE（CPRI over Ethernet）等技术才能实现5G的前传接入。究竟采用新

敷设/更换光缆还是采用无源WDM、COE等技术需要从工程建设、运行维护等方面综合分析后确定。

4 应对与展望

根据目前的设计标准, 5G若能够实现边缘1Gbit/s以上的高速率、1ms以下的低延时以及百万/平方千米大连接, 应该说其应用场景非常广阔。但由于其部署在较高无线频段以及系统关键技术本身对密集组网的要求, 使其规划部署时对新建设点数量、存量站改造需求以及新建或扩容已有传输管线都提出了前所未有的挑战, 会制约5G网络大面积商用与全球范围内的普及。其应对方法需从多方面下手, 共同努力。下面提出几点应对设想, 仅供参考与探讨。

(1)运营商应积极跟踪5G标准进展与技术研发进展, 提早决策5G是全网部署还是热点区域部署, 如果需要全网部署则联合中国铁塔公司尽快启动储备站点的规划与勘察。

(2)通信设计单位应积极参与厂商的5G试验网络建设与测试, 协助运营商及中国铁塔公司做好5G整体规划的同时, 对现有塔桅资源进行梳理, 对5G储备站点与配套管线资源进行先行勘察与确认, 做好5G规模部署的准备。

(3)中国电信与中国联通两大运营商因为2G、3G、4G时代的频段优势及容量需求较低, 已有基站数量远小于中国移动, 升级5G所面临的资源和建设成本的挑战远大于中国移动。建议可借鉴目前4G共享模式, 内部理顺4G共享模式的流程与掣肘, 商讨5G共享模式方案。外部积极推动厂商提供多运营商支持的多模5G设备, 从而有效降低站点需求和建设成本。

(4)厂商在研发5G产品时, 应充分考虑到密集组网带来

的基站天线部署的挑战。在大规模天线技术研发中, 应有效压缩天线物理尺寸, 最好能实现多运营商天线共享。此举既有利于对现有铁塔资源的共享利用, 也方便对众多灯杆、监控杆、电话亭、建筑物外墙等资源的改造利用。

(5)厂商在研发5G产品时应充分考虑到密集组网给传输、管线资源带来的巨大挑战。如果采用基带与射频单元分离模式, 应积极研发低成本、大容量的前传技术, 降低基站对纤芯资源的需求。

参考文献

- [1] 5G无线技术构架白皮书, IMT-2020(5G)推进组, P4
- [2] 5G无线技术构架白皮书, IMT-2020(5G)推进组, P11
- [3] 综合无线传播模型, 电子工业出版社William C.Y.Lee David J.Y.Lee P59
- [4] 5G无线技术构架白皮书, IMT-2020(5G)推进组, P21

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

钱小康

毕业于上海大学, 高级工程师, 主要从事移动通信方面规划设计研究工作。

王颖珏

毕业于上海大学, 高级工程师, 主要从事有线接入网的规划、设计、咨询工作。

吴万红

毕业于南京邮电学院, 教授级高级工程师, 通信网络规划和设计专家。

5G发展对产业链各环节的影响分析

王晓园

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

通过分析5G移动通信产业链各环节,研究5G技术发展对通信产业和其他通信相关行业的影响,以及产业链的各环节将面临的诸多技术问题,未来的5G相关产业链将面临的新挑战。

关键词

5G 产业链 通信产业

1 5G通信产业链背景

5G通信技术实质是移动通信网络关键指标的大幅提升,定义了4个主要应用场景:连续广覆盖、热点大容量、低功耗大连接和低时延高可靠。许多厂商已经开始联合运营商开展5G标准实验,加速5G大规模部署。

5G时代包括通信设备(基站、天线、光网络)、终端应用(移动设备更新、车联网)、视频内容及其延展都将迎来各自产业链的革新。

2 5G对移动网络架构的影响

面对多样化场景带来的极端差异化的性能需求,为减小移动终端到核心网元的时延,5G采用了新型网络架构,从原来4G的集中式核心网,演变成为分布式核心网;核心网用户面部分向下移动到CO(即中心主机房,相当于4G网络中的eNodeB)。同时,应用服务器(AS)的部分功能也向下移动到CO,成为分布式应用服务器,并在CO部署移动网络边界计算平台(MEC)。MEC包括但不限于内容分发网络的缓存服务器。这样5G的应用服务器把应用、处理和存储推向移动边界,以满足5G海量数据需要得到低时延、快速处理的需求。为降低前传成本、减少前传容量,5G同时重新把PHY层、MAC层和RLC层从远端射频模块(BBU)向下移动到室内基带处理单元(RRU)。

5G网络通过软件定义网络连接边缘云和核心云的虚拟机,SDN控制器执行映射,建立核心云与边缘云之间的连接。网络切片由SDN集中控制。SDN、NFV和云技术使网络与底层物理基础设施分开,变成抽象灵活的以软件为中心的构架,可以通过程序提供业务连接。

综上所述,5G网络为满足其海量数据传输和处理的低时延,将改变现有的移动网络架构,把很多核心功能网元移动到接近移动终端的一侧,使移动网络架构趋于扁平化。新型网络架构将有利于产业链开放。

3 5G对通信产业链各环节的影响

5G产业链包括OEM厂商、运营商、内容提供商、应用开发商等环节,下面将逐一分析5G技术演进对各环节产生的影响。

3.1 5G对厂商的影响

5G广覆盖、大容量、低功耗大连接和低时延高可靠等高标准需求在一定程度上提高厂商设计和生产适配产品的难度,对厂商提出挑战。但新的技术标准也推动设备和产品的更新换代,为厂商提供新的市场机遇。因此,厂商在一定程度上是5G技术的影响者和推动者。

3.1.1 5G对网元设备厂商及相应虚拟软件供应商的影响

由于移动网络架构中的网络功能虚拟化(NFV)将网络中专用电信设备的软硬件功能,包括核心网中的MME、S-GW、P-GW和PCRF,无线接入网中的数字单元DU等专用设备功能转移到虚拟机上,在通用服务器上通过软件来实现网元功能。传统专用电信设备、网元设备生产商将受到冲击,面临需求变更、市场逐步萎缩的困境。同时,虚拟化软件服务需求将增加,移动网络专用设备虚拟软件行业将成为5G生态链新的供应环节。

由于数据的激增,核心网超级数据中心的需求和云计算的出现,要求超高速的交换设备。物联网和IPv6的启动和推

广，为运营商的网络设备提供商提供了新的市场空间。

3.1.2 5G对天线和电子元器件厂商的影响

5G技术将孕育上游企业的投资空间，移动网升级将首先带动上游元器件厂商的市场需求，其次是系统集成商，再次是下游运营商和终端设备商。按照公众通信提速降费的趋势，运营商的投入资本相对于4G和3G而言不会大规模上升，5G带来网络扁平化将带动投资向基站前端单元和网络云后端设备转移，其中前端子行业包括基站天线、射频器件等。随着天线数量升级到4.5G的 4×4 和5G的大规模天线阵列以及天线从无源转向有源，基站天线采购比例将逐步提升。未来在市场具有深厚技术积累的天线公司将会获得更多市场，此外雷达天线研发厂商可能通过毫米波天线阵列的技术切入通信天线市场。随着基站朝小型化方向发展，射频器件的价值占比将会进一步提高，近几年将是基站射频器件更新换代的高峰。

密集组网技术使得小基站数量成倍增加，相关网络设备和光通信模块需求量大幅提高。Massive MIMO天线单元的规模从4G的 2×2 、 4×4 变为 8×8 甚至 16×16 ，天线和整个单元模组的市场规模扩大。

电磁波频谱本质上是一种自然资源，无法创造，因而无线传输增加传输速率有两种方法，其一是增加频谱利用率，其二是增加频谱带宽。增加频谱带宽的方法显得更简单直接。目前常用的6GHz以下频段已经非常拥挤，因而要实现移动通信高速率传输必须用到6GHz以上的高频段。但6GHz以上的高频率电磁波衰减较为严重，放大器、双工器、滤波器等相关射频组件将迎来一波产业大幅成长和升级需求。对于放大器而言，传统的硅基器件已经不能满足高频段的要求，化合物半导体则在高频段拥有优良的性能。而滤波器由于天线要实现有源化和小型化，现有的同轴腔体滤波器将会被介质滤波器等替代。

3.1.3 5G对移动终端厂商的影响

5G技术包括毫米波通信、超密集小区、D2D、同时同频全双工、Massive MIMO、新型异构网络架构等，与此同时，5G终端将面临严峻挑战。为适应5G网络的发展，未来的5G终端需要解决低功耗、多元化终端形态、多种无线接入方式的融合等挑战。未来5G网络需要支持超高速率、超低时延的业务，因此5G终端的处理能力将得到极大提升，5G时代大屏智能终端、手机芯片的多核多模化、主频的不断提高、终端体积的轻便化成为最基本的特征，相应将对终端的耗电速度提出更高的要求。

3.1.4 5G对芯片厂商的影响

LTE 网络的运行频率区间是 700MHz~3.5GHz，但在5G的时代，除了LTE会持续存在外，未授权的毫米波频段

(30~300GHz之间)会同时共存，以提高无线数据容量。

这样就会给移动系统和基站系统的处理器、基带和RF设备带来更多的新需求。对于RF芯片供应商来说，5G会给他们带来一种前所未有的新需求，包括毫米波相控阵列天线技术。这种已经应用在太空和军事的毫米波设备逐渐迁移到了汽车雷达、60GHz Wi-Fi和5G。但这并不是简单的迁移，设计产品和设计运行方式方面毫米波会给厂商带来新的挑战。

5G规划6GHz以下低频段是核心频段，用于无缝覆盖；而高频段作为辅助频段，用于热点区域的速率提升。目前芯片领域已经加紧6GHz以上电磁波领域的研究，不断涌现出来的厂商，正在开发相关芯片并有商用计划。

3.1.5 5G对测试厂商的影响

5G芯片的设计会变得很困难，在测试方面会给厂商带来新的挑战。由于这些毫米波的波长在1~10mm之间，而厂商为了提高频谱的利用率，使用从物理层探索MIMO、干扰协调等技术方法，这就会带来很高的路径损耗，有些频段甚至会面临传输损耗的挑战。另外在密集的城市环境信道测量中会发现，融合了方向可控制天线波束和网络拓扑蜂窝系统的信道需要更高的链路预算。以上种种都会给测试厂商带来强大的挑战。由于5G的高速率和低延迟，对化合物半导体也提出了新的需求。

3.2 5G对运营商的影响

由于传统的电信网络仍以保证语音通话质量为目标，因此对网络的每一个网元都有苛刻要求，具有高成本和低灵活性的缺点。5G为应对业务的多场景需求，引入以SDN/NFV为代表的新型网络框架，从而实现灵活的网络部署和高效的网络运营。5G网络架构包括接入云和转发云两个域。接入云实现更灵活的组网部署和更高效的无线资源管理；SDN实现局部和全局的会话控制、移动性管理与服务质量保证，满足业务的差异化需求；转发云实现控制面与数据面的彻底分离，实现海量业务数据流的高可靠、低时延、均负载的高效传输。

基于“两朵云”的新型5G网络架构打破了封闭的垂直烟囱式架构，转向开放的水平架构，中间环节将会没入云端或者是向底层转移，网络将会变得扁平化、集约化、简洁化、柔性化和开放化。软硬件解耦，硬件管理性能，软件管理功能，这样的分工不仅有利于产业链开放，而且有利于技术业务创新。未来移动互联网将会实现从被动适应网络向网络主动、快速、灵活适应互联网应用的根本性转变，运营商将摆脱管道化而更多地参与到应用和内容的建设中。

同时，多家运营商将通过跨越所有移动通信基础网络运营商的基础设施来部署5G基本的底层架构。5G移动通信系

统将会完成重大转变：从目前的“通过自主可控的各类基础设施进行服务配置”转变为“通过各类、各个多租户运营商网络的虚拟化以及可编程特性进行集中、统一的控制”。5G将推动运营商在网络构架方面的合作共赢。

运营商在移动互联网时代的衰落如同半导体在硅谷IT领域的衰落。首先是因为反摩尔定律，类似于半导体的价格每18个月降一半，运营商基础网络提供的网络接入服务在以“提速降费”的形式应验着移动互联网领域的“反摩尔定律”。其次是因为“亚洲制造效应”，每一代移动通信的网络设备和运营商专用设备，一开始只能在北美和欧洲生产，经过一段时间则可以过渡到日本和韩国，进而落脚于中国。欧美公司赚钱的时间只有从美国到中国的这段时间，以前这段时间可以长达数十年，现在只有很短的时间。一旦一种产品可以由中国制造，那么它的利润空间就会薄到让欧美公司退出市场。即运营商的专用设备成本在以一种加速度降低。

我国与国际同步启动5G研发，近几年以及“十三五”期间，“新一代宽带无线移动通信网重大专项”重点支持5G的研发。目前我国在5G的愿景、需求、概念、无线技术以及网络架构等方面，取得一系列积极进展，主要观点获得全球业界的广泛认同。我国2016年初全面启动5G技术研发实验，目前已经进入第二阶段，与国内外共同推动5G产业链成熟。由此可以推断，5G的移动网络建网成本还会同前几代移动互联网一样，随着时间的推移，迅速降低。运营商始终面临着沦为提供基础服务的管道商的困局。

IT领域中的“反摩尔定律”和“亚洲制造效应”完美适用于移动互联网领域。移动通信运营商在5G时代为避免管道化，可向内容提供商业务方向转型，包括门户网站或在线视频业务，以及发展融合物联网业务，将手机资费市场向物联网资费市场推广。

3.3 5G对移动互联网内容提供商的影响

5G移动通信系统将会为多租户虚拟运营网络/服务提供一个统一的控制平面，从而为各个服务提供商以及最终的消费者提供跨越多类、多个底层无线、光纤、网络以及媒体技术的融合型服务感知。5G网络切片面向不同的应用场景，比如超高清视频、虚拟现实、大规模物联网、车联网等，不同的场景对网络的移动性、安全性、时延、可靠性，甚至计费方式的要求不一样。5G允许将物理网络切割成多个虚拟网络，每个虚拟网络面向不同的应用场景需求。虚拟网间逻辑独立，互不影响。

传统的内容分发网络（CDN）技术，通过将缓存服务器分布到用户访问相对集中的地区，并根据网络的负荷、流量、时延和到用户的距离等信息，将用户的请求重新导向离

用户最近的CDN服务节点，使用户可就近取得内容，从而提升用户的业务体验。但传统CDN无法感知网络状态，不具备获取全网拓扑的能力，难以定义转发策略，也不能实现动态的底层资源跨区域调度，内容调度难以做到效率最优，性能难以大幅提高。而5G SDN将控制平面与转发平面解耦后，控制平面可以集中调度，获得全网拓扑以及实现流量优化控制，为用户实时动态分配资源，5G将大大提高传统内容分发的效率。

3.4 5G对通信产业链商业模式的影响

IT产业链的主流商业模式，经历了从硬件销售模式到软件服务，再到互联网免费内容服务的三个阶段。这三个阶段同样适用于移动互联网产业链商业模式的发展，同时为5G通信产业链商业模式的发展提供预测依据。在第一代、第二代移动互联网早期，移动终端和网络设备硬件造价昂贵，在产业链中扮演重要的环节；到第三代移动通信，随着安卓开放操作系统的迅速扩张和苹果手机的普及，智能手机应用为主导的商业模式中，软件服务从硬件中分担了相当一部分份额。到5G时代，移动互联网整体架构的云化趋向，把移动互联网中的硬件和软件营业份额比重进一步压缩，新的产业链商业模式正在向云化服务的业务层服务内容偏移。

这类似于互联网产业早期雅虎所选定的商业模式对互联网产业的决定性作用。雅虎把互联网引导成开放、免费和盈利的，而且刺激电子商务诞生的商业模式，从而使得互联网的用户和为它买单的客户不需要是同一个人。5G的云化服务很可能出现“羊毛出在猪身上”的商业模式。即移动互联网的使用用户不用直接为自己使用移动互联网服务买单，而是由互联网的内容服务商，以流量结算的方式同运营商结算。

4 5G对其他通信相关行业的影响

4.1 5G对物联网的影响

5G的低功耗大连接和低时延高可靠场景主要面向物联网业务，是5G新拓展的场景，重点解决传统移动通信无法很好地支持物联网及垂直行业应用的问题。物联网将扩展移动通信的服务范围，从人与人通信延伸到物与物、人与物智能互联，使移动通信技术渗透至更加广阔的行业和领域。移动医疗、车联网、智能家居、工业控制、环境监测等将会推动物联网应用爆发式增长，数以千亿的设备将接入网络，实现真正的“万物互联”，并缔造出规模空前的高新技术产业，为移动通信带来无限生机。同时，海量的设备连接和多样化的物联网业务会给移动通信带来新的技术挑战。

车联网目前被定位为了解决交通拥堵、保障行车安全的有效手段。5G技术实现应用后，其高传输速率（超过10Gbit/s）

可以解决机器海量的无线通信需求,极大促进车联网的发展。5G将解决汽车通信痛点,推动车联网进入新时代,加快智能网联汽车深度发展。车联网市场渗透率低,未来可挖掘空间大。车联网将率先带来通信设备需求量的大幅提升,不断探索的盈利模式将带动整个车联网大数据产业的兴起。

4.2 5G对流媒体的影响

视频是流量激增的主要应用方向。一方面,网络带宽和速度的升级,激发了流量要求比较高的视频和流媒体业务的普及和发展;另一方面,用户需求推动下的视频、流媒体等流量进一步推高移动数据的增长。预计到2021年末,智能手机用户流量消耗将从当前的1.4GB/月进一步提高至8.9GB/月。视频直播、社交媒体和流媒体音乐是移动流量消耗的主要方向,预计移动视频流量自2014-2019年将以66%的CAGR增长,2019年约占移动流量71.6%的份额。网络带宽的提升,为以移动直播业务为主的公司构建良好的基础设施,为直播业务的场景渗透和营收增长奠定基础。

4.3 5G对大数据和机器学习的影响

5G为万物互联提供基础,物联网使更多的数据记录成为可能。5G将能够保证数据的大体量、多维度和完备性需求。在过去的很长时间,计算机的速度一直呈指数级提升,可以做的事越来越多,可是机器学习的结果并不“聪明”,这并不是因为之前的机器学习算法不够好,而是因为可以用于训练模型的实际数据很少。当数据量足够大之后,很多智能问题就可以转化成数据处理问题,这样大数据分析及其学习结果就会变得“聪明”起来。

4.4 5G对云计算的影响

为实现5G技术的的目标,5G的移动互联网架构在用户边缘侧和核心侧分别设计了“边缘云”和“核心云”。在5G移动互联网应用场景中,所有的应用都放在服务器端,终端类型可以根据使用者和应用的特殊需求选择,无需为兼容发愁,没有对操作系统的依赖,对英特尔CPU的依赖也减少了。基于互联网开发的公共平台将变得越来越重要,它将在某种程度上替代原来操作系统的作用。因此,5G中基于移动互联网开发的公共平台将是这个变革中最大的受益者。

4.5 5G对网络信息安全的影响

由于电磁波开放式传播造成的无线链路的脆弱性,移动通信系统的安全性问题依然非常突出。随着5G将人与人的通信扩展到人与机器、机器与机器的通信,5G不仅面临传统安全威胁,而且面临功能强大的海量智能终端、多种异构无线

网络的融合互通、更加开放的网络架构和更加丰富的5G业务等带来的新安全威胁。

5G的网络域安全,需要在终端接入隧道保护机制,增强双向认证机制,统一的鉴权认证机制上进行研究。5G网络需要对终端接入的隧道进行防护,将用户接入与加密协商过程进行加密保护,确保所有与用户身份信息相关的消息进行加密,提高通信系统的安全性。由于5G是一种多接入、多制式的网络系统,必然会引起密钥切换、算法协商问题,因此可能有多套接入认证系统,导致接入认证机制和加密算法各有不同,接入安全存在短板,有必要在5G中采用与无线接入无关的统一接入认证机制。

5 结束语

5G网络强大的连接能力,包括电子元器件、终端应用等领域在内的全产业链都将迎来大发展以及转型升级期。移动网络架构扁平化将促进存储设备在用户侧的部署,推动基站用存储设备需求增长,运营商与互联网公司深度结合将受益,高清视频、VR/AR、车联网、智慧城市、无人驾驶、无人机网络、大规模物联网等各种应用将被推动发展。各产品基于4G时代的商业模式,都会围绕5G重新设计。5G时代是5G定义产业生态、商业模式以及产品的时代,是一个全新的大连接时代。连接设备更多、连接速率更快、连接效率更高的5G,对产业链中的上层应用将具有推动作用,同时对相关设备的生产厂商提出技术挑战。

现在的5G技术多数还停留在理论阶段,如大规模MIMO(多输入多输出),其适用场景的信道模型还不清晰;全双工技术仍需在大规模组网条件下进行深入的验证;SDN技术在无线接入网络中面临资源分片和信道隔离、切换等技术的挑战;新型波形(FBMC、SCMA、MUSA、PDMA)等技术,其真实性能和增益还有待进一步仿真检验。5G产业链将伴随其自身技术的成熟迅速演进。

参考文献

[1] 吴军.大数据和机器智能[J].智能时代,2016

[2] 黄晓强,李涛.5G移动通信时代的半导体产业机会[J].集成电路应用,2016

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

王晓园

毕业于上海交通大学,主要从事CDMA和LTE无线网络优化工作。

LoRa移动物联网基站无线覆盖分析

徐卸土

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 随着M2M物联网小流量、巨连接需求的爆发性增长,基于LoRa规范的物联网传输技术在国内已经开始应用,通过参与某地区500MHz频段LoRa物联网试验网的规划,介绍LoRa基站的无线覆盖规划方法。

关键词 LoRa 无线覆盖 规划 物联网

1 前言

物联网的业务特点是以小流量、巨连接、低成本、低功耗、上行业务量为主,绝大部分应用是静止或低速移动的(导航类除外),业务频次低至1次/天,甚至1次/月(电力抄表除外)。早期利用GPRS和CDMA 1x移动网络回传已经不能满足业务需求,为此业界开发了SigFox、LoRa、Ingenu、NB-IoT、LTE-MTC多种物联网传输系统。

LoRa(Long Rang,基于扩频技术的超远距离无线传输方案)是IBM公司和Semtech合作推出的LPWAN远距离物联网技术,主要使用1GHz以下非授权频段,中国LoRa使用频段有470~510MHz和779~787MHz(电力抄表),某运营商拟在上海某区域搭建一套470~510MHz频段的物联网试验网,协助政府打造智慧城市。

2 LoRa组网架构

LoRa是由终端和网关基站组成的,终端和网关基站之间采用无线传输,终端和物联网信息采集传感器集成一起,物联网信息流通过LoRa终端传到网关基站,基站再通过光纤、微波、移动网络回传到LoRa服务器或物联网应用平台。

LoRa回传通道选择比较灵活,运营企业可以选择自行建设传输网络或租用运营商的网络,而LoRa系统搭建需要和移动网络一样进行区域无线覆盖规划。无线覆盖规划需要了解LoRa设备发射、接收、天线增益、天线高度、频段等参数。

3 覆盖规划参数

本次规划使用LoRa规范中的470~520MHz频段。信道间隔125kHz,上下行采用异频传输,间隔10MHz。终端和基

站最大发射功率均+20dBm左右(不同频段略有差异),终端的发射功率根据环境自动调整。

LoRa使用低频段,穿透绕射能力强,单基站容量大,一般使用大区制布网方式。为了减少天线对天面安装条件的要求,使用增益3~5dB的全向鞭状天线。LoRa的基站设备非常轻小,因此LoRa对基站建设的环境(机房、天面、供电)要求非常低,一般天面均可安装。

3.1 LoRa发射参数

400MHz频段绕射能力强,为了减少站间干扰,要求密集市区室外站点高度大于25m且小于50m,基站天线口输出功率50mW,基站天线使用3dB增益的全向天线。

有些厂商终端发射功率比规范高,覆盖距离可以增大,考虑到终端使用电池供电,会影响电池使用寿命。

3.2 LoRa接收参数

LoRa使用扩频调制技术,不同的扩频因子接收灵敏度不同,边缘速率也不同,LoRa终端可以根据所处的无线环境自动调整传输速率(即扩频因子)。一般建网时需要根据基站容量提出边缘的传输速率。表1中列出不同扩频因子SF

表1 不同SF下的接收灵敏度

扩频因子	接收灵敏度 (dBm)	SNR (dB)	数据速率 (bit/s)
SF7	≥ -121	≥ -10	5470
SF8	≥ -124		3125
SF9	≥ -126		1760
SF10	≥ -129		980
SF11	≥ -131		440
SF12	≥ -134		250

(Spreading Factor) 下的接收灵敏度 (依据Semtech提供的标准计算), 其中SNR参考厂商经验值。

3.3 传播模型

奥村Okumura-Hata传播模型适合150~1500MHz, 本次LoRa使用的500MHz频段可以利用奥村模型进行仿真预测, 奥村模型公式如下: $L=69.55+26.16\lg f(\text{MHz})-13.82\lg h_b(\text{m})-a(h_m)\text{dB}+(44.9-6.55\lg h_b(\text{m}))\lg d(\text{km})+C_{\text{cell}}$

f : 频率;

L : 路径损耗;

$d(\text{km})$: 收、发天线之间的距离;

$h_{b(\text{m})}$: 基站天线有效高度;

$a(h_m)$: 终端天线的校正因子;

C_{cell} : 小区类型矫正因子。

$a(h_m)\text{dB}$ 的计算如下。

(1) 中小城市

$$a(h_m)(\text{dB})=(1.1\lg f(\text{MHz})-0.7)h_m-(1.56\lg f(\text{MHz})-0.8)$$

(2) 大城市、郊区、农村

$$a(h_m)(\text{dB})=8.29(\lg 1.54h_m)^2-1.1 \quad f \leq 300\text{MHz}$$

$$a(h_m)(\text{dB})=3.2(\lg 11.75h_m)^2-4.97 \quad f \geq 300\text{MHz}$$

C_{cell} 的计算如下。

$$C_{\text{cell}}=\begin{cases} 0 & \text{, 城市} \\ -2\left[\lg\left(\frac{f}{28}\right)\right]^2-5.4 & \text{, 郊区} \\ -4.87(\lg f)^2+18.33\lg f-40.94 & \text{, 农村} \end{cases}$$

当 $f=500\text{MHz}$, $h_{b(\text{m})}=25\text{m}$, $h_m=1.5\text{m}$ 时, 城区传播损耗计算公式可化简为: $L=120.8+35.7\lg d(\text{km})$ 。

3.4 链路预算

下行链路预算公式=基站最大发射功率-馈线及连接器损耗+基站天线增益-(终端灵敏度+底噪修正)-人体损耗-需要的阴影衰落余量-地物损耗; 上行链路预算公式=终端最大发射功率-馈线及连接器损耗+基站天线增益-(基站灵敏度+底噪修正: 正)-人体损耗-需要的阴影衰落余量-地物损耗。链路预算见表2。

链路计算公式采用Okumura-Hata模型公式。终端典型接收高度为1.5m, 基站天线高度为25m, 计算得到的基站覆盖距离见表3。

4 案例分析

4.1 站点规模

试点区域的面积为23.45km², 要求边缘速率在5kbit/s以上, 覆盖率在98%以上。根据以上和传播模型计算得出的基

表2 链路预算

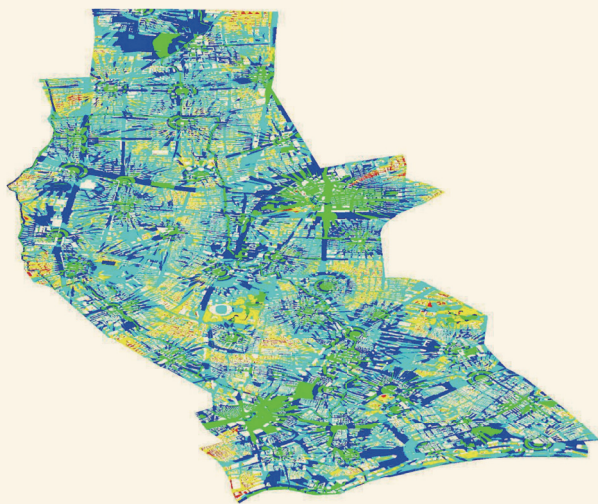
上行链路平衡计算				下行链路预算			
区域特点		一般区域		区域特点		一般区域	
终端最大发射功率 (dBm)		17		基站最大发射功率 (dBm)		17	
终端天线增益 (dB)		0		基站馈线及连接器损耗 (dB)		0.5	
基站馈线及连接器损耗 (dB)		0.5		基站发射天线增益 (dBi)		3	
基站接收天线增益 (dBi)		3		终端天线增益 (dBi)		0	
基站灵敏度 (dBm)	SF7	-121		终端灵敏度 (dBm)	SF7	-121	
	SF8	-124			SF8	-124	
	SF9	-126			SF9	-126	
	SF10	-129			SF10	-129	
	SF11	-131			SF11	-131	
	SF12	-134			SF12	-134	
底噪修正 (dB)		2		底噪修正 (dB)		2	
实际环境灵敏度 (dB)	SF7	-119		实际环境灵敏度 (dB)	SF7	-119	
	SF8	-122			SF8	-122	
	SF9	-124			SF9	-124	
	SF10	-127			SF10	-127	
	SF11	-129			SF11	-129	
	SF12	-132			SF12	-132	
最大路径损耗 (dB)	SF7	137.5		最大路径损耗 (dB)	SF7	137.5	
	SF8	141.5			SF8	141.5	
	SF9	143.5			SF9	143.5	
	SF10	146.5			SF10	146.5	
	SF11	147.5			SF11	147.5	
	SF12	151.5			SF12	151.5	
人体损耗 (dB)		0		人体损耗(dB)		0	
阴影衰落标准差 (dB)		8		阴影衰落标准差(dB)		8	
要求的区域覆盖概率		95%		要求的区域覆盖概率		95%	
对应的边缘覆盖概率		86%		对应的边缘覆盖概率		86%	
需要的阴影衰落余量 (dB)		8.6		需要的阴影衰落余量(dB)		8.6	
地物损耗 (dB)		3		地物损耗(dB)		3	
室外满足覆盖要求所允许的传播损耗 (dB)	SF7	126.9		满足覆盖要求所允许的传播损耗 (dB)	SF7	126.9	
	SF8	129.9			SF8	129.9	
	SF9	131.9			SF9	131.9	
	SF10	134.9			SF10	134.9	
	SF11	136.9			SF11	136.9	
	SF12	139.9			SF12	139.9	
穿透损耗余量 (dB)		20		穿透损耗余量 (dB)		20	
室内满足覆盖要求所允许的传播损耗 (dB)	SF7	106.9		满足覆盖要求所允许的传播损耗 (dB)	SF7	106.9	
	SF8	109.9			SF8	109.9	
	SF9	111.9			SF9	111.9	
	SF10	114.9			SF10	114.9	
	SF11	115.9			SF11	115.9	
	SF12	119.9			SF12	119.9	

表3 室外覆盖半径

扩频因子	SF7	SF8	SF9	SF10	SF11	SF12
室外覆盖半径(km)	1.48	1.80	2.05	2.48	2.82	3.43
室内覆盖半径(km)	0.41	0.50	0.56	0.68	0.73	0.94

表4 室外覆盖基站规模估算

不同SF	室外覆盖				室内覆盖		
	半径(km)	面积(km ²)	总面积(km ²)	基站总计	半径(km)	面积(km ²)	基站总计
SF7	1.48	4.21	23.45	6	0.41	0.52	45



大小	% of Covered Area
RSRP Level(DL)(dBm) ≥ -90	13.86302
RSRP Level(DL)(dBm) ≥ -95	41.44097
RSRP Level(DL)(dBm) ≥ -100	81.82072
RSRP Level(DL)(dBm) ≥ -105	98.6862
RSRP Level(DL)(dBm) ≥ -110	99.94203
RSRP Level(DL)(dBm) ≥ -140	100

图1 室外覆盖示意

站覆盖半径,可估算该区域需要的站点数为45个,见表4。

4.2 覆盖效果

考虑到该区域是密集市区,无线信号衰减较大,另一方面密集市区物联网终端较多,以SF7扩频因子5kbit/s速率为覆盖目标,以450m左右单站覆盖半径为基准,利用ATOLL规划软件进行覆盖仿真,得出室外覆盖如图1所示。

考虑到室内一层的基本覆盖,室外电平要满足-105dBm,仿真得出该区域的覆盖率为98.7%,满足本次规划要求。

试验网进行500MHz频点LoRa系统覆盖测试,密集市区覆盖距离平均在500m左右,空旷覆盖距离约4.5km,室外基站可以穿透基站位置的地下一层。

5 结束语

通过对某地LoRa试验网的覆盖规划,了解LoRa设备的无线收发信机指标、链路预算等规划参数,得出密集市区500MHz LoRa单站覆盖距离约500m,作为今后LoRa物联网规划建设的参考依据。

参考文献

- [1] <http://www.sigfox.com/coverage>
- [2] LoRaWAN1.0.1final_876_3
- [3] <http://www.ingenium.com/technology>
- [4] <http://www.3gpp.org/ctt>

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

徐卸土

毕业于天津大学,高级工程师,长期从事移动通信网络的规划、设计、优化工作。

运营商VoWi-Fi网络部署探讨

蒲浩杰

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

介绍运营商引入VoWi-Fi的背景和发展现状,结合运营商网络特点对应用最为广泛的非授权域EPC接入技术的终端鉴权接入、移动性管理、QoS策略、ePDG网元虚拟化等关键技术进行比较深入的分析,可供运营商在VoWi-Fi网络规划和建设时做参考。

关键词

VoWi-Fi 实现方式 业务流程 应用部署

1 引言

VoWi-Fi (Voice over Wi-Fi)是指用户通过Wi-Fi网络连接到运营商的EPC (Evolved Packet Core)网络,并通过EPC网络连接到IMS (IP Multimedia Subsystem)网络,实现语音、短信、补充业务等IMS业务。随着国内外运营商对VoLTE (Voice over Long Term Evolution)的积极部署,VoWi-Fi的需求日益增加。VoWi-Fi可以很好地对VoLTE进行补充,尤其弥补LTE室内覆盖不足的问题。用户可在没有LTE网络覆盖的区域通过Wi-Fi接入EPC网络,让用户享受无差异的IMS业务,从而提升用户体验。此外,VoWi-Fi具有高扩展性,通过合作可大幅度降低国际漫游资费,增加用户粘性。

目前国际标准对终端在VoWi-Fi和VoLTE切换的具体策略没有明确要求,运营商可根据自己的网络覆盖、用户量等定制符合自己需求的切换策略。在当前阶段应研究VoWi-Fi关键技术,制定符合运营商自身网络特点的VoWi-Fi与VoLTE切换机制,端到端QoS策略,vePDG部署等并在网络环境下进行验证,为VoWi-Fi网络的商用部署提供指导。

2 全球运营商VoWi-Fi商用现状

2015年9月T-Mobile在全球首先推出VoWi-Fi业务,终端使用iPhone6/iPhone6 Plus,支持VoWi-Fi与VoLTE的双向无缝切换。目前美国、欧洲的运营商对商用VoWi-Fi业务较为积极。美国运营商T-Mobile、Sprint、AT&T、Verizon,英国运营商EE和Vodafone,法国运营商Orange等都积极和终端厂商合作,为用户在Wi-Fi接入下提供VoWi-Fi高清语音业务。终端方面,苹果iPhone6在iOS8版本下实现对VoWi-Fi的支持后,高通、英特尔等芯片厂商新推出的芯片开始支

持VoWi-Fi,带动了华为、中兴、LG等多家终端厂商推出多款支持VoWi-Fi的终端,VoWi-Fi技术在整个业界风生水起。

相较于欧美,亚洲运营商VoWi-Fi工作开展相对迟缓,韩国、日本运营商尚未部署VoWi-Fi。从国内三大运营商看,VoWi-Fi业务目前均处于测试阶段,尚未商用。

3 VoWi-Fi实现方式

在3GPP的规范中,Wi-Fi被认为是一种非3GPP的无线接入种类。根据不同的网络形式,3GPP引入两个新的网元ePDG(evolved Packet Data Gateway,演进分组数据网关)和TWAG(Trusted Wireless Access Gateway,可信任无线接入网关)。3GPP按照WLAN与EPC网络之间的信任关系以及采用的移动性管理协议(GTP、PMIP和DSMIP),可以分为S2a、S2b和S2c三种场景。

S2a接口:应用于授权域接入网络和EPC互通。WLAN通过TWAG接入PDN GW(Packet Data Network Gateway),为了支持互通,需要对现有WLAN进行增强改造,使之支持移动性要求。这种接入方式对终端影响小,能避开芯片厂商大量的专利。S2a主要问题在于必须通过运营商部署的可靠WLAN接入,部署灵活性及成本不及非授权域EPC接入方式。

S2b接口:应用于非授权域接入网络和EPC互通。WLAN通过ePDG接入PDN GW,通过ePDG实现非授权域和EPC的互通,终端和ePDG之间采用IPSec隧道承载数据,该方案对WLAN改造较小,完美解决了语音、数据业务的连续性问题。

S2c接口:采用DSMIPv6协议,提供UE(User Equipment)

和PDN GW之间的DSMP隧道连接,这样UE和EPC网络交互的数据可以实现透传,因此采用S2c方式对WLAN的影响也较小。S2c的技术方案得力于芯片厂商的推动,但该技术要求终端支持DSMP,这样运营商会受制于芯片厂商的专利。

由于标准成熟度、产业链成熟度、互通性及可扩展性等因素,目前国际上商用VoWi-Fi的运营商均采用基于S2b接口的ePDG方案。GSMA国际标准组织更是明确将基于S2b接口的ePDG方案作为VoWi-Fi的主流方案。当终端通过ePDG接入EPC网络时,3GPP AAA/HSS可以使用基于SIM卡的EAP-AKA算法进行统一鉴权认证,避免传统繁琐的认证接入过程。

4 非授信接入方案网络架构和业务流程

非授信接入S2b接口方案,相对于其他方案在行业标准、商用终端、用户体验三方面具备优势,是国内运营商下一步网络部署的首方案。下面分析非授信接入方案的网络架构和业务流程。

4.1 网络架构

VoWi-Fi网络架构参照3GPP TS23.402,3GPP标准的非授信接入S2b接口方案,是在网络中增加ePDG网元,作为非授信Wi-Fi接入EPC的网关,结合IMS网络向用户提供VoWi-Fi业务。同时以PDN GW(P-GW)为锚点实现Wi-Fi与LTE的双向切换。

终端用户通过Wi-Fi网络接入到ePDG,ePDG连接到EPC网络的3GPP AAA和P-GW,为UE提供信令和数据业务通道。相应的,系统中增加三个主要接口,即ePDG与UE间的SWu接口、与PDN GW间的S2b接口以及与3GPP AAA间的SWm接口。其中,SWu接口在控制面使用IKEv2消息,用户面数据封装在IPSec隧道中,SWm接口采用Diameter消息,S2b接口采用GTP隧道协议。

ePDG通过与3GPP AAA交互,完成对终端的鉴权。鉴权通过后,ePDG通过S2b接口将业务请求发送到P-GW,并完成终端在EPC网络的附着,从而在IMS完成VoWi-Fi用户的注册。注册完成后,用户即可发起相应的VoWi-Fi业务。

3GPP AAA为用户鉴权中心,通过SWm接口对VoWi-Fi用户进行网络鉴权,通过S6b接口和P-GW互通,通过SWx接口和HSS互通,将P-GW的地址更新到HSS,使用户在LTE和Wi-Fi网络间切换时不会出现PDN连接中断。HSS主要负责存储用户签约的数据和鉴权信息,PCRF通过下发PCC规则控制承载的建立和删除。用户通过Wi-Fi网络接入时,由P-CSCF提供到IMS网络的入口。

这一接入方式中,Wi-Fi作为LTE网络覆盖的一个补充,用户可在没有LTE网络覆盖的区域通过Wi-Fi接入EPC

网络。当用户在LTE和Wi-Fi网络间移动时,网络侧又可提供LTE和Wi-Fi网络间的切换功能,以保证用户的语音业务不中断。

4.2 终端鉴权接入

终端用户的鉴权接入过程包括Wi-Fi网络认证、EPC网络附着和IMS网络的注册三个步骤。

在Wi-Fi网络认证:用户终端UE首先需要在Wi-Fi网络进行接入认证,接入Internet网络。

在EPC网络附着:用户在Wi-Fi网络通过认证并接入Internet网络后,需要继续在EPC网络进行接入认证。该认证过程由终端触发,ePDG通过与3GPP AAA交互,完成对终端的鉴权。鉴权通过后,ePDG通过S2b接口将业务请求发送到PDN GW,并完成UE在EPC网络的附着。

在IMS网络注册:用户在EPC网络注册成功后,将继续在IMS核心网进行注册。这一过程在EPC网络注册成功后自动触发。只有在IMS注册成功后,用户才可以正常使用VoWi-Fi的主/被叫业务和发送/接收短信业务。

4.3 呼叫流程

终端用户基于非授信域EPC接入VoWi-Fi,完成IMS网络的注册后便可以使用语音业务。

- 终端UE接入WLAN并获得IP地址;
- UE选择ePDG并触发IKEv2/EAP-AKA鉴权流程;
- ePDG建立到PGW的GTP隧道,PGW分配UE远端IP地址;
- UE发起SIP Invite消息触发SIP呼叫流程,建立专用承载。

5 VoWi-Fi网络部署应用

下面结合国内运营商的网络情况和试验部署案例介绍基于非授信接入方案的VoWi-Fi网络部署应用。

运营商可以利用已部署的Wi-Fi网络开展业务,包括在城市热点区域部署的公共Wi-Fi以及在企业和家庭部署的无线AP,这样在热点区域和室内环境下都可以使用VoWi-Fi业务。Wi-Fi网络不需要做数据配置,由终端配置ePDG相关信息。利用现有的Wi-Fi网络,结合运营商部署的ePDG、LTE核心网和IMS网络可以快速开展VoWi-Fi应用。VoWi-Fi网络部署应用示意如图1所示。

网络部署时,重点关注终端移动性管理、QoS策略和ePDG网元虚拟化部署。

5.1 移动性管理

VoWi-Fi的核心商用价值即是对VoLTE业务的补充,弥

补LTE覆盖的不足。这就要求终端实现VoWi-Fi与VoLTE通话的无缝切换,比如当终端移动到LTE网络覆盖更强的区域时,终端将从Wi-Fi网络接入切换到从LTE网络接入;当终端移动到Wi-Fi接入网覆盖更强的区域时,终端将从LTE网络接入切换到从Wi-Fi网络接入,以便带给用户最好的语音通话体验。

VoWi-Fi与VoLTE切换实现的关键在于锚定同一P-GW,并保证Remote IP不变。VoWi-Fi与VoLTE切换示意如图2所示。

VoWi-Fi技术中,UE获取的两个IP地址,Local IP和Remote IP。Local IP是由Wi-Fi网络分配的IP地址,用于发现ePDG,并与ePDG间通过IKEv2消息交互建立IPSec隧道。Remote IP是由P-GW分配的IP地址,用于与IMS交互完成注

册,及后续的VoWi-Fi业务。VoWi-Fi与VoLTE切换实现的关键是锚定同一P-GW,并保证Remote IP不变。

为保持语音连续性,VoWi-Fi切换到VoLTE的关键实现如下:

- UE在LTE网络注册时,携带的Request Type为Handover;
- MME到HSS认证时,HSS返回P-GW ID;
- MME/S-GW发给P-GW的Create Session Request中携带切换标识;
- P-GW返回Create Session Response消息中携带用户通过S2b接入时的Remote IP。

VoWi-Fi切换到VoLTE的流程如图3所示。

VoLTE切换到VoWi-Fi的关键实现如下:

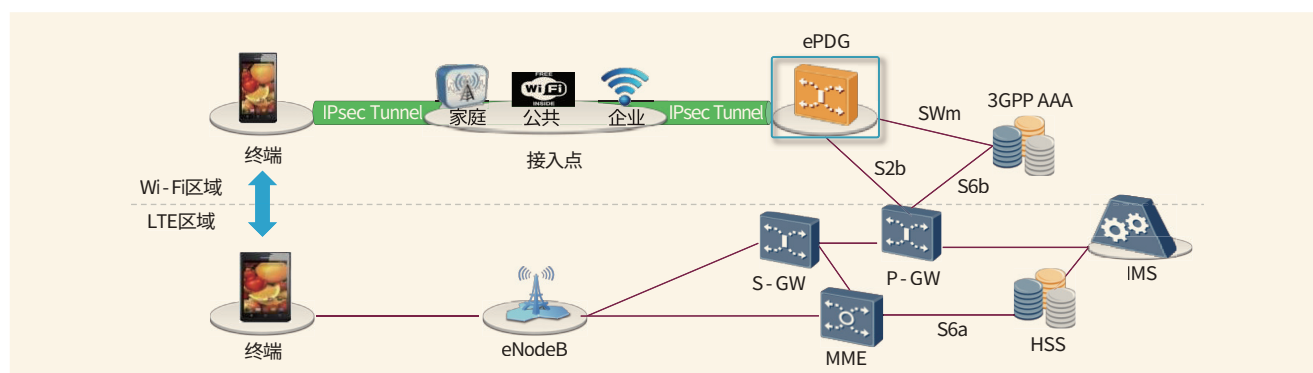


图1 VoWi-Fi网络部署应用示意

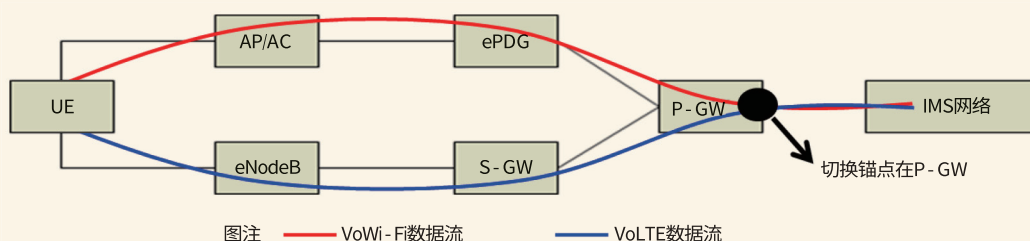


图2 VoWi-Fi与VoLTE切换示意

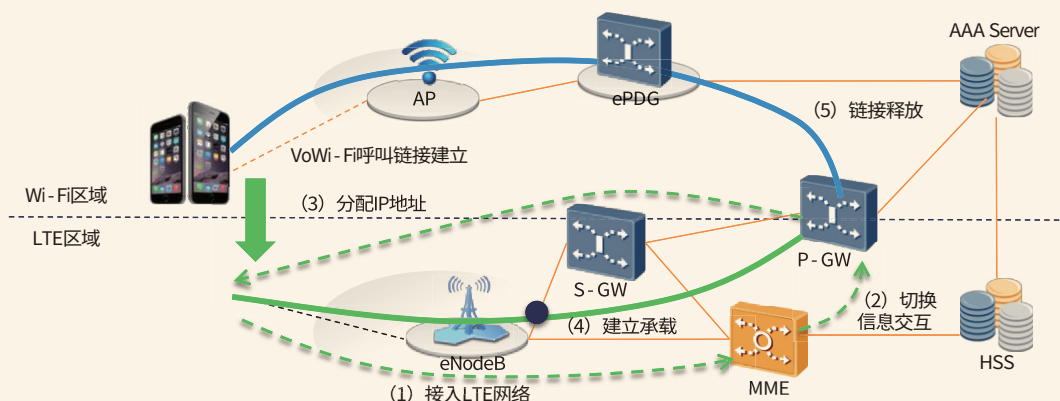


图3 VoWi-Fi切换到VoLTE流程

- UE在IKEv2流程中完成与3GPP AAA的鉴权认证流程,同时会在第三个EAP Response消息中获取UE在LTE注册时使用的P-GW的信息;

- UE在上述流程中携带此前在VoLTE使用的Remote IP;
- ePDG向前P-GW发Create Session Request中携带在VoLTE使用的Remote IP;

- P-GW返回Create Session Response消息中仍分配该IP地址。

VoLTE切换到VoWi-Fi的流程如图4所示。

5.2 QoS策略

如何保障VoWi-Fi带给用户稳定高质量的通话体验是运营商需要考虑的重点。影响语音质量的因素包括时延、抖动、丢包率、回声、沿切割、编解码等。传统IP语音存在失序到达和时延抖动,甚至分组丢失等情况,通话质量较差。VoWi-Fi通过运营商的EPC网络承载可以得到高质量的QoS保障。

VoWi-Fi可以参照VoLTE的QoS特性为用户提供带宽保障,为对时延和时间有严格要求的应用提供端到端的传输质量。用户从EPC接入使用IMS业务时可以获取带宽保障,基于不同的QoS需求为用户提供差异化服务,提升用户体验。EPC网络通过QCI来定义不同的QoS保障级别,QCI同时应用于GBR (Guaranteed Bit Rate) 和Non-GBR承载。QCI是一个值,包含优先级、包延迟、可接受的误包率等指标,每个QCI都与一个优先级相关联,优先级1是最高的优先级别。

在EPC网络注册阶段设置默认承载QoS,QCI参考值为5,IMS网络注册阶段,由IMS核心网根据带宽要求设置专用承载QoS,语音业务QCI建议值为1,视频业务QCI建议值为2。

默认承载QoS传递过程如下:

- HSS向3GPP AAA发送的Server Assignment Answer消息

中携带;

- 3GPP AAA向ePDG发送的EAP Answer消息中携带;
- ePDG向P-GW发送的Create Session Request消息中携带;
- P-GW与PCRF交互CCR/CCA时获取;
- P-GW向ePDG回Create Session Request时携带。

专用承载QoS传递过程如下:

- P-CSCF向PCRF发送的AAR消息中携带带宽要求;
- PCRF向P-GW发送的RAR消息时携带;
- P-GW向ePDG发送的Create Bearer Request消息时携带。

QoS策略执行:ePDG存储上行分组过滤器(由P-GW提供)和S2b承载之间的映射关系,根据为承载分配的TFT中的上行分组过滤器将上行分组路由到不同的承载。P-GW存储下行分组过滤器(由P-GW提供)和S2b承载之间的映射关系,根据为承载分配的TFT中的下行分组过滤器将下行分组路由到不同的承载。

QoS策略示意如图5所示。

5.3 vePDG网元虚拟化

目前商用ePDG网元大多采用厂商专用硬件。专用硬件通常价格昂贵,部署维护也较复杂,此外在满足新业务需求时,部署上线的响应周期较长,限制运营商在业务功能方面快速部署及技术创新的能力。NFV (Network Function Virtualization) 的概念最早由一些国际领先的电信运营商在2012年联合提出。通过利用IT虚拟化技术,采用通用的标准化硬件设备,包括x86服务器、存储和交换机等,承载通信网络中的各类网络功能。

NFV是运营商网络重构的方向,符合运营商当下发展的需求。当前NFV技术已经开始在国内外运营商网络中进行试验部署。目前已经有厂商提供基于NFV技术的vePDG设备,硬件采用x86服务器等通用IT设备。基于NFV的vePDG

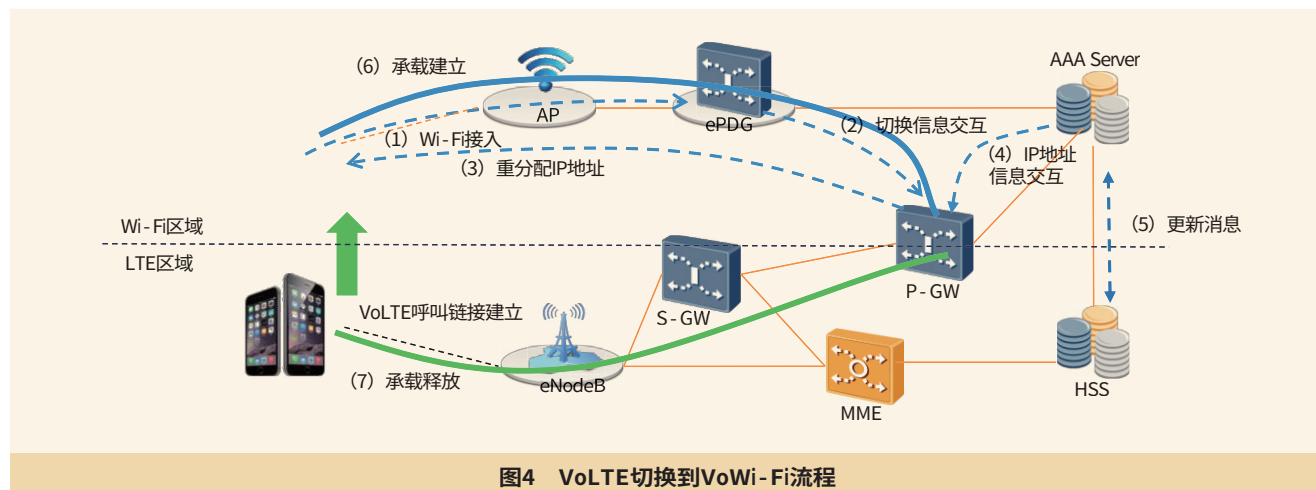


图4 VoLTE切换到VoWi-Fi流程

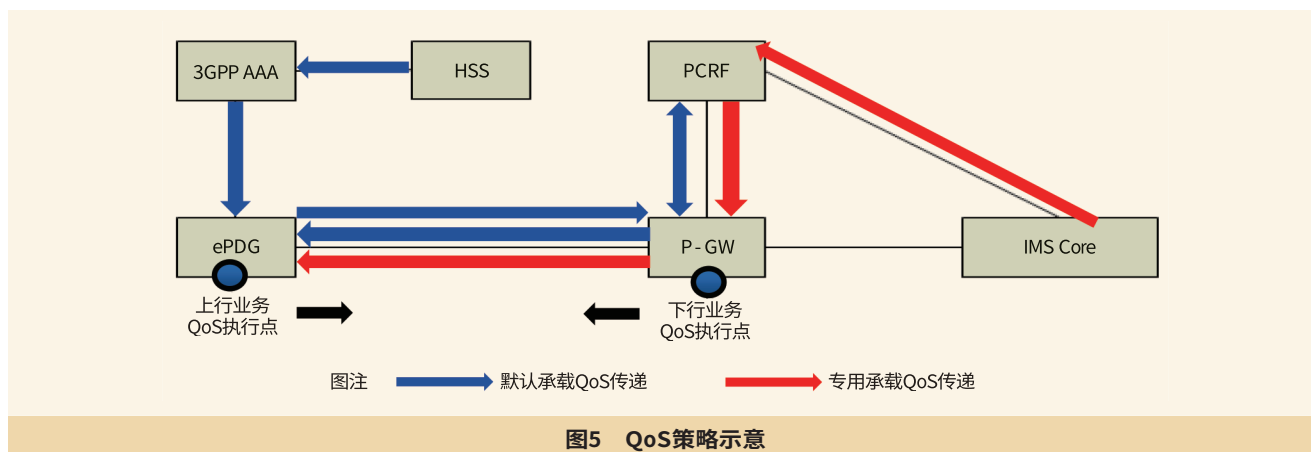


图5 QoS策略示意

实现软硬件的解耦及功能抽象，使业务功能不再依赖于专用硬件，可以和其他业务网元共享硬件资源，业务开发和部署速度将大幅提升。此外通过引入MANO，可以实现基于业务需求的自动部署、弹性伸缩、故障隔离和自愈等。

运营商在网络规划和建设时建议采用vePDG设备，通过网络功能的虚拟化，实现网络功能的灵活部署，促进业务快速部署和业务创新，进一步降低运营成本。

6 结束语

VoLTE和VoWi-Fi已成为未来语音的发展趋势，国内外标准组织正积极推进相关标准的研究。随着国内各大运营商VoLTE商用进程的推进，VoWi-Fi的需求也日益增加，国内运营商正积极进行VoWi-Fi的测试和验证工作。

参考文献

- [1] 3GPP TS 23.402. Architecture enhancements for non-3GPP accesses

12.5[S].2014

- [2] GSM 48.51. IMS Profile for Voice, Video and SMS over Wi-Fi 2.0[S].2015

- [3] 3GPP TS 33.402. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security aspects of non-3GPP accesses 12.0[S].2014

- [4] 3GPP TS 24.312. Access Network Discovery and Selection Function (ANDSF) Management Object (MO) 12.5[S].2014

- [5] 3GPP TS 33.402. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Access to the 3GPP Evolved Packet Core (EPC) via non-3GPP access networks; Stage 3 12.5[S].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

蒲浩杰

硕士，毕业于北京邮电大学，高级工程师，主要从事运营商移动核心网相关新技术研究及网络规划工作。

5G标准、产业进展及全球商用前瞻

顾江华 蒋 军

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 介绍3GPP 5G标准化工作的进展情况,并对全球5G产业现状进行梳理,结合运营商5G商业驱动力,对5G的商用部署进行前瞻性的预测。

关键词 5G标准 IMT-2020 5G产业 5G部署

1 前言

为了应对未来爆炸性的移动数据流量增长、海量的设备连接、不断涌现的各类新业务和应用场景,全球业界已全面启动5G的研发和标准化工作。

与以往移动通信技术相比,5G可更好地满足多样化、差异化业务的巨大挑战,满足超高速率、超低时延、高速移动、高能效和超高流量与连接数密度等多维能力指标。如5G将渗透到物联网等领域,与工业设施、医疗器械、交通工具等深度融合,全面实现万物互联,有效满足工业、医疗、交通等垂直行业的信息化服务需要。

2 5G标准进展

2.1 5G标准制定组织

5G相关的研究工作正在各标准组织中进行,5G标准化的进程凝聚了各标准化组织的贡献。各标准组织间已建立联络和协作机制,未来将根据推进计划和时间需求,共同推动5G的标准化工作。5G已进入互联网领域,而且越来越多的接入基于无线和移动,因此跨标准组织和工作组间的协同工作是确保未来两年内达成目标的关键。

在这些组织中,3GPP是5G标准化工作的核心机构。3GPP成立于1998年12月,其最初的工作范围是为第三代移动通信系统制定全球适用的技术规范和技术报告。随后3GPP的工作范围增加了对UTRA长期演进系统的研究和标准制定。目前3GPP已发展成为拥有ETSI、TTA、TTC、ARIB、TTA和CCSA等6个组织伙伴(OP)、13个市场伙伴(MRP)和300多家独立成员的标准制定领导机构。

3GPP制定的标准规范以Release作为版本进行管理,平均

1~2年就会完成一个版本的制定,从建立之初的R99,之后到R4、R5,目前最新冻结的标准为R13,正在进行R14、R15的标准制定工作,其中R15将成为5G的第一个标准版本。

2.2 ITU的IMT-2020工作计划

2015年10月26-30日,在瑞士日内瓦召开的无线电通信全会上,ITU-R正式批准了三项有利于推进5G研究进程的决议,正式确定5G标准的法定名称IMT-2020,由此IMT-2020与IMT-2000、IMT-Advanced共同构成代表移动通信发展历程的“IMT家族”。

在此之前的ITU-R WP5D第22次会议上,ITU-R已批准IMT-2020的愿景和标准化工作时间表。时间计划大体分为三个阶段,一是到本次会议结束,主要完成5G基本概念等内容。二是到2017年底,主要是为征集候选技术做准备,制定技术评估方法。三是征集候选技术,进行技术评估,选择关键技术,最后于2020年完成标准。ITU将与通信行业及各个国家和地区标准制定的机构密切合作,共同开发无线电网络系统,为5G标准所需的技术性能要求提供支持,并要求参与者严格遵守所制定的时间表。

回顾IMT家族的标准制定和网络部署历程,IMT-2000从提出到完成第一个标准版本共经历了15年,其网络部署工作至今仍在持续。IMT-Advanced则把开发过程缩短为9年,IMT-2020从2015年愿景提出到2020年标准完成,进一步将这一进程缩短到5年。

ITU同时定义了5G的三个主要应用场景,一是增强的移动宽带eMBB,二是大规模机器通信mMTC,三是超高可靠低时延通信URLLC。这三个场景与我国IMT-2020推进组发

布的4大场景基本相同,只是我国将移动宽带进一步划分为广域大覆盖和热点高速两个场景。

关于能力指标,5G不再单纯地强调峰值传输速率,而是综合考虑8个技术指标:峰值速率、用户体验速率、频谱效率、移动性、时延、连接密度、网络能量效率和流量密度。

2.3 3GPP的5G工作计划

在3GPP所规划的5G标准发展蓝图上,主要可分为向下兼容和非向下兼容两块。在向下兼容技术讨论上,主要以延续LTE Evolution为主,相关技术领域包括FD-MIMO、LAA、Latency Reduction、LTE V2X、NOMA、Massive MTC、Relay Enhancements等。

在非向下兼容技术讨论上,R14会先进行5G情境和需求、5G新的无线接入技术、空中接口界面架构的研究项目,以及高频的通道模型讨论。R15将以其他项目、高频技术的研究项目,以及第一阶段5G新的无线接入技术工作项目讨论为主。R16则进入第二阶段5G新的无线接入技术工作项目讨论,以6GHz以上的增强行动宽带技术、Massive MTC、Critical MTC为主。

3GPP针对两个5G规范阶段的暂定时间表如下。

Release 15: 第一个版本的5G标准,满足部分5G需求,2018年年中完成,支持商用产品在2020年推出。

Release 16: 完成5G全部标准化工作,2020年年初提交,商用产品在2022年推出。

3GPP已于2016年6月的TSG#72就5G标准的首个版本Release 15的详细工作计划达成一致。根据工作程序,3GPP的规范制定通常可分为以下三个阶段。

Stage1: 业务需求定义阶段。

Stage2: 总体技术实现方案。

Stage3: 实现该业务在各接口定义的具体协议规范。

该计划记录了各工作组的协调项目和检查重点,并明确Release 15的相关规范将于2018年6月确定。

2.4 5G标准进展总结

3GPP标准从3G时代到5G的发展历程,如图1所示。

目前全球通信界纷纷将研发重点投向5G,在刚刚结束的2017年世界移动大会上,23家移动通信企业于巴塞罗那达成一致,决定共同支持加速5G新空中接口(5G NR)的标准化进程,以推动于2019年尽早实现5G新空中接口的大规模试验和部署。虽然这项加速计划仅针对非独立5G NR的商用部署,且业界对于提速存在不同的意见,认为5G仍有包括关键技术、应用场景等诸多需要解决的问题,但显而易见的是,5G时代离我们越来越近了。

3 我国运营商5G现状

在工业和信息化部统一领导下,依托IMT-2020(5G)推进组,我国正在积极开展5G技术研发试验。按照整体规划,中国5G实验将在2016-2018年完成第一步的技术研发试验,第二步将在2018-2020年进行产品研发试验。

中国的三大运营商在积极部署、有序推进5G研发与试验工作,而且都已经制定了2020年启动5G网络商用的计划。中国移动于2016年底明确5G商用时间表,公布2016-2020年部署细节:2016年启动5G技术试验、标准定制及产品开发;2017-2018年将分别启动外场试验,并开展面向商用化规模实验;2019年进行大规模的预商用5G测试。到2020年,中国移动将按照国家规划,完成5G的商用工作。

4 5G商用前瞻

4.1 5G应用分析

纵观移动通信网络的发展历程,用户的需求升级始终是通信网络演进和换代的最根本动力。ITU定义了三个5G主要

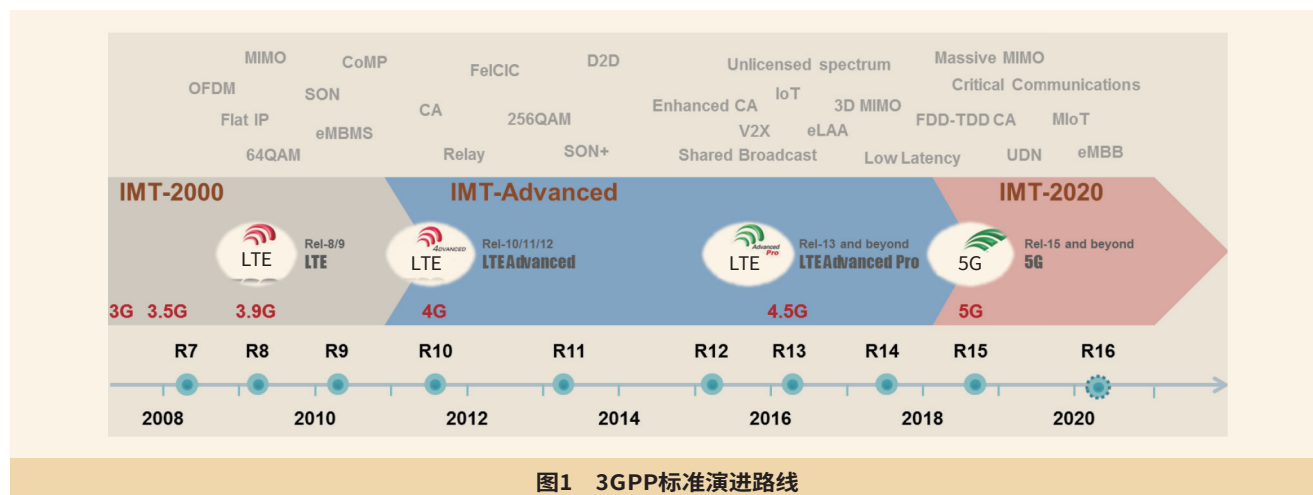


图1 3GPP标准演进路线图

应用场景,包括eMBB、mMTC和URLLC,能够满足人们在居住、工作、休闲和交通等领域的多样化业务需求,即便在密集住宅区、办公室、体育场、露天集会、地铁、快速路、高铁和广域覆盖等具有超高流量密度、超高连接数密度、超高移动性特征的场景,也可以为用户提供超高清视频、虚拟现实、增强现实、云桌面、在线游戏等极致业务体验。

随着社会的发展和技术的进步,用户对下一代移动通信技术的需求、态度和期望在不断变迁,标准制定者和网络运营商必须准确把握用户需求,合理预测未来移动应用场景来制定网络演进部署的进程。

4.2 运营商的市场驱动力

从领先运营商(AT&T、Verizon、NTT、中国移动)近几年收入增长速度的变化趋势可以看出,运营商基础服务收入增长普遍处于较低水平,且增速下滑已成定势。除AT&T在2015年凭借收购DirecTV实现收入增速上升,其他几家领先运营商收入增速全部下滑,中国移动则是出现了负增长。

爱立信在研究报告中指出,通过解决8个关键行业领域的5G连接问题,运营商有望在2026年实现收入大增34%,达到5820亿美元。所涉及的8个关键行业部门包括金融服务、汽车、公共交通、媒体和娱乐、医疗、能源公用事业、制造和公共安全。

2020年后,随着5G的规模部署,5G网络和相关行业服务将成为运营商主要的收入增长点。基于此,全球的主流运营商必定不会放过打造新的竞争优势的机会,在5G部署上将采取积极的行动。

4.3 5G的商用预测分析

回顾LTE发展历程,2009年,LTE启动商用,当时的网络是LTE与2G/3G共存,一直发展到2014年左右,LTE才实现覆盖率超过50%,而这取决于运营商的投资规模。时至今日,3G网络依然在很多地区发挥着重要的作用,因此5G网

络的部署和发展必将是一个长期和渐进的过程。

从全球来看,许多主流运营商对于5G发展节奏的预期要远快于3GPP计划。这主要是因为目前5G底层技术的标准化已经取得很大进展,业界推出了未来可平滑过渡至5G的硬件产品,以及可以用于4G网络的5G软件和插件,这使得运营商在标准完成之前提前准备部署5G成为可能。

结合标准进展和运营商对于5G网络的规划,预计2017年将是5G早期商用产品上市和开展现场试验的一年,能提供“有意义的商用服务”的5G网络最快于2018年底推出,而规模化的商业部署可能于2019-2020年实现。

未来几年的重要国际体育赛事成为观察5G进展的重要时间窗口,这包括2018年在俄罗斯举办的世界杯足球赛、韩国冬奥会以及2020年的日本东京奥运会,通过关注这些重要赛事期间的5G网络部署和使用情况,可以更好地把握对5G商用进程的判断。

参考文献

- [1] 汪洋溢,田议.5G标准及关键技术[J].信息技术与标准化,2016(6)
- [2] 吕邦国,杨健,于涛.5G标准进展及关键技术[J].电信工程技术与标准化,2016(8)
- [3] 魏运锋,刘庆东,杨锐.5G标准及关键技术[J].电信工程技术与标准化,2016(12)
- [4] OVUM.欧洲的5G概况[J].电信工程技术与标准化,2017(1)
- [5] 肖子玉.5G核心网标准进展综述[J].电信工程技术与标准化,2017(1)

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

作者简介

顾江华

毕业于上海交通大学,博士,高级工程师,主要从事无线网络规划咨询工作。

蒋军

毕业于上海交通大学,博士,注册咨询师,主要从事网络咨询规划工作。

面向5G的下一代前传网络接口及承载方案分析

吴万红 赵玉祥 莫 寒

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 介绍下一代前传网络接口产生的背景、定义及潜在方案,分析NGFI前传的各种技术承载方案,给出前传承载的相关建议,为5G前传承载网络建设提供有益的思路。

关键词 5G NGFI 承载

1 前言

集中BBU(Base Band Unit, 基带单元)、拉远RRU(Radio Remote Unit, 射频拉远单元)的C-RAN(Centralized, Cooperative, Cloud & Clean-Radio Access Network)网络部署得到越来越广泛的应用。目前C-RAN前传主要是传输接口CPRI(Common Public Radio Interface)或OBSAI(Open Base Station Architecture Initiative),它虽然较好地解决目前4G的前传需求,但面向5G的需求时CPRI和OBSAI存在如下问题。

(1)不能满足无线网络集中式部署要求

3GPP在R12中引入基于LTE的双连接,R13中提出LTE+Wi-Fi异构双连接功能。C-RAN集中化后,RRU至BBU需要双上联,传统的CPRI接口只能提供点对点前传,因此CPRI/OBSAI接口不能满足无线网络集中式部署后带来的网络安全要求。

(2)不能适应5G无线多场景接入的需求

5G网络未来会引入许多新的用户应用,如密集城区的超高清甚至3D全息影片和视频、50+Mbit/s的高速用户体验、超过350km/h的高速移动应用、传感网等。为满足5G多样化业务场景的需求,未来网络需要具备按需快速定制、快速部署的能力,需支持大规模RAN共享等功能,从而前传网络必须具有更大的灵活性和可扩展性。目前CPRI/OBSAI接口在灵活性、可扩展以及集中化部署成本等方面都不能适应5G无线多场景接入的需求。

综上所述,目前普遍应用的CPRI/OBSAI接口已无法满足面向5G演进的前传网络组网需求,因此有必要重新定义BBU和RRU的功能,设计一个基于分组传输技术的BBU和RRU接口,即下一代前传网络接口(Next Generation Fronthaul Interface, NGFI)。

2 NGFI的定义及逻辑分层

2.1 NGFI的定义

NGFI是指下一代无线网络主设备中基带处理功能与远端射频处理功能之间的前传接口。NGFI至少具备如下两大特征。

(1)重新定义BBU和RRU的功能,将部分BBU处理功能移至RRU,进而导致BBU和RRU的形态改变,重构后分别重定义名称为RCC(Radio Cloud Center, 无线云中心)和RRS(Radio Remote System, 射频拉远系统)。

(2)基于分组交换协议将前端传输由点对点的接口重新定义为多点对多点的前端传输网络。

基于NGFI的C-RAN无线网络架构如图1所示。

远端射频系统RRS包括:天线、RRU以及传统BBU的部分基带处理功能RAU(Radio Aggregation Unit, 射频聚合单元)等。图1中RAU为一个逻辑单元,实际设备形态与具体的实现方案有关,可以与原有RRU进行功能整合形成新的RRU实体,也可以独立设计为一个硬件实体。

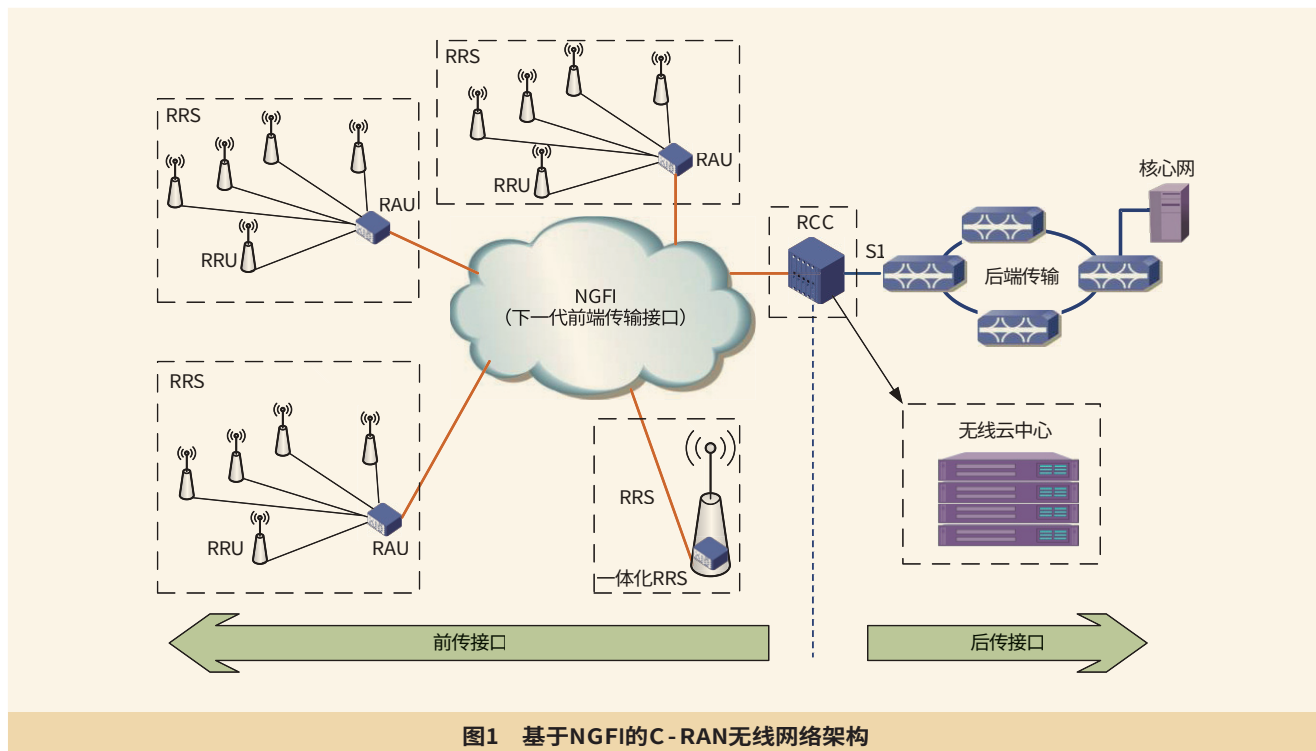
无线云中心RCC包含传统BBU除去RAU外的剩余功能、高层管理功能等,由于是多站址下的多载波、多小区的功能集中,从而形成功能池。这一集中功能单元的作用区域应包括所有下属的多个远端功能单元所覆盖的区域总和。

2.2 NGFI的逻辑分层

NGFI接口逻辑上可以分成NGFI数据层、NGFI数据适配层和物理承载层。

(1)NGFI数据层包含各类无线技术相关的用户面数据、控制面数据、同步数据和管理数据。

(2)NGFI数据适配层是为了保证不同需求的无线数据的



传输特性很好地匹配底层传输网络的特性，它可以针对不同的无线数据和传输网络进行适配。

(3)NGFI物理承载层包含目前主要无线接入网的传输技术，如PTN（Packet Transport Network，分组传送网）、PON（Passive Optical Network，无源光纤网络）以及WDM（Wavelength Division Multiplexing，波分复用）等。

2.3 NGFI的设计原则

(1)统计复用

在一定组网规模（如100载波）下，RCC与RRS之间传输的数据带宽需求对前传网络而言具有统计复用效果，可减少前端传输网络的带宽配置，达到降低成本的目的。

(2)载荷相关的自适应带宽变化

RCC和RRS之间的NGFI接口带宽与上层业务载荷成正比变化。载荷相关的自适应带宽变化是统计复用原则的必要条件之一。

(3)尽量支持性能增益高的协作化算法

在满足前两项原则的情况下，BBU/RRU功能重新划分后，尽量支持性能增益高的协作化算法(如联合调度、联合接收、联合发送等)。

(5)接口流量尽量与RRU的天线数目无关

将与天线直接相关的计算放至远端，可更好地适应未来演进引入大规模天线阵的需求，避免因RRU支持的天线数

上升而带来NGFI接口带宽需求的大幅上升。

(5)空中接口技术中立原则

NGFI接口除了应支持现有的4G LTE技术外，还应该支持5G空中接口技术。

(6)支持RRS归属关系迁移

可根据需要将除RRS外的基带处理功能从一个RCC迁移至另一个RCC，但是每个RRS在任意时刻只能归属于一个RCC。当业务量过大时，RRS归属关系迁移功能实现更好的负载均衡；当业务量低时，RRS归属关系迁移能实现处理的进一步集中，降低设备功耗，更好地实现无线云中心内处理资源的统计复用。RRS归属关系迁移功能可提高网络可靠性，当某一RCC出现故障时，其下属的RRS可分散迁移至其他RCC进行管理。

3 NGFI潜在方案

3.1 NGFI潜在方案分析

NGFI共有5个潜在划分方案即方案1：层2内部划分方案；方案2：MAC/PHY划分方案；方案3：Bit-level/Symbol-level划分方案；方案4：Symbol-level/Sample-level划分方案；方案5：Baseband/RF划分方案，如图2所示。

3.2 潜在方案每扇区每载波带宽需求分析

(1)参数取定

为了评估RCC和RRS接口划分方案对前端传输带宽的

需求，首先进行如下基本假设：

- 20MHz载波；
- 2端口；
- 8天线；
- 下行频谱效率为2bit/s/Hz，上行频谱效率为1.8bit/s/Hz；
- 下行满负载时最高调制等级为64QAM，上行满负载时最高调制等级为16QAM；
- 最大用户数为100。

(2)带宽需求

上述各个潜在方案的最大带宽需求见表1。

上述接口带宽的计算，是基于每扇区每载波得到的小区带宽。RCC和RRS接口划分方案带宽评估未包含同步信息和以太网包头，其中以以太网包头引入的载荷与以太网包长度有关。目前仅对不同划分方案给出简略分析，对于上下行的处理，也可采用不同的接口划分方法。同时，不同信道的

表1 不同划分方案的最大带宽对比

方向	方案1 带宽需求	方案2 带宽需求	方案3 带宽需求	方案4 带宽需求	方案5 带宽需求
下行	180Mbit/s	225Mbit/s	125.2Mbit/s	498Mbit/s	9830.4Mbit/s
上行	109Mbit/s	112.5Mbit/s	464.6Mbit/s	2689.2Mbit/s	9830.4Mbit/s

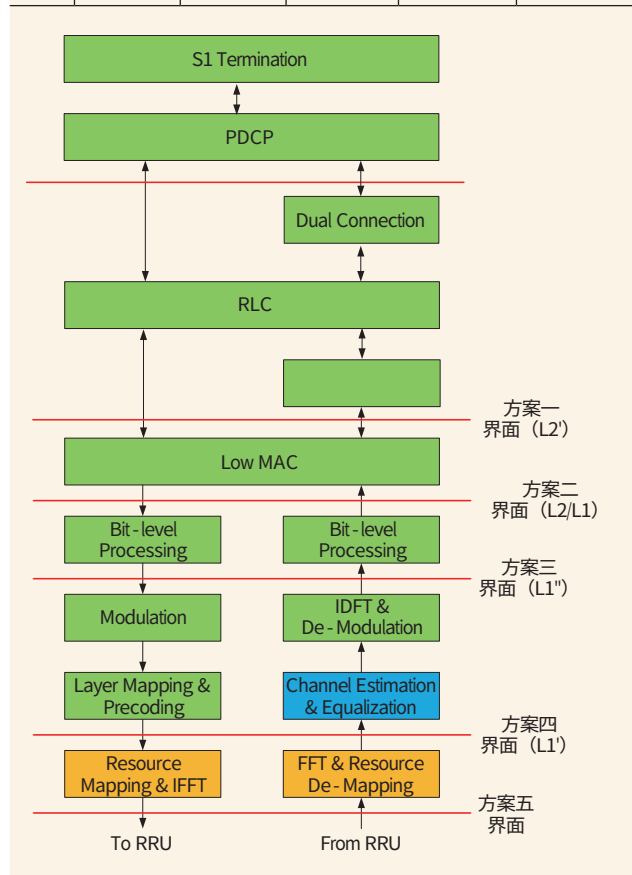


图2 RCC-RRS接口划分方案

处理方法可采用不同划分方式进一步提高效率。比如PSS、SSS、RS、PBCH信号，可以通过配置的方式由RAU产生，降低带宽需求。

如果采用100Mbit/s载波，每扇区每载波的带宽如下：

- 方案一：下/上行带宽约900/545Mbit/s；
- 方案二：下/上行带宽约1125/562.5Mbit/s；
- 方案三：下/上行带宽约626/2325Mbit/s；
- 方案四：下/上行带宽约2490Mbit/s/11.76Gbit/s；
- 方案五：下/上行带宽约50Gbit/s。

上述潜在方案各有优缺点，目前主流的方案是将L1'上移至RRU，同时将现有BBU按照处理内容的实时性划分为CU和DU两种设备（DU相当于新的BBU，CU相当于RCC），如图3所示。

RRU至DU相当于方案4，载波是100Mbit/s带宽时，每扇区每载波下/上行带宽约2490Mbit/s/11.76Gbit/s。

DU至CU相当于方案1，载波是100Mbit/s带宽时，每扇区每载波下/上行带宽约900/545Mbit/s。

4 前传承载方案分析

4.1 承载网络的划分

未来5G的承载网络按照RCC(CU)节点划分为前传和回

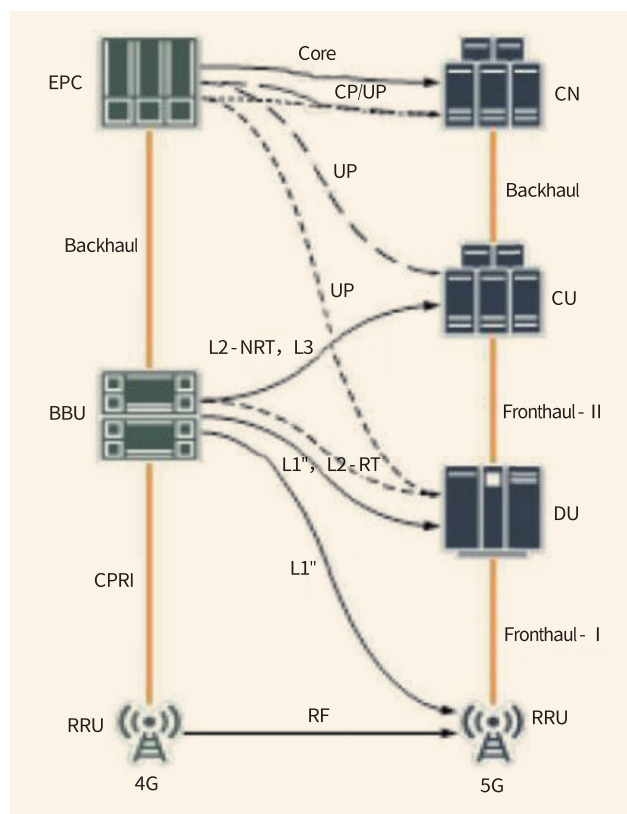


图3 5G的CU/DU两级架构

传承载网络,如图4所示。

其中前传分为RRU-BBU(DU)和BBU(DU)-CU(RCC)两段,回传分为汇聚层和核心层。

文中主要针对前传承载,从RRU-BBU(DU)和BBU(DU)-CU(RCC)两段分别叙述。

4.2 RRU-BBU(DU)承载方案分析

4.2.1 BBU(DU)分散部署

当BBU(DU)分散部署于各个基站时,RRU与BBU之间距离较短,建议采用裸光纤直连方式。

该方案主要的优点是免承载设备,同时存在光纤消耗严重的问题。

4.2.2 BBU(DU)集中部署

BBU(DU)无论是相对集中部署还是集中部署,可根据传输技术进行承载。

考虑到RRU至BBU在100Mbit/s载波时,每扇区每载波的最大带宽超过10Gbit/s,因此建议承载业务的速率应在40Gbit/s(也可采用 N 波道 $\times 10$ Gbit/s)或100Gbit/s;下面简单介绍WDM、WDM-PON和PTN承载方案。

(1)WDM承载方案分析

WDM方案利用波分复用特性,将多个链路采用不同的波长承载,然后再复用在一根光纤中,以达到节省光纤资源的目的。WDM方案有两种实现方案。

• 彩光无源WDM方案

采用彩光模块,通过无源的合分波滤波器实现波分复用,而无需配置传输承载设备。

该方案的优点是:由于采用彩光作为信号的承载,通过彩光合成器将不同的RRU信号分配不同的彩光,然后接入

BBU,这样能节省光纤资源(每个基站按3载扇计算,没有采用彩光方案时,上行需要12芯光纤;采用彩光方案后,上行需要2芯光纤)。

该方案的缺点是:承载网无监控管理,无保护,不适合长距离组网;对彩光传输的光模块及光转换要求较高,增加设备的成本;通常情况下只能用于BBU相对集中场景,无法形成大规模的BBU云池。

彩光无源WDM方案目前在4G基站中得到大量应用,某集团公司在2015-2016年期间,曾在江苏、福建、安徽进行部署和长期运维验证,效果明显。

• WDM/OTN承载方案分析

WDM/OTN承载设备方案采用小型化的WDM/OTN承载设备实现NGFI链路的承载。由于BBU和RRU通过WDM/OTN承载设备直接连接,基站设备只需选用短距光模块即可。

该方案的优点是:采用环型组网,能大大减少上行光纤的数量(环上按4个节点计算,每个基站按3载扇计算,没有采用WDM/OTN方案时,上行需要48芯光纤;采用WDM/OTN方案后,上行需要4芯光纤),可以支持环网保护和时延对称补偿。可用于BBU集中场景,易于形成大规模的BBU云池。

该方案的缺点是:在网络的传输末端必须是有源设备,因此部署时需要建立专门的机房,对环境要求较高,能耗也较高;可提供50ms级的保护要求,但对业务会造成瞬间影响;设备价格比较昂贵,很难满足客户对价格的预期要求,大规模部署和推广有一定的难度。

(2)WDM-PON承载方案分析

WDM-PON方案的本质是利用波分复用技术达到节省

光纤的目的。WDM-PON是波长独立的方案,不同波长通道可采用不同协议、速率、码型承载不同业务。

该方案与WDM方案最大的不同就是采用无色光模块,光模块可以自行调整适合的波长。OLT发出所有波长的广播轮询,ONU接到哪个口,就会收到哪个AWG口过滤来的波,收到哪个波就自我调节到哪个波长上;换一个AWG口后,就会收到另一个波长的信号,那么就把DFB激光器调节到另一个波长。

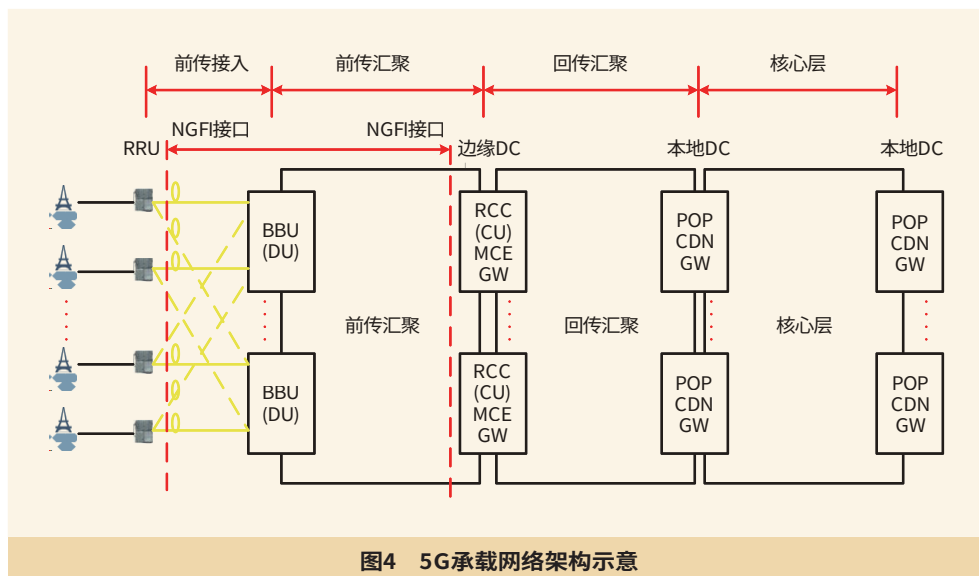


图4 5G承载网络架构示意

WDM-PON 承载方案网络架构如图5所示。

该方案的优点是：由于采用无色ONU，部署较为方便；采用树型组网，能大大减少上行光纤的数量（AWG通常可以采用2:8/16/32等）。

该方案的缺点是：目前WDM-PON的技术方案尚没有商用产品；同时在时间同步等方面未必能满足5G业务要求，需要进一步研究。

(3)PTN承载方案分析

PTN具有2层/2.5层业务交换功能，它融合现有的光传送网和IP/MPLS/Ethernet网络的特点，实现对分组多业务的高性能传送。

采用PTN设备组网方式与图5（WDM/OTN）方案相似。

采用PTN设备承载时，其系统带宽参数模型如下：

- 支撑百载波量级的无线前传网络，每载波带宽取100Mbit/s；
- 每扇区每载波的带宽取12Gbit/s；
- 收敛比1/3；
- PTN按成环组网。

则PTN设备传输速率=12/3×100=400Gbit/s。

PTN设备端口速率需支持400Gbit/s、100Gbit/s、40Gbit/s、10Gbit/s、1Gbit/s等。

按照IEEE P802.3bs的计划安排，2017年发布200/400Gbit/s最终版本，而5G最快在2020年，因此PTN设备完全能满足承载的业务需求。

该方案的优点是：组网灵活，支持环型、链型、星型等组网，可以实现RRU的任意部署；可用于BBU集中场景，易于形成大规模的BBU云池；具备完善的OAM管理机制，实现网络端到端管理，满足50ms级的保护要求且对业务没有影响；同时能大大减少上行光纤的数量，节约光纤资源。

该方案的缺点是：在网络的传输末端必须是有源设备，

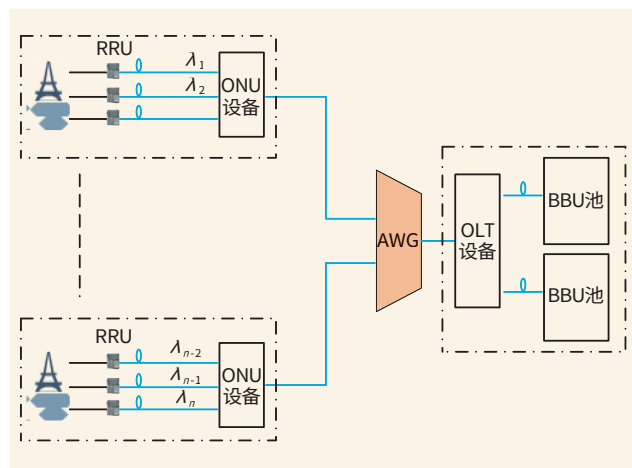


图5 前传接入中WDM-PON设备承载方案示意

对环境要求较高，能耗较大。

4.3 BBU(DU)- RCC (CU)承载方案分析

BBU(DU)至RCC(CU)的前传汇聚安全性较高，采用树型结构很难满足安全性要求，因此BBU(DU)至RCC(CU)的传输建议采用PTN、OTN成环承载。

BBU(DU)- RCC(CU)的前传汇聚承载方案与BBU(DU)部署方案有关，因此前传汇聚承载方案结合BBU(DU)分散部署和集中部署进行论述。

4.3.1 BBU(DU)分散部署

BBU分散部署时，其前传汇聚与传统的传输接入层一样，可采用成环型、链型、星型等结构组网。

单节点带宽参数模型如下：

- 每个RRU的载波带宽取100Mbit/s；
- 每扇区每载波的带宽取1Gbit/s；
- 收敛比1/3；
- 每个BBU按下带3个RRU计算；
- 保护方式为1:1。

则单节点带宽=1×3/3×2=2Gbit/s。

由于单节点带宽需求为2Gbit/s，环上节点通常不超过6个（主要考虑NGFI延时不超过220μs，光缆长度不大于20km，推算环上节点数应不超过6个，下同），因此环上的系统传输速率应为10Gbit/s或40Gbit/s。由于系统容量较小，宜采用PTN设备组网，如图6所示。

4.3.2 BBU(DU)集中部署

(1)部署原则

参考LTE建设BBU的部署原则，BBU集中部署时，每个节点不应超过20个BBU、约60个RRU接入；相对集中部署时，每个节点一般不超过6个BBU、约20个RRU。

(2)BBU集中部署单节点带宽需求

单节点带宽参数模型如下：

- 每个RRU的载波带宽取100Mbit/s；
- 每扇区每载波的带宽取1Gbit/s；
- 收敛比1/3；
- 保护方式为1:1。

则单节点带宽=1×60/3×2=40Gbit/s。

(3)BBU相对集中部署单节点带宽需求

单节点带宽参数模型如下：

- 每个RRU的载波带宽取100Mbit/s；
- 每扇区每载波的带宽取1Gbit/s；
- 收敛比1/3；
- 保护方式为1:1。

则单节点带宽=1×20/3×2=13.2Gbit/s。

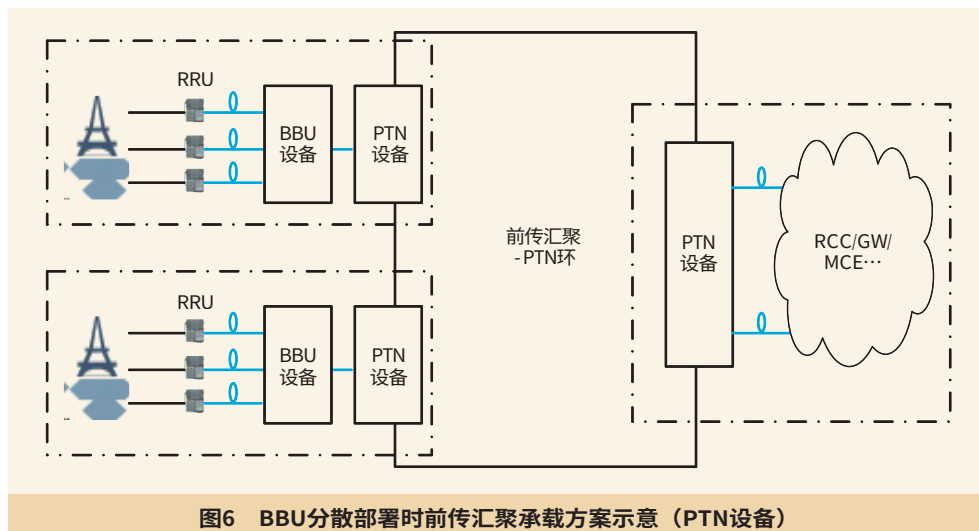


图6 BBU分散部署时前传汇聚承载方案示意（PTN设备）

(4) 承载方案

① BBU集中部署

当BBU集中部署时，相当于BBU部署在传统的端局和远端模块局内，节点之间的光缆距离通常在2~6km之间，大部分在4~5km；考虑到NGFI接口传输距离不超过20km的要求，因此如果采用PTN设备组网时，环上节点数选为3~4个，则承载的带宽需求120~160Gbit/s，系统传输速率建议为400Gbit/s；此时PTN设备端口速率需支持400Gbit/s、100Gbit/s、40Gbit/s、10Gbit/s、1Gbit/s等。从PTN系统承载的业务带宽看，其承载效率不高。

如果采用OTN设备组网，环上节点数宜3~4个，每个节点配置40Gbit/s（也可采用N波道×10Gbit/s）或100Gbit/s波道2个，1个主用波道1个备用波道，系统总波道数宜为16波道，节点宜配置OADM设备。

② BBU相对集中部署

当BBU相对集中部署时，相当于BBU部署在传统的POP点机房或条件较好的宏站内，节点之间的光缆距离通常在2~3km之间；考虑到NGFI接口传输距离不超过20km的要求，如果采用PTN设备组网时，环上节点数不宜超过6个，则承载的带宽需求约80Gbit/s，系统传输速率建议为100Gbit/s；此时PTN设备端口速率需支持100Gbit/s、40Gbit/s、10Gbit/s、1Gbit/s等。

如果采用OTN设备组网，环上节点数不宜超过6个，每个节点配置40Gbit/s波道2个，1个主用波道1个备用波道，系统总波道数宜为16波道；也可配置10Gbit/s波道4个，2个主用波道2个备用波道，系统总波道数宜为32波道；节点宜配置OADM设备。从OTN系统承载的业务带宽看，其承载效率不高。

5 前传承载方案的建议

从上述分析可知，前传承载方案建议如下。

(1) BBU分散部署

RRU与BBU之间距离较短，前传接入建议采用裸光纤直连方式承载；前传汇聚首选PTN设备承载，此时前传汇聚与传统的基站传输接入没有大的区别，有利于节约基础资源如光缆资源。

(2) BBU相对集中部署

前传接入应优选彩光无源WDM方案，次选PTN组网方案，最后选择WDM/OTN组网方案。基础资源较丰富的运营商可选择裸光纤直连方式，前传汇聚首选PTN设备承载，次选OTN设备承载。

(3) BBU集中部署

前传接入应优选PTN组网方案，次选WDM/OTN方案。基础资源特别丰富的运营商可选择裸光纤直连方式，前传汇聚首选OTN设备承载，次选PTN设备承载。

参考文献

- [1] IMT-2020(推进组)5G无线技术架构白皮书
- [2] 中国移动《下一代前传网络接口白皮书》(版本号1.0),2015
- [3] 中国移动《5G C-RAN技术白皮书》
- [4] 中国电信上海公司BBU部署指导原则
- [5] 上海电信莘闵电信局中远期网络发展规划

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

吴万红

毕业于南京邮电学院，教授级高级工程师，通信网络规划和设计专家。

赵玉祥

硕士，毕业于同济大学，工程师，主要从事通信网络规划咨询工作。

莫寒

硕士，毕业于上海交通大学，高级工程师，主要从事通信网络设计、规划工作。

面向5G的高精度时间同步网演进策略

王悦 林泳泽

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 从现有同步技术着手,针对LTE-A/5G等的高精度时间同步需求,提出满足LTE时间同步需求的时间同步网络建设方案,与此同时充分考虑网络发展的后向兼容性,研究时间同步网络面向5G需求时的平滑演进策略。

关键词 LTE-A 5G PTP 1588v2

1 引言

随着移动互联网业务的迅速增长,无线网络升级演进速度逐步加快,目前各大运营商均已基本完成LTE无线网络的规模建设。无线网络升级到LTE阶段,不仅网络架构发生了变化,对时间同步的精度要求也进一步提高,与参考时间源的误差需要控制在 $\pm 1.5\mu\text{s}$ 之内。TD-LTE系统的时间同步需求是基本特性,如时间不同步会导致该基站无法工作;LTE FDD系统基本功能则不需要时间同步,CoMP (Coordinated Multiple Points, 多点协作)、CA (Carrier Aggregation, 载波聚合)、用户精确定位等功能的启用则需要高精度时间同步。LTE-A/5G阶段的同步需求更有可能高达ns量级,如此超高精度的时间同步要求对现有时间同步系统提出了巨大的挑战。

由于LTE基站的射频拉远技术可以有效节省机房空间及配套资源,且能通过BBU (Band width Based Unit, 基带处理单元)池内协同技术降低网络干扰水平,提升LTE FDD网络性能和用户感知,目前已得到广泛应用。目前LTE基站主要采用GPS授时同步方式,但在BBU集中建设的情况下,基站GPS授时同步方式带来“天线森林”、大量占用楼间管资源等新问题;即便是在未实现BBU集中的基站,GPS授时同步也存在安装要求高、成本高、故障率高等问题,同时存在远期的安全隐患。因此为满足无线网络不断提高的时间同步精度要求,提高同步网络安全性,建设地面同步网络,为基站提供空中+地面一主一备两路时间同步成为最佳解决方案。如何在时间同步网络建设中充分考虑网络发展的后向兼容性,实现时间同步网络面向5G需求时的平滑演进这一问题则需要展开深入研究。

2 高精度时间同步技术

近年来高精度时间同步技术标准化进程发展迅速,已经形成系列国际、国内标准。基于IEEE1588的PTP (Precision Time Protocol, 精确时间协议)技术起初是用于需要严格时序配合的工业控制,为了顺应通信网中对高精度时间同步需求的快速增长,IEEE1588从原先的版本一发展到版本二。1588v2规范中的一些特性是基于电信网络环境的需求而开发的,如增加BC (Boundary Clock, 边界时钟)和TC (Transparent Clock, 透明时钟)的PTP时钟类型以及适用于不同时钟类型的路径延迟测量机制,从而在大规模组网时能有效减少网络延迟带来的同步精度下降,同时增加PTP网络的扩展性和组网的灵活性。1588v2还支持单播通信模式以及单播协商机制,从而为1588v2的应用从本地局域网环境向广域网环境的扩展提供条件。此外1588v2具有很好的PTP时钟协议容错能力,从而保证PTP系统的稳定运行,并且可以通过BMCA (Best Master Clock Algorithm, 最佳主时钟算法)和PTP自身的管理机制,实现PTP网络的保护和配置。

除了IEEE组织发布的1588v1和1588v2时钟同步标准外,ITU-T SG15/Q13国际标准化组织针对分组网络的时间和相位同步制定了G.827x系列标准,主要内容包括分组网络中的时间与相位同步的基础架构、网络需求、时钟特性等内容。

国内通信行业紧跟国际时间同步标准进展,目前已制定包括时间同步设备、高精度时间同步技术等在内的一系列时间同步国家标准,各大运营商纷纷推出高精度时间同步相关企业标准。综上,时间同步技术及标准发展已经比较成熟,但在非对称光纤链路的时间延迟与补偿,OAM (Operation Administration and Maintenance, 操作维护管理)功能,PDV

(Packet Delay Variation, 包时延变化) 特性研究等方面仍然有很多工作要做, 是今后国内外标准的主要发展方向。目前基于1588v2的高精度时间同步技术在中国移动部分省份已有商用案例, 其他包括沃达丰、德国电信、Telia Sonera、VHA、中国联通在内的多家国际国内运营商在积极推进基于1588v2的高精度时间同步网络规划。

3 LTE同步需求及同步网络解决方案

面向LTE基站 $\pm 1.5\mu\text{s}$ 时间精度要求的同步网络有两种解决方案, 逐跳同步方案和穿越时间同步方案。逐跳1588v2方案要求同步链路上所有节点设备均支持1588v2协议, 标准化工作基本完成, 相关标准G.8271、8271.1、8272、8273、8273.2、8275、8275.1均已发布。逐跳同步网络架构如图1所示。

面向LTE基站的 $1.5\mu\text{s}$ 时间同步精度需求, ITU-T G.8271.1和CCSA YD/T2375分别定义了网络级指标分配。

ITU-T G.8271.1/Y.1366.1 (08/2013) 中定义的同步网络指标分配见表1。

CCSA YD/T-2375中定义的网络同步分配指标见表2。

穿越时间同步方案 (1588ATR) 是逐跳同步之外的补充性解决方案, 由于技术难度高, 可靠性较差, 因此标准化进

程很慢。当现网部分设备不支持1588v2协议时可以采用穿越同步方案, 但由于标准化不成熟, 目前没有得到广泛应用。

4 面向5G的高精度时间同步网演进

业界公认的移动通信技术更新速度约为每10年一代, 但一个明显的趋势是, 相对于3G/4G, 5G技术标准从开发到商用部署的进程大大加快。虽然下一代移动通信网络的同步需求尚未完全确定, 但同步要求精度越来越高的发展趋势已是必然。因此在时间同步网络建设过程中, 应考虑到网络发展的后向兼容性, 保证时间同步网络面向5G需求时可以实现平滑演进。

4.1 LTE-A/5G同步需求及标准进展

在5G标准制定框架中, ITU是定义5G的主要战场, 以区域性研究组织或国家名义将观点输入到ITU, 形成官方文件。ITU已将5G标准正式命名为IMT-2020, 目前已经完成5G愿景研究, 2017年下半年启动5G技术方案征集, 2020年完成5G标准制定。

在同步方面, ITU-T当前主要还是以LTE-A协同业务和5G的时间同步需求讨论为主, 时间同步需求标准化进程仍处在需求澄清阶段, 包含CA、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output, 多输入多输出) 等特性, 精度可能会定在 $\pm 130\text{ns}$ 左右, 涉及草案为G.8271。当前草案中的精度要求见表3。

面向超高精度的时间同步解决方案的初步意向主要集中在

表1 ITU-T时间同步网络指标分配

指标名称	指标分配	备注
PRTC	100ns	-
链路重组和保持	400ns	-
网元动态误差	200ns	-
网元静态误差	550ns	每网元50ns, 10个网元
	420ns	每网元20ns, 20个网元
线路非对称	100ns	-
	230ns	-
用户端延伸系统	150ns	延伸系统如BBU-RRU
合计	1500ns	-

表2 CCSA时间同步网络指标分配

指标名称	指标分配	备注
PRTC	150ns	卫星正常接收时
	250ns	卫星无法正常接收时
承载网络	1000ns	每网元30ns, 30个网元
用户端延伸系统	250ns	-
合计	1500ns	-

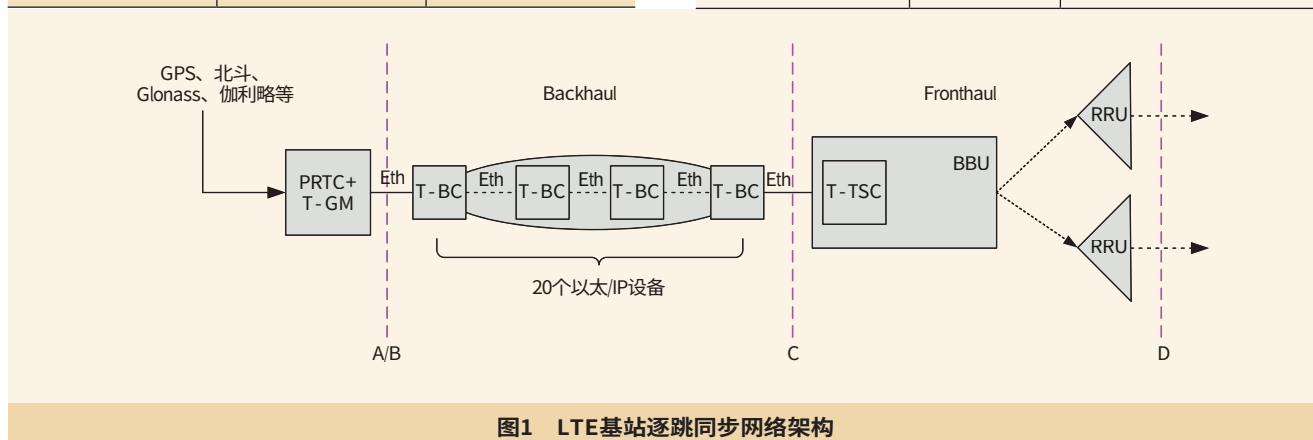


图1 LTE基站逐跳同步网络架构

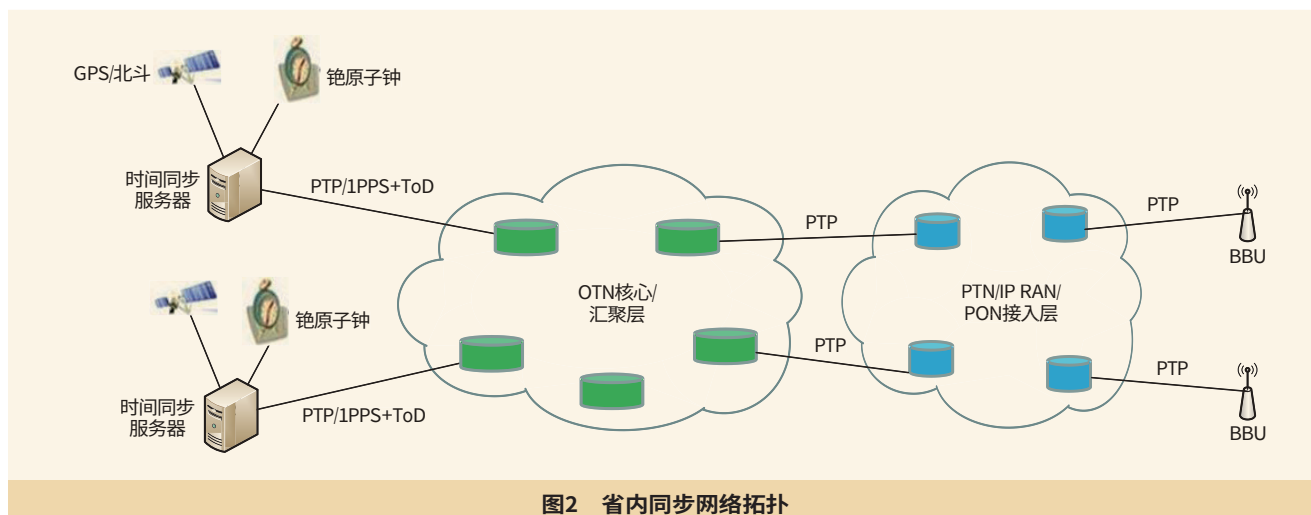


图2 省内同步网络拓扑

表3 LTE-A/5G同步精度需求

典型应用	时间精度要求	备注
不同频带间和同频带内非连续载波间的CA场景（有/无MIMO或发射分集方式都包括）	260ns	-
同频带内连续载波间的CA（有/无MIMO或发射分集方式都包括）	130ns	-
OTDOA基于位置的服务场景	100ns	100ns精度在至少参考三基站信号情况支持30~40m的定位精度
对每个载波的MIMO和发射分集传输场景	65ns	-
其他采用簇内多天线协同机制的LTE-A功能场景	xns	-

在提升PRTC、承载网、基站的时间同步精度，同时减少组网跳数，具体标准进展如下。

- PRTC+：8272.1，性能从100ns提升到30ns，已发布。
- EEC+：8262.1，MTIE性能提升3倍，标准在制定中。
- T-BC+：8273.2 Type C，目标未定，标准制定中。

4.2 面向5G的时间同步网部署思考

在为LTE基站部署基于1588v2的地面同步网络过程中，应充分考虑LTE-A/5G的同步需求，保证时间同步网络面向5G需求时可以实现平滑演进，最大限度的保护现网投资。

当前本地/省内LTE基站同步网络建设建议采用如下方案：本地/省内承载网选择至少2个节点配置一主一备两套时间同步服务器，以主从同步方式在承载网内传递，通过承载设备客户侧的以太网接口将时钟/时间同步信号单独传递或与业务信号一起传递给BBU设备，也可通过2Mbit/s/1PPS+ToD接口向BBU设备传递时钟/时间同步信号。同步网络拓扑如图2所示。

同步网络拓扑设计应遵循以下原则。

(1)为减少从时间同步服务器到被同步设备的网络跳数，从省内承载网选择两个中心节点自主备BITS中获取时钟

/时间同步源，以主从同步方式在承载网内传递。

(2)考虑到时间同步网络的后向兼容性，建议为时间同步服务器配置铯钟，在保持状态时精度可达到 $\leq 0.864\mu\text{s}/\text{天}$ 。

(3)承载网络设备选择BC模式，骨干汇聚层采用OTN网络OSC通道传送，通过采用OSC单纤双向通道避免产生光纤不对称性，全程开启同步以太网功能；接入层可以是PTN、IP RAN或PON网络。

(4)承载网设备可采用带内或带外方式将时钟/时间同步信号传递给BBU，承载网与基站之间以以太网接口为主，在被同步设备数量不多时可选用1PPS+ToD接口。

在上述同步网络建设方案中已从提高时钟源精度，减少组网跳数，提升承载网时间传送精度几个角度考虑网络的后向兼容性。如采用上述措施仍无法满足下一代网络同步精度要求，可将时钟源进一步下沉，同时升级各节点设备支持最新协议进一步提高时间传送精度。

参考文献

- [1] ITU-T G.8271/Y.1366: Time and phase synchronization aspects of packet networks
- [2] ITU-T G.8271.1: Network limits for time synchronization in packet networks
- [3] YD/T 2375—2011: 高精度时间同步技术要求

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

王悦

博士，高级工程师，毕业于上海交通大学，主要从事云计算、业务网络、传输网相关新技术研究及网络规划。

林泳泽

本科，工程师，毕业于哈尔滨工程大学，主要从事移动网络维护。

有线宽带接入网建设模式区别研究

冯智伟 刘 健

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

针对某地两家不同运营商在有线接入网建设模式上的区别进行比较分析,对中国移动下一步有线宽带接入网的建设提出建议。

关键词

有线接入网 建设模式 竞争模式

1 引言

A运营商在无线通信领域优势显著,但近年来受到新技术及新应用的冲击,传统移动通信语音用户数和业务收入增长速度明显减缓,为此A运营商逐步将目光投向有线宽带接入网,并提出大力发展光纤接入网的建设目标。

建设有线宽带接入网不仅能提升通信基础资源,同时能覆盖更多客户,开拓家庭宽带和政企专线市场。长期以来A运营商有线接入网的建设模式一直服务于无线覆盖这一主题,虽然这些年逐步向全业务发展转型,但与以固定宽带接入为主的B运营商相比,在建设模式上仍然有很大的差异。B运营商在有线接入网从铜缆到光纤网转型的过程中摸索总结的一些经验值得借鉴。

2 不同运营商光纤接入网建设现状

(1)A运营商

在过去相当长的一段时期内,A运营商的光纤接入网作为传输配套项目,主要服务于以移动语音业务为主的无线覆盖。不论是传输的汇聚点还是接入点,都与宏站或室分站点兼用,故光缆路由较长。

在语音业务为主的时期,由于其对网络的容量要求不大,A运营商的光纤接入网具有大型自有机房少、管道资源不足、光缆纤芯少等问题。随着3G、4G通信技术的发展,尤其是运营商整合获得全业务经营资质后,业务种类多样化和网络规模的急剧膨胀使原来的光纤接入网难以满足业务发展需求。

于是,A运营商用三年时间大力发展光交基础网,努力提升光纤资源的覆盖率。光缆交接基础网是由光缆交接箱、主干光缆和汇聚点组成的光纤接入网络。通过光缆交接基础

网,A运营商首先迅速便捷地实现业务调度和收敛,在此基础上又进行二级光缆交接网的建设,进一步将光纤接入网延伸覆盖,提高目标客户的光缆接入率。

(2)B运营商

B运营商作为老牌固网运营商,一直是有线接入网的建设为主。在经历拆分重组、光进铜退等一系列变革,明确“光纤到户”的有线接入网建设目标和网格化管理的建设策略之后,B运营商用1年半时间筹备,3年时间逐格建设,基本实现FTTH全覆盖。

3 建设模式比较

(1)分纤点部署策略

A运营商:先建设一级分纤点,全部采用室外型落地无跳纤光缆交接箱,覆盖半径为150~400m;再根据业务需求以1:4~1:3的比例部署二级分纤点,二级分纤点有室外型和室内型两种。

B运营商:住宅区,城区以网格为单位(通常每300~500户相对独立区域为一个网格)设置一个二级分纤点,每个二级分纤点的覆盖半径为100~500m;一般每3~8个二级分纤点设置一个一级分纤点。一级分纤点所在的网格可不设置二级分纤点,由一级分纤点兼作二级分纤点。商务楼,中高档商务楼内设置一级分纤点;低档商务楼内至少设置二级分纤点。

两家运营商的部署策略正好相反。A运营商自上而下的策略基于自身现状和合理定位而确定,在管道、光缆、局站和末端接入等基础资源不如B运营商的情况下,先建设一级分纤点,增强通信基础资源覆盖以拉近与客户的距离是最好的办法。

表1 A运营商建设光纤接入网的劣势

前期准备不足	B运营商光纤宽带接入网建设的启动较早，大规模建设之前先由前端市场人员主导，对全市范围进行网格化划分，对业务需求进行梳理，并建立网格化管理的信息系统。同时制定相关的建设规范、产品规范、入户施工规范，为后期大规模推进打下较好的基础； A运营商虽然从2009年开始进入有线宽带领域，但建设策略相对保守，初期以聚焦高端商客为主，后来转为以联合东方有线抢占市场为主，对整体有线宽带业务需求缺乏详尽的调研，没有建立完善的数据库
错过最佳建设时机	B运营商在2014年已基本完成全市FTTH覆盖，并已大规模商用运营。目前光纤接入网一级+二级分纤点的建设规模已达到2.5万个； A运营商在2016年初才提出3年实现FTTH全覆盖的建设目标，比B运营商整整晚了2年，显然B运营商已抢占先机
政府支持力度不足	B运营商在启动全面建设光纤宽带接入网时，正好契合当地政府建设“智慧城市”的时机，因此得到当地政府的政策支持，不仅与市政府签订战略合作框架，更是与各区县签订合作协议，加强项目具体落实的配合力度。各区县先后召开光网共建启动会，从行政上予以支持。虽然在建设的中后期因为市场化因素增加进楼协调费等建设成本支出，但总体上推进顺利； A运营商启动建设后，由于全市已经实现FTTH覆盖，A运营商的建设成锦上添花的工作，只是给市民多一些选择，而不是必需的，因而政府层面的支撑力度明显降低。加之作为后进入小区的运营商，上级监管部门对现网运营商和在用通信设施的保护要求无形中增加A运营商的建设难度，甚至严重影响建设进度
商务模式	B运营商在大规模推进光纤宽带接入网建设前用了1年半的时间进行准备，资源普查、客户调研、网格系统建立、协议签订等。这些工作基本由B运营商的前端市场人员自己负责。因为从一开始制定的目标就是三年实现全市覆盖，所以对应网格管理系统，在规划指导下有目标有节奏地全面推进，分步实施。另外，由于建设较早，进楼协调成本较低； A运营商主要依靠合格入围的集成商负责小区FTTH建设商务协议的签订。虽然目标是三年实现全市覆盖，但缺少前期的整体规划，建设进程存在不确定性。另外，进楼协调费用已经大幅上涨，比B运营商建设时翻了2~3倍，使A运营商的成本回收期大幅延长

(2) 光缆组网原则

A运营商：一级分纤点采用总线型拓扑结构组网，每个光缆交接箱至相邻光缆交接箱及两端上联汇聚点均有24芯直达光缆。二级分纤点采用星型拓扑结构下挂在一级分纤点。对于特别重要的二级分纤点，可以双路由上联至同环下另一个一级分纤点。

B运营商：住宅区，主干光缆一般采用树型拓扑结构递减方式。商务楼，中高档商务楼的分纤点接入环型或总线型结构的主干光缆；低档商务楼的二级分纤点采用星型拓扑，其上联一级分纤点光缆实现双路由保护，有条件的可跨接两根不同主干光缆的一级分纤点。

可见两家运营商对家庭宽带业务均不做保护。B运营商高端商客采用汇聚机房成环保护，低档商客采用一级分纤点成环保护；A运营商全部采用一级分纤点成环。从表面上看B运营商商客的安全等级较高。

(3) 容量配置

A运营商：一级分纤点统一采用主干容量96芯，配缆容量288芯的无跳纤光缆交接箱。二级分纤点，小区内采用288或576芯室外落地光缆交接箱；小区外室外型采用144芯落地光缆交接箱；室内型采用96芯壁挂式ODF或144芯ODF。

B运营商：住宅区，每个分纤点出纤数量按所覆盖的目标用户灵活配置，一般二级分纤点采用144或288芯光缆交接箱，上联至PON口的每芯光缆覆盖用户不低于50户。商务楼，一级分纤点X、Y方向各配置36芯。每层商务楼光缆配置芯数（二级分纤点）大于楼层的隔间数，且不少于12芯，确因物业管理要求或楼内安装位置不足的，才考虑一个分纤点跨层覆盖，一般每覆盖三层的光缆芯数不少于24芯。

从光纤容量配置看，双方在二级分纤点的容量配置都比较充裕。但A运营商目前家庭宽带FTTH业务不接入分纤点，如果接入分纤点，对一级分纤点资源的消耗将极大。

4 A运营商劣势

A运营商建设光纤接入网的劣势见表1。

5 对A运营商光纤接入网建设的参考建议

通过以上比较分析可以看出，B运营商在该地区光纤接入网领域已占据主导地位。A运营商若要倚仗自己雄厚的经济实力尽力赶超，需要有一定的策略，应该适当借鉴B运营商的成熟经验。

(1) 建立面向光纤宽带业务的信息管理系统

网格化管理的理念并非B运营商独创，而是已经广泛应用于城市管理和数字化平台等多个领域。A运营商根据自己的实际情况，不一定要做网格化管理，但应考虑开发一套面向光纤宽带业务的信息管理系统。该系统的建立应有前瞻性，且应能与现有GPON管理平台及业务调度系统互通，实现宽带业务申请自动派单与开通。这与目前A运营商正在开发的基于管线平台的有线宽带信息录入是不同的两个概念，前者面向业务信息的管理和开通，后者面向工程的逻辑结构。

(2) 要有整体规划

在小区FTTH的建设上，既然已确立三年实现全覆盖的目标，A运营商在建设上就绝对不能“看菜下饭”，被集成商的谈楼进度引导，而需要有整体规划及分步实施计划，以此指导建设的推进。主干光缆的预留，小区分纤点的接入，纤芯的分配等均需要统筹规划，这样才能确保建设的有序推进，并能有效利用光缆及市政管道资源。

对于现网一级光缆交接箱的使用，是否全市采用统一的应用模式值得思考。各区域的功能定位和业态布局不同，小区二级光缆交接箱的组网模式与现网一级光缆交接箱的结合应该有差异。

(下转64页)

BBU集中部署对光缆资源的需求分析

王学灵

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 通过对光缆资源相对薄弱城市BBU集中部署的对比分析,提出网络建设初期BBU部署方案的选择,为BBU集中部署建设提供借鉴和参考。

关键词 基带池 集中部署 主干光缆 光缆网

1 前言

LTE网络建设需要在现网基础上新增相当规模的站址,无论从资本投入还是实施难度上来说都是很大的挑战。无线基站配套及租赁费用居高不下成为运营商较大的负担,另外,在网络建设时的站址获取难度越来越大。因此,需要运营商在网络建设时采用集约的方案,降低建设成本和实施难度。

BBU(Base Band Unit,基带单元)集中部署是运营商快速、低成本建网的手段之一。通过BBU集中部署可以大大降低对机房以及配套的要求,特别是在LTE网络建设到一定阶段,现网可利用的站址资源逐渐枯竭,需要新建机房、配套设施以及市电引入。另外,由于站址获取难度越来越大,规划站址实现也是一个问题,造成较大的网络覆盖空洞。采用BBU集中部署一方面大大降低单站造价,另一方面缓解站址获取难度大的问题。但是对于传输资源相对薄弱的城市,如何根据现网的传输资源合理地选择BBU集中部署方案是运营商需要解决的问题。

2 BBU部署方式分类

根据安装位置分为三种BBU部署方式:BBU与RRU(Remote Radio Unit,射频单元)同站址安装,BBU就近集中安装在条件较好的室外宏基站,BBU集中安装在汇聚机房。后两者的主要区别是汇聚机房条件较好,安装BBU的数量较多。以上三种方式分别可以简称为分散部署、小集中部署和大集中部署。

2.1 分散部署

BBU与RRU同站址安装。在LTE建设初期,利用现网

基站可以快速部署LTE网络。根据机房条件分别采用以下方式安装LTE BBU:现有网络柜安装、新增网络柜安装、挂墙安装、新增室外机柜安装。BBU与RRU通过直连光纤连接传输基带信号,RRU供电一般由机房开关电源柜提供直流电源。

利旧现网基站部署时多采用此方案,可以节省机房建设及配套投资,需要考虑现网基站机房空间、电源和传输资源是否满足要求。对于现网基站本身就是共享基站并且机房资源不能满足的场景慎用。

2.2 小集中部署

对于现网资源不能满足的场景,可以选择附近条件较好的宏站机房或者综合接入机房作为BBU安装场所。小集中部署情况下,每个宏基站或者综合接入机房可以集中安装1~3个BBU。

对于新建基站或者现网资源不能满足新增BBU的场景,采用小集中部署方案可以节省机房建设和配套建设投资。前提是集中部署的机房空间、电源和传输资源能够满足小集中部署的需求,若电源、传输资源不能满足要求的应能够通过改造满足要求。

2.3 大集中部署

BBU(3个以上)集中部署在汇聚机房内。对于新建基站,机房资源获取难度较大的场景,通过集中部署BBU实现网络低成本快速部署。大集中部署方案对机房要求较高,一般选择区域性机房如汇聚机房、骨干机房等,传输、电源、机房空间资源丰富。集中部署的机房内BBU数量不超过20个,下挂RRU总数不超过60个。

采用大集中还可以节省传输设备，降低传输设备维护量和维护难度，特别是随着LTE无线网深度覆盖的推进，微基站、一体化eNodeB（Evolved Node B，演进型基站）大量使用，对传输设备的节省是客观的。但目前尚未普遍采用单芯双向技术，光缆纤芯资源增加量较大。

2.4 部署方案对比

BBU大集中部署需要的传输设备减少，但是需要的纤芯资源增加。如果基站配置3个RRU，BBU分散部署时，A设备到B设备之间光缆的纤芯资源需要2芯（如图1(a)所示）；

BBU至RRU之间光缆的纤芯资源需要6芯（未采用单芯双向技术，如图1(b)所示）。

根据实际需求选择BBU三种部署方案，目的就是实现LTE网络的低成本、快速部署。对于纤芯资源薄弱的场景，在进行集中部署时需要根据实际情况逐步进行集中。对于三种部署方案的优缺点分析及部署建议见表1。

3 传输方案

与BBU分散部署方式相比，BBU集中部署方案需要考虑BBU与RRU之间的传输方案，同时还需要考虑BBU中A设备

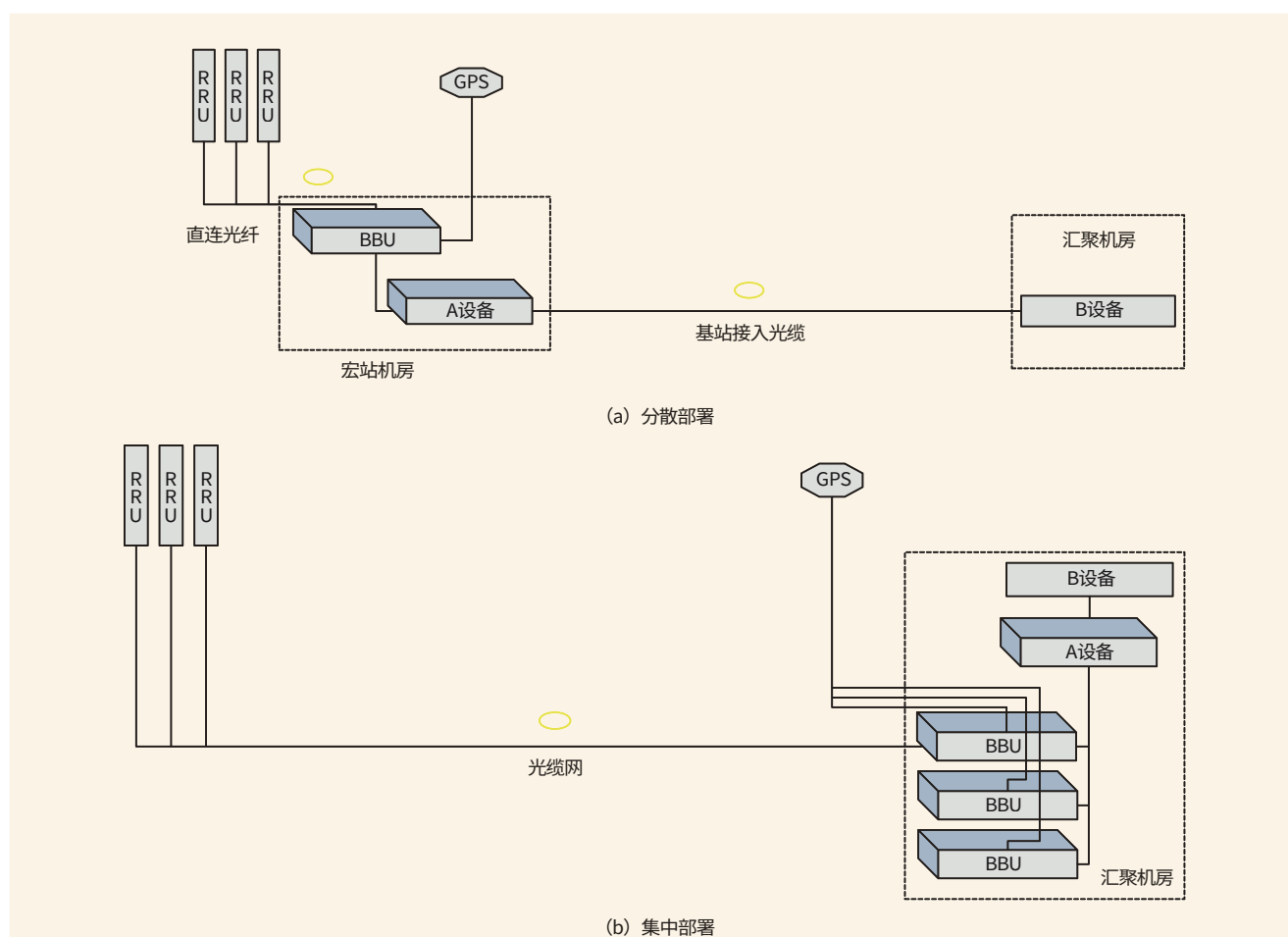


图1 分散部署和集中部署系统原理

表1 BBU三种部署方案对比

部署方式	优点	缺点	部署建议
分散部署	网络结构简单，共现网站址建设成本低、部署快	市区站址获取难度大，配套投资大，施工周期长	利旧现网站址建设，非共享站点
小集中部署	部署灵活，无论新建站点还是利旧现网站址建设均可以选择周围合适的宏基站机房，节省投资和维护成本	安装BBU的机房空间、电源、传输资源需要满足要求	利旧现网站址部署、新建站点
大集中部署	节省传输设备；提高传输系统安全性；便于BBU维护和扩容；提高BBU资源利用率；电源可靠性提高；节能减排；便于统一管理光缆线路资源	增加光缆纤芯资源需求；BBU至RRU之间光缆距离长，光纤跳接点增多，隐患点增多；BBU发生故障时影响面加大；RRU供电问题	LTE网络建设中后期，逐步实现成片LTE BBU集中部署

与B设备之间的传输方案。另外，对于RRU的光缆/光纤接入也要充分考虑。通过合理的组网方式，最大限度地节省对光缆纤芯的占用，节约投资。文中提到的基站接入传输方案采用IP RAN（Internet Protocol Radio Access Network）方式承载。

3.1 BBU与RRU之间的传输方案

BBU至RRU之间传输方案示意如图2所示。

(1)需要占用主干光缆

图2中方案②、方案⑤和方案⑥，RRU需要通过主干光缆与BBU进行连接，这对主干光缆提出要求。

(2)不需要占用主干光缆

图2中方案③和方案④，RRU不需要经过主干光缆与BBU进行连接。

(3)无论是否占用主干光缆

从光纤跳接点基站或者光缆交接箱到RRU这段的光缆需要新建，RRU与光纤跳接点基站或者光缆交接箱同址建设的，无需新建光缆。

需要说明的是，方案②、方案③、方案④、方案⑤和方案⑥均需要进行跳纤。为了保证网络安全及维护需求，原则上跳纤次数不超过三次。

3.2 BBU中A设备与B设备之间的传输方案

(1)BBU集中部署在汇聚机房

汇聚机房一般都会设置IPRAN的B设备，因此BBU集中

部署在汇聚机房的情况下，无需考虑额外的光缆资源。

(2)BBU集中部署在综合接入机房或者宏基站机房

如图2中红色箭头所示，BBU中A设备至B设备之间需要占用主干光缆纤芯资源。另外，还需要考虑A设备的成环问题。

3.3 部署方式对光缆纤芯资源的占用情况对比

各种传输方案对传输资源的需求见表2。

BBU至IPRAN B设备之间占用主干光缆时需要考虑基站成环要求。

4 集中部署实例

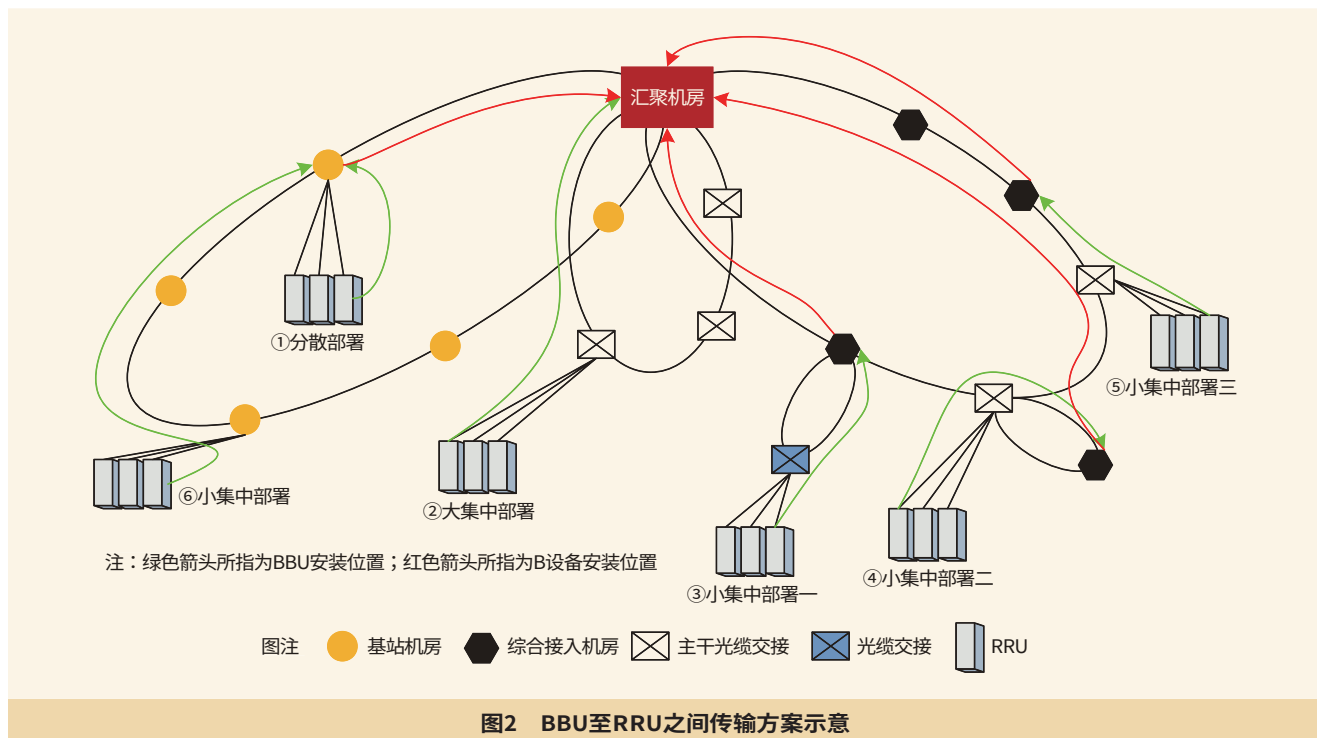
在实际进行BBU集中部署时，将城区合理划分成大小适中的块状区域，对每个块状区域内的BBU进行集中部署。既要考虑无线专业蜂窝网络规划的需求，即基站位置，又要考虑传输专业有线接入网的需求，即主干光缆分布。下面以吉林省长春市南部新城所在区域为例，分析BBU集中部署方案。

4.1 现网资源分析

长春市汇聚层机房及接入层主干光缆路由示意如图3所示。

4.1.1 汇聚机房分布

长春市现有汇聚层机房25个，将长春分为业务密集中心区和东、西、南、北4个片区。核心区域：东至伊通河，南至南湖大路，西至开运街铁路沿线，北至火车站，此划界原则综合考虑光缆敷设的客观地理环境。从业务角度考虑，核



心区域既是无线网LTE基站密集区，也是固网接入业务密集区。其他4个区域分别向4个方向延展至环城高速。汇聚机房分布情况如图3（a）所示。

4.1.2 主干光缆路由

长春市城区接入层主干光缆如图3（b）所示，与图3（a）中汇聚机房分布情况呈现出较为一致的分布。

由图3（b）可以看出，长春城区的接入层主干光缆相对较为薄弱，如果完全采用大集中方式，短期内对主干光缆的需求超出网资源的能力。因此，需要结合长春现网资源的能力，选择合适的部署方式。

4.2 部署方案选择及对比

根据LTE规划站点分布情况，结合汇聚机房的分布情况，将长春市城区划分成若干个区域，BBU集中部署限制在区域内进行。下面是长春市南部新城区域的BBU部署方案，该区域LTE基站分布及主干光缆路由示意如图4所示。

长春市南部新城区域共有LTE基站75个，现有汇聚层机房1个，主干光缆资源较薄弱。根据前面的集中部署原则要

求，每个汇聚机房下挂的RRU不能超过60个，那么需要至少4个集中部署机房。

可选择的方案有三种：分散部署方式、大集中部署方式、混合部署方式，即根据实际情况采用分散部署、小集中部署和大集中部署。下面分别对三种方案规模和投资估算进行对比。

三种方案各部分需要的建设规模见表3，从实施难易程度和工程进度角度考虑，方案三最优。

三种方案的投资估算结果见表4，可见方案三单站造价最低。

因此，在光缆资源相对薄弱的场景下，BBU部署方式采用混合方案在投资和实施难度上更符合建设方的要求。

4.3 需要考虑的问题

(1)RRU供电可靠性

对于BBU集中部署的基站，RRU仍需就近安装，这就必须考虑RRU供电的可靠性问题。如果采用交流供电，供电的可靠性受到业主电源可靠性的限制。

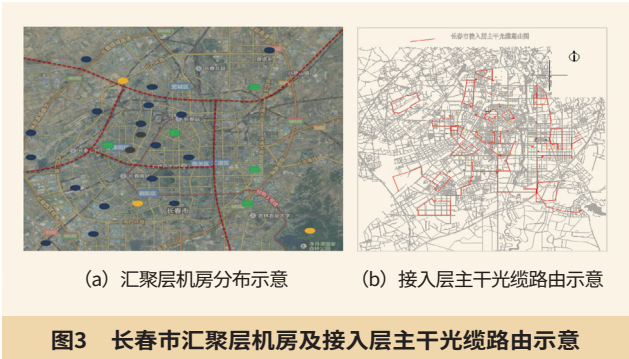


表2 传输方式对比				
集中部署方式	BBU设备部署位置	主干光缆需求		RRU至光交箱/宏基站机房
		BBU—B	BBU—RRU	
方案（1）	综合接入机房或者宏基站机房	占用	不占用	RRU与光交箱/宏基站机房同址建设时无需新建光缆，若为不同址建设，则需要新建光缆。为了提高RRU运行可靠性，新建光缆尽量不同路由
方案（2）	汇聚机房	不占用	占用	
方案（3）	综合接入机房或者宏基站机房	占用	占用	
方案（4）	综合接入机房或者宏基站机房	占用	占用	
方案（5）	综合接入机房或者宏基站机房	占用	占用	
方案（6）	综合接入机房或者宏基站机房	占用	占用	

表3 三种方案对比分析：建设规模				
方案	机房	电源配套	传输配套	市电引入
方案一	基站75个	75套	75个基站接入	75个基站
方案二	新增汇聚层机房3个	75个站点RRU供电配套； 3个汇聚层机房电源配套	75个基站光缆； 占用主干光缆	75个基站就近取电
方案三	新增汇聚层机房1个、基站40个	40套；40个站点RRU供电配套； 1个汇聚层机房电源配套	75个基站光缆； 占用部分主干光缆	40个基站引电； 35个基站就近取电

表4 三种方案对比分析：投资估算 (单位：万元)

方案	机房	电源 配套	传输 配套	市电 引入	无线 主设备	合计	平均 造价
方案一	600.00	375.00	180.00	375.00	375.00	1905.00	25.40
方案二	787.50	210.00	225.00	210.00	375.00	1807.50	24.10
方案三	475.00	280.00	186.00	280.00	375.00	1596.00	21.28

(2)对网络演进的影响

初期采用部分集中方式部署BBU之后，对于未进行集中部署的基站，需要考虑后续演进中BBU池化问题。

5 结束语

BBU集中部署在网络快速部署和节省建设投资方面优势明显，但是在光缆资源相对薄弱的场景进行BBU部署时，需要根据现网资源进行评估。网络建设初期建议采用混合方式实现网络的快速部署，后期随着网络发展逐步提高BBU部署集中率。

另外，随着3G业务逐步由IP RAN承载，3G分布式基站

(上接59页)

(3)合理选择建设模式

从某市的实际情况看，B运营商已经能够普遍为用户提供200MB的家庭接入带宽，所以A运营商确定的50~100MB带宽目标并不具备技术上的优势；而且从已建小区的FTTH用户开通情况看，A运营商不具备市场优势。

因此在建设模式上的选择，是选用一级分光还是二级分光建设。若选二级分光方式，二级分光架构是选用8×8的模式还是16×4的模式，应该根据市场部门的调研反馈具体分析。

(4)加强对合作集成商的管理

由于小区前期的商务谈判主要是依靠集成商，对于集成商的管理尤为重要，应杜绝争抢合同、抬高协调费等问题，一经发现应严肃处理，以规范市场竞争秩序。

(5)借鉴B运营商的有效建设经验

B运营商在三年光网的建设过程中经历总体方案变化、返工调整的过程，A运营商应该借鉴其中对自身有益的建设经验，避免走弯路。例如，对于一级分纤点的使用原则：B运营商的FTTH小区很少接入一级分纤点，而是通过统一规划采用树型光缆递减方式在小区门口的人井内以接头盒代替一级光缆交接箱作为接入点，既有效地节约管孔资源，又减

轻的BBU可采用集中部署方式。因为3G基站多数是与LTE共站址建设，因此对于IP RAN设备基本没有增加，但是需要增加BBU至RRU之间的纤芯资源。随着单芯双向技术应用的成熟，BBU至RRU之间光缆纤芯的需求降低，为BBU集中部署创造条件。

参考文献

- [1] 3GPP TS 36.213 v10.9.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRAN); Physical Layer Procedures[Z].
- [2] 熊伟,刘智奋,林超文.LTE传输安全组网技术及规划要点[J].移动通信,2014(12)
- [3] 长春汇聚层机房规划方案[Z].2015(1)

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

作者简介

王学灵

硕士，毕业于同济大学，高级工程师，主要从事无线网络规划与设计工作。

轻一级分纤点的压力。这对于管孔资源尤为紧张的A运营商来说，有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 金光.光交基础网承载集客专线业务的策略分析[J].移动通信,2012(S2)
- [2] 应江勇,方引青.全面融合阶段中国移动全业务发展策略剖析[J].移动通信,2012,36(23)
- [3] 施珣.面向全业务的有线接入网建设方案研究[J].通讯世界,2014(9)
- [4] 叶亚伟.城市有线接入网固移融合的演进趋势研究[J].无线互联科技,2015(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

冯智伟

硕士，毕业于同济大学，高级工程师，主要从事通信传输设计工作。

刘健

本科，毕业于上海铁道学院（现同济大学），副总工程师，主要从事通信网络咨询规划、通信管线工程、接入网工程的规划设计工作。

OTN规划探讨

史培明 周奎翰

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 从OTN规划的基本要求出发,首先简要介绍OTN规划的主要思路;然后,针对OTN规划的总体目标,对各个流程进行详细介绍;最后,按照主要流程,结合具体实例对OTN的规划方法进行重点说明。

关键词 OTN 规划 业务需求 拓扑 保护方式

1 OTN建设背景

宽带化是光传输网络的主要发展趋势。随着“宽带中国”战略工程的逐步实施与LTE建设进程的加速推进,承载各种高带宽业务的光传输网络面临着更大的压力与挑战。作为宽带业务的理想承载平台,OTN技术有效地继承和结合传统WDM技术与SDH技术的主要优势,同时拓展新型的大颗粒调度和传送、多级的串联连接监视等新型功能。由于满足大颗粒业务灵活调度的迫切需求,同时能够有效降低网络建设和运维成本,采用OTN技术组网已成为实现超大容量传送和大颗粒业务调度的最佳选择。

传输网是通信各类业务的承载网络,搭建一个生存性强、可靠性高、前瞻性好的OTN,可以为其承载的各种业务网络的长期发展提供根本保障。因此,OTN的合理规划已成为各大通信运营商网络建设的关注热点。

2 OTN规划的基本思路

业务驱动是网络建设与发展的重要原因。OTN规划必须充分考虑其承载业务的网络现状以及未来发展趋势,应满足传输网络建设适度超前于业务发展的基本要求,为其承载业务网络的长期发展奠定坚实的基础。

OTN规划应根据规划站点的业务归属对其网络层次进行合理定位。网络层次划分对于业务调度效率有着重要影响,网络拓扑和保护方式对网络的生存性起决定性作用。例如在光缆条件允许的情况下,OTN核心层应尽可能搭建Mesh网;而对于OTN汇聚层,原则上要求至少应能组成环网。网络拓扑为网络的生存性提供基础资源,而保护方式是实现网络高生存性的具体途径。OTN规划应根据网络拓扑与建设方要求,在业务层面、通道层面、链路层面选

择合理的保护方式,以满足OTN大颗粒业务的高可靠性传送要求。

此外,合理投资是OTN规划的重要目标。OTN规划要充分利用现有网络的各种基础资源,尽量减少重复性建设,从而以更低成本实现目标网络的落地实施。

3 OTN规划的具体流程

OTN规划基本流程如图1所示。

在OTN规划的主要流程中,前期调研和业务需求是资料收集阶段,确定站点类型、网络拓扑、保护方式、波长规划是重点实施阶段,仿真验证、优化调整是逐步完善阶段,而输出规划结果则是全面完成阶段。

4 OTN规划实例

结合某地区本地OTN核心层的具体规划实例,对OTN规划网络方法进行详细说明。

4.1 前期调研

某地区OTN汇聚层现网由10个节点构成的 $80 \times 10\text{Gbit/s}$ 的环1和9个节点构成的 $40 \times 10\text{Gbit/s}$ 的环2共计两个环网组成。

通过调研核实,搭建环1和环2的光缆拓扑与纤芯资源情况如图2所示。

图2中,站点A~J为OTN现网环1的组成节点(由于光缆资源条件有限,部分段落存在重路由问题),站点A、B、E、F、L、N、O、Q、R为环2的组成节点,站点K、M、P为光缆跳接点。从图2可以看出,该地区的干线光缆较为紧张。图2中的光缆资源信息是该地区OTN规划网络的核心层网络拓扑搭建、保护方式选择的重要依据。

4.2 业务需求

经过与建设方讨论确认，该地区OTN本地网核心层的业务需求见表1。

4.3 站点类型

通过对现有OTN承载的业务网络、核心节点、汇聚节点、OTN光缆资源与机房配套条件的调研，核心层的站点类型进行如下设置：站点A、站点B、站点F、站点G、站点N共计5个站点为OTM站点，站点H、站点I、站点K、站点M、站点O、站点P、站点Q、站点R共计8个站点则为OLA站点。

4.4 网络拓扑

考虑到该地区中国电信OTN本地网核心层的传输距离较长，且传输网适度超前建设的客观要求，建议规划网络的系统容量为 $80 \times 100\text{Gbit/s}$ 。结合对现有光缆资源的调研和站点类型的设置，OTN规划网络的拓扑结构如图3所示。

网络拓扑中各个核心节点间使用的光缆参数及传输系统

配置如图4所示。

4.5 保护方式

本次规划的OTN业务需求大多在站点A、站点B落地，且传输距离相当于国内许多省市的省级骨干网传输距离。综合考虑业务的归属特点、业务颗粒度（均为GE或10GE业务）、光缆资源的实际条件以及传输性能的良好保证，建议采用基于ODU0和ODU2的SNCP 1+1保护方式。

4.6 波长规划

根据先从长波长开始使用，保护业务和工作业务采用相同波长资源的波长使用原则，同时考虑同种颗粒业务调度与维护的方便，采用的波道规划如图5所示。

表1 某地区OTN本地网核心层规划网络的业务需求统计

业务路由	源端	宿端	带宽需求	业务侧端口类型
G-A	G	A	$4 \times 10\text{GE} + 32 \times \text{GE}$	GE、10GE
G-B	G	B	$4 \times 10\text{GE} + 32 \times \text{GE}$	GE、10GE
F-A	F	A	$24 \times \text{GE}$	GE、10GE
F-B	F	B	$1 \times 10\text{GE} + 24 \times \text{GE}$	GE、10GE
N-A	N	A	$3 \times 10\text{GE} + 32 \times \text{GE}$	GE、10GE
N-B	N	B	$2 \times 10\text{GE} + 24 \times \text{GE}$	GE、10GE
A-B	A	B	$2 \times 10\text{G}$	10G POS
B-G	B	G	$2 \times 10\text{G}$	10G POS
G-F	G	F	$2 \times 10\text{G}$	10G POS
F-N	F	N	$2 \times 10\text{G}$	10G POS
N-A	N	A	$2 \times 10\text{G}$	10G POS

图1 OTN规划主要流程

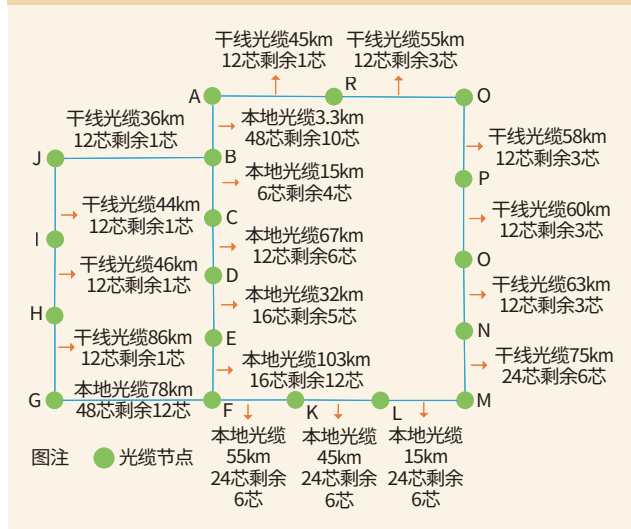


图2 某地区光缆现网资源

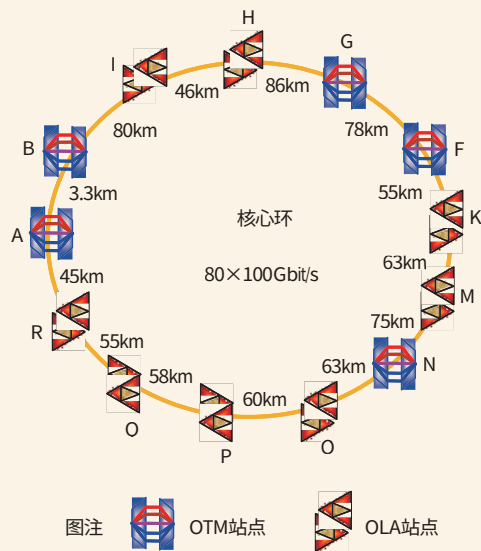


图3 某地区本地网OTN核心层规划网络拓扑

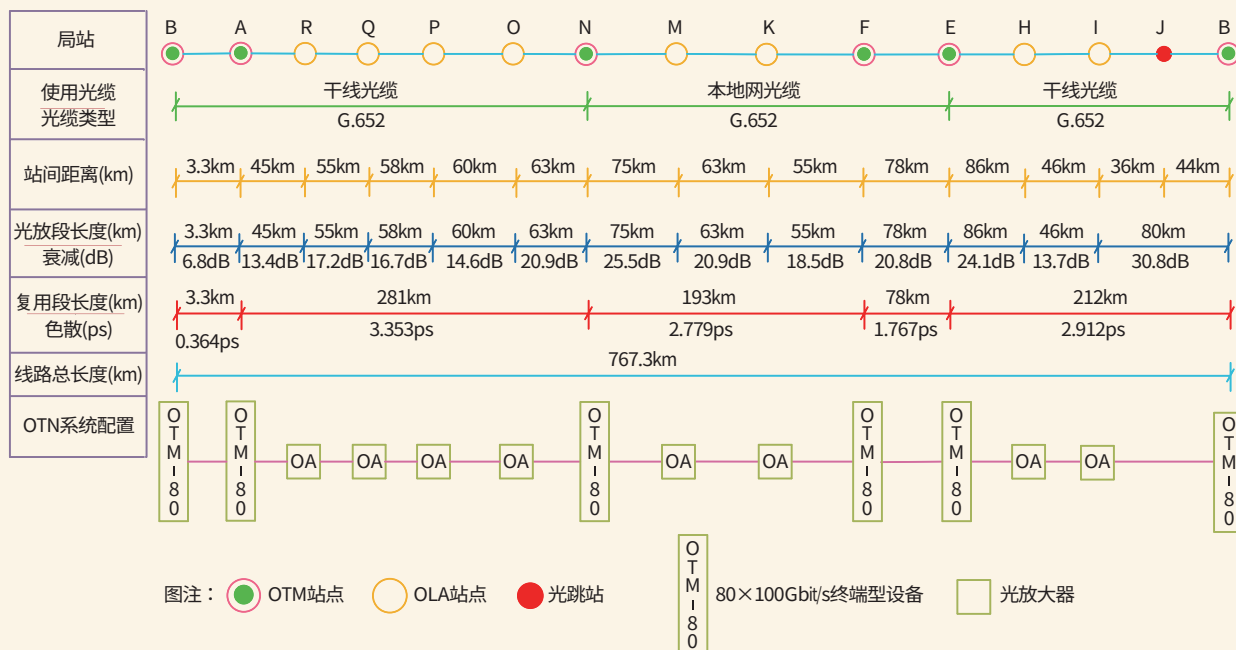


图4 某地区本地网OTN核心层传输系统配置

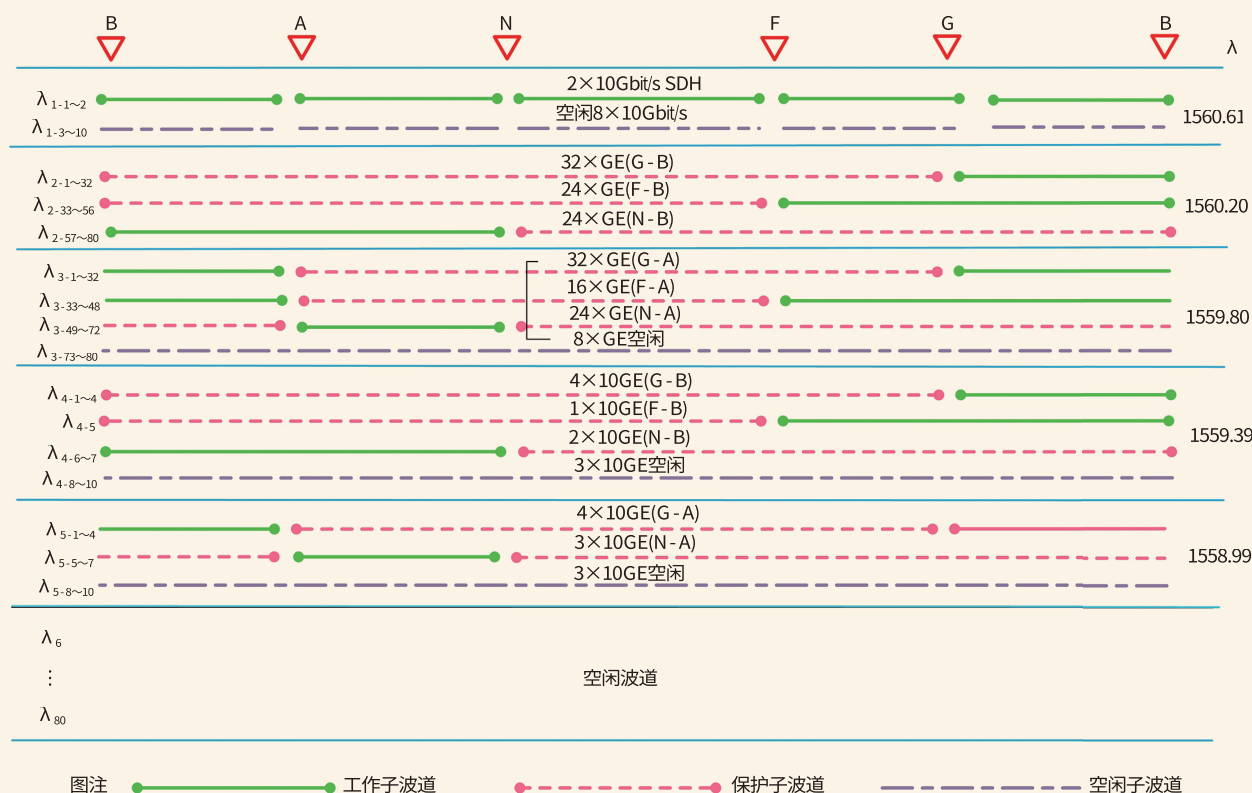


图5 某地区本地网OTN核心层规划网络的波道配置

表2 某地区本地网OTN核心层规划网络的光缆方案统计

传输段落	使用光缆	长度 (km)	解决方式
A-B	A-B	3.3	本地网利旧
B-I	B-J	44	业务割接, 干线利旧
	J-I	36	业务割接, 干线利旧
H-I	H-I	46	业务割接, 干线利旧
G-H	G-H	86	业务割接, 干线利旧
F-G	F-G	78	本地网利旧
F-K	F-K	55	本地网利旧
K-M	K-M	63	本地网利旧+新建
M-N	M-N	75	本地网利旧+新建
N-O	N-O	63	干线利旧
O-P	O-P	60	干线利旧
P-Q	P-Q	58	干线利旧
Q-R	Q-R	55	干线利旧
R-A	R-A	45	业务割接, 干线利旧

由图5可见, 本次规划方案共需5个波道。5个波道对应的波长顺序从大到小依次排列, 其中第一个波道对应波长为 $80 \times 100\text{Gbit/s}$ 系统的波长最大值。对于10GE业务, 每个波道最多可承载10个子波长的业务, 而对于GE业务, 每个波道最多可承载32个子波长的业务。

4.7 仿真验证与优化调整

设备厂商根据提供的站点类型、网络拓扑、传输系统结构(含光纤类型、光缆长度、损耗、色散等信息), 利用传输系统仿真软件进行验证。仿真结果表明, 相关传输性能指标均能满足要求, 不需要进行优化调整。

4.8 输出规划结果

经过仿真验证该规划方案是可行的, 在经过建设单位会审后, 确定最终的规划建设方案。保护方式采用SNCP 1+1对业务进行保护, 波长规划(波道图)如图5所示。此外, 为了确保规划方案的最后落地实施, 需要对光缆方案和机房配套条件是否满足进行重点说明。

4.8.1 光缆方案

结合现有光缆资源的调研情况与OTN规划网络的组网

需要及光缆的测试情况, 各段光缆使用情况见表2。

从表2可以看出, 部分段落的光缆需要通过新建来解决。除了新建光缆, 规划方案中各段利旧光缆的预留工作同样不容忽视。比较特殊的是, 由于B-I、H-I、G-H各段光缆资源只剩1芯(见图2), 建设方决定通过采取本地网OTN汇聚层改造与业务割接的方法, 在相应各段腾出2芯光纤用于OTN规划的建设需要。

4.8.2 机房配套条件

与建设方沟通后确认, 各个核心节点均有较为充裕的安装空间, 各个OTM站点均可进行机位的预留。在电源配套方面, 除站点O的直流电源系统需要新建外, 其他核心节点都无需改造或新建即可满足建设需要。

5 结束语

OTN规划应适度超前于其承载的各种子波长和大颗粒业务的发展需要。在OTN规划的主要流程中, 应重点关注站点类型的设置、网络拓扑的搭建、保护方式的选择、波长资源的分配。此外, 在满足网络层次清晰和业务调度高效的主要前提下, OTN规划应充分利用现有光缆资源和机房配套等基础条件, 尽可能降低网络建设成本。

参考文献

- [1] 何永晟. 传输网络的规划与设计[J]. 科技资讯, 2015, 13(19)
- [2] 陈文雄, 于雷, 张睿娟. 基于电交叉的OTN保护方式探讨[J]. 邮电设计技术, 2010(9)
- [3] 刘刚, 杨朋鸟, 徐洪亮. OTN技术组网及应用研究[J]. 邮电设计技术, 2010(9)
- [4] 赵文玉. 光传送网关键技术及应用[J]. 中兴通信技术, 2008, 14(4)

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

史培明

博士, 毕业于北京邮电大学, 主要从事通信设计、规划方面的工作。

周奎翰

本科, 毕业于解放军信息工程大学, 主要从事传输设计、规划、课题研究方面的工作。

一体化IP微波传输在LTE网络中的应用

陈秀梅

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

分别从LTE承载需求、IP微波的技术特点、IP微波解决LTE移动回传网络需求等方面阐述IP微波技术在LTE移动回传网中的应用。

关键词

一体化 IP微波 LTE网络需求 LTE回传 光纤 带宽

1 引言

近年来, LTE网络在国内外已开始规模部署, LTE移动回传网络成为各大运营商重点关注和建设的对象, 众多标准化组织和技术论坛纷纷探讨MBH (Mobile Backhaul) 的各种技术解决方案。目前LTE MBH的主流技术解决方案是L2VPN+L3VPN, 主要产品解决方案包括核心层L3PTN+接入汇聚层L2PTN网络和核心汇聚层IP/MPLS路由器+接入层L2 MPLS-TP或以太网交换机 (业内也称该方案为IP RAN) 两大类。IP微波技术作为主流解决方案的必要及有效补充, 在LTE移动回传中扮演着重要角色, 主要解决光纤部署困难地区的基站回传和热点地区的快速覆盖等应用需求。

2 LTE承载需求

LTE基站的覆盖范围小, 部署密度远远高于GSM基站和3G基站, LTE建设将面临大量的新建站点需求, 而部分新建站点光纤资源短缺, 新铺设光纤成本高、周期长, 无法满足LTE快速建站的需求, 影响LTE网络覆盖率。

2.1 接口互联

(1) LTE RAN主要连接接口包括:

- 相邻基站之间的接口——X2接口;
- 每个基站与aGW之间接口——S1接口, 引入S1-Flex功能而需要与多个MME/SGW相连。

(2) 微波设备可以用于实现X2接口、S1接口业务的连接, 具体如图1所示。

2.2 传输业务扁平化

(1) LTE RAN已经成为一个扁平化的网络。一个eNodeB

可以同时归属于多个SGW/MME, 而相邻eNodeB之间需要通过X2接口相连, 微波设备可以灵活满足更多的LTE基站之间互联。

(2) LTE RAN的扁平化结构使LTE RAN的流量转发趋于扁平化, 要求微波传输设备更丰富的IP功能特性。

2.3 接口高速化

(1) LTE可以提供理论100Mbit/s的用户峰值速率, 相比2G/3G制式的峰值速率提高了几十倍。

(2) 更高的用户速率必然对承载网络提出更大的带宽需求。

2.4 基站回传宽带化

移动基站业务回传的技术发展过程如图2所示。

面对挑战, 国内运营商开始尝试采用微波回传解决光纤资源缺失问题, 微波传输无需光缆连接, 能快速建立起基站回传连接, 配合现网光纤网络实现新建站点快速部署, 成为LTE移动回传的主流解决方案。

3 一体化IP微波

一体化IP微波内置双业务平面, 可以通过软件设置, 灵活传输TDM业务平面和分组业务平面。TDM业务处理平面将接入的TDM业务 (E1业务或STM-1业务) 进行交叉连接处理, 发送到微波端口。分组业务处理平面可以将接入的多种业务 (E1业务、AMT/IMA业务和以太网业务) 进行PWE3仿真并封装到MPLS报文中, 然后将承载这些MPLS报文的以太网帧发送到微波端口。其中以太网业务可以直接进行二层交换, 以Native的方式发送到微波端口。因此, 当TDM业务通过TDM业务平面调度到微波端口而以太网业务在分组业

务平面采用Native方式调度到微波端口时，一体化IP微波就是Hybrid微波；当TDM业务在分组业务平面封装成MPLS/PWE3报文后调度到微波端口时，一体化IP微波就是Packet微波。一体化IP微波具备根据路由协议进行动态分配路由的功能（即动态创建Tunnel），能够支持L3VPN，所以属于3层微波设备。同时，由于能够支持高频段获取更多的频率资源，

以及技术上支持更高的调制模式，一体化IP微波在传输带宽上有重大的突破，能够支持单链路GB/S的传输带宽。

随着移动通信网络的发展和演进，目前在4G网络中应用的微波主要以一体化IP微波设备为主。得益于芯片工艺和系统技术的发展，以及更加开放的频率政策和资源，一体化IP微波设备的传输容量已经大大超过TDM微波设备。目前最先进的微波设备调制解调模式最高已经可以支持到2048QAM，相比于传统TDM微波最高256QAM的调制方式，频谱的利用效率提高40%。另外，在传统频段开放使用的56MHz或更大的频率带宽和近期运营商关注的E-band频段（80GHz），使微波设备的传输容量进一步提升。在传统频段上的微波系统在2048QAM调制方式和56MHz带宽条件下，通过XPIC技术可以在一个频点上实现1Gbit/s以上的空中接口业务传输容量。在E-band频段，由于其丰富和干净的频谱资源，可以通过分配更大的带宽（如250MHz~1.25GHz）实现超大的空中接口业务传输容量，例如E-band频段，在256QAM调制方式和500MHz带宽条件下，最大实现3.2Gbit/s的空中接口业务传输容量。

针对4G移动网络的业务特点，微波传输设备通过自适应调制解调接收对抗传输过程中的各种衰落，在传输环境和条件恶化的时候，通过调制解调方式的变化改变微波系统的性能，从而保证业务的正常传输。调制解调变化而引起的带宽变化，通过微波系统的QoS功能实现对不同优先级业务的

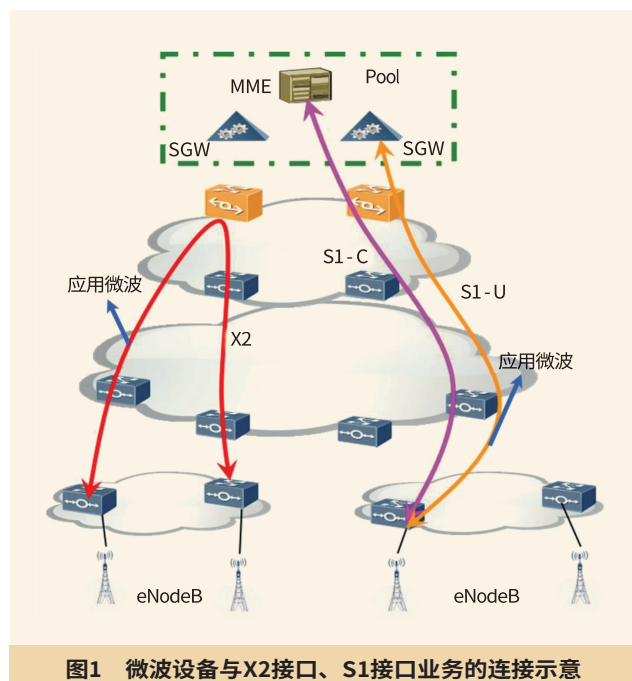


图1 微波设备与X2接口、S1接口业务的连接示意

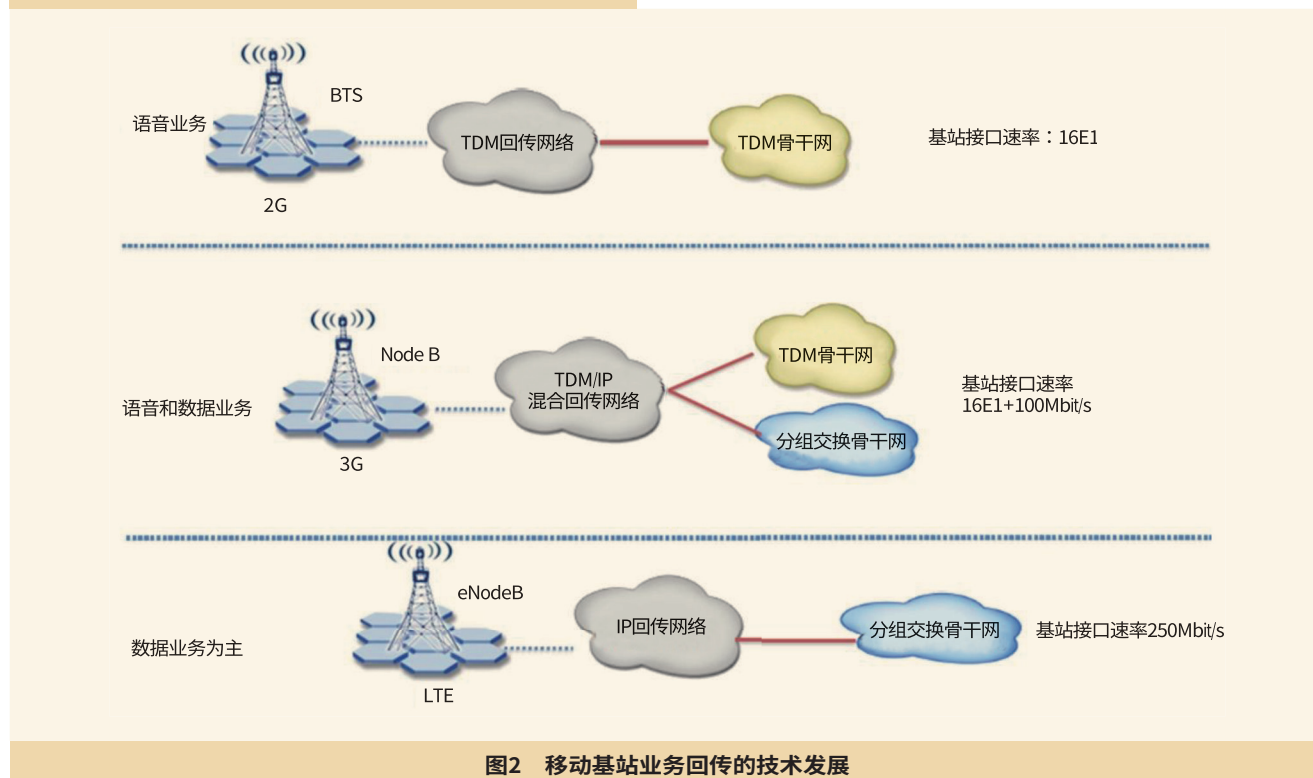


图2 移动基站业务回传的技术发展

分类处理。微波设备内部8个级别的QoS机制,包括分类、调度、整形、冲突避免机制等可以实现对4G业务更加精细和灵活的处理。通过对内部每个业务队列长度的调整,可以根据不同业务的类型和性质优化业务传输的时延和吞吐量。

4 一体化IP微波能有效承载LTE业务

LTE基站业务回传两大特点:上行接口分组化和回传带宽需求大。

LTE网络相比3G网络,对承载网的要求更高,包括大带宽、大网管理、高QoS保障、高网络可靠性、精确的时钟同步、低时延等。一体化IP微波能完全满足LTE承载的这些要求。

超大带宽:一体化IP微波凭借其高调制模式,帧头压缩、空中接口物理链路聚合等特性,可实现单载频Gbit/s的超大带宽,完全满足LTE大带宽业务的接入和承载需要。

高网络可靠性:3GPP协议对LTE业务的时延和可用性提出严格的要求。一体化IP微波支持基于MPLS/MPLS-TP的多种电信级保护技术,使分组业务面向连接,实现和SDH一样的分层管理,保证业务可靠。

高质量业务传送:一体化IP微波支持H-QoS,使QoS控制更精细。不同客户业务可以有不同优先级,同一客户业务内部也可以进行不同优先级保证,从而有效保证高优先级业务,真正实现高质量业务传送。

高精度时间同步:1588v2能完全满足TD-LTE的频率和相位同步需求,降低安装、维护成本。

低时延:S1要求5~10ms或更严格,X2要求10~20ms或更严格。微波传输时延低,可以满足LTE的业务低时延要求。

E2E网络管理:一体化IP微波和分组光设备共网管,能实现微波与分组光设备在业务、保护、管理、时钟方面的E2E拉通,有效配合分组光设备,加速LTE网络建设步伐。

简单快速部署:一体化IP微波设备的全室外解决方案无需机房,安装部署简单快捷,符合LTE密集小型化快速部署的需求。

5 一体化IP微波在LTE回传网络中的应用

当需要传输LTE基站的回传业务时,可采用接入层一体化IP微波,汇聚层路由器共同组网的方式实现(L3VPN解决方案)。相比L2VPN方案,L3VPN有效解决L2VPN中的广播风暴、基站侧VLAN规划复杂等问题。特别是对于LTE网络,该方案还可以解决eNodeB的S1业务多归属、X2业务就近转发(在ASG处转发)等网络结构问题。

一体化IP微波可视为光纤的无线延伸,主要解决部分场景光纤不足的问题,快速实现业务回传和提升网络可靠性。随着LTE时代的到来,一体化IP微波作为LTE移动回传有以

下三个主要应用场景。

末端LTE业务回传以及大客户业务综合接入:如新建站点光纤资源不可达,可以使用一体化IP微波实现业务快速接入,再传输到光纤节点;同时一体化IP微波可以支持多种业务接入,兼顾大客户业务综合承载。一体化IP微波可以和现网分组光设备无缝对接,网络侧采用统一的NNI接口,实现业务端到端发放和管理。

配合分组光设备成环补网:LTE的加速建设对接入光纤资源消耗巨大,现网末端接入网络预计仅有60%是光纤成环的。如果光纤出现故障,单链上的基站业务会全部掉线,影响巨大。但要再铺设光纤则周期长,基建费用高,无法在短期内提升网络可靠性。采用一体化IP微波可以和现网分组光设备无缝对接,形成环网解决方案,通过配置业务环网保护提升网络可靠性。

容灾备份、应急抢险:一体化IP微波建网灵活、快速,可在重要的网络节点之间,尤其是自然灾害频发区域,采用微波建立独立的容灾备份链路,保证重要节点的永久连接。在灾害发生时,一体化IP微波能迅速建网,实现应急通信。

6 结束语

微波传输不仅部署灵活快速,带宽也能够满足无线基站对传输设备在站点侧的需求。在即将到来的高带宽时代,一体化IP微波传输特别适用于无线承载网络传输部分的接入层,能够有效支撑传输网络接入层级别的带宽需求和业务调度。在LTE网络应用上,作为移动回传的主流解决方案之一,微波以其建站快、投资小等特点被广泛应用,全球70%的移动基站均采用微波回传,有近千万条微波在现网运行,一体化IP微波作为光纤的有力补充,必将成为LTE回传网络建设的加速器。

参考文献

- [1] 潘景胜.移动宽带建设高潮微波传输挑起大梁[J].通信世界,2011,1(10)
- [2] 王雅琴.山西广电数字微波的发展及应用[J].山西科技,2010(4)
- [3] 杨波,王献森,梅仪国,等.IP微波承载LTE基站接入的应用探讨[J].电信网技术,2015(6)
- [4] 黎芳.微波传输网管系统简介[J].江西通信科技,2001(2)
- [5] 林丹.4G移动通信技术的现状与发展趋势探讨[J].科技信息,2013(24)

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

陈秀梅

本科,毕业于西安邮电学院,助理工程师,主要从事传输网设计工作。

光缆监测技术剖析

章丽飞

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 通过对光缆线路监测技术的探讨, 根据不同场景列举针对性的系统部署方案, 为光缆监测系统的方案设计提供借鉴和参考。

关键词 光缆监测 OAMS 离线监测 在线监测

1 引言

随着通信行业的飞速增长, 光纤通信技术在通信领域的应用越来越广。由于光纤本身的特点, 目前通信故障中光纤故障所占的比例在70%以上。在故障排查和处理中, 光纤断裂故障不能快速定位, 光纤劣化程度不能及时掌握, 光纤故障类型不能准确判别, 光纤历史数据不能有效支撑等都使光纤维护管理部门在光纤维护、维修上成本叠加, 成为日益突出、亟待解决的重要问题。因此, 对光缆线路的实时监测与管理, 监控光缆网络传输性能的劣化情况, 及时发现网络故障和预警网络隐患, 缩短故障修复周期就显得很有必要。

2 光缆监测系统

2.1 光缆监测系统结构

光缆线路监测系统(OAMS)是通过在光缆线路中安装光器件, 收集光纤传输性能的相关数据, 如光功率、散射曲线等, 并上传至监测站点以对数据进行分析处理, 将光缆网络的运行情况实时反馈给运维人员, 便于运维人员及时发现故障, 快速定位故障点并开展修复。

光缆监测系统一般由监测站(RTU子站)和监测中心(主站)构成。监测站是实现光缆监控的核心部分, 主要用于对光缆线路的远程自动检测, 记录光纤的传输损耗情况。一般由OTDR模块、控制模块、光开关、光功率监测单元、多功能辅助机框(安装波分复用器、滤波器、激光源)及机架组成, 通常安装在传输核心机房内。监测中心负责对各个监测站进行管理和控制, 实施测试控制、告警分析、数据管理、消息分发等操作。一般由服务器、工作站、路由器等网络设备、打印机和配套的软件系统等组成。

2.2 光缆监测方式

光缆监测方式主要分为离线监测方式和在线检测方式。

离线监测方式是使用被监控光缆中的备用纤芯来进行测试, 包含单备纤监测和双备纤监测两种备纤监测方式。其实现方式是通过在被测光缆的一端增加激光光源, 给备纤发射功率稳定的光信号, 在光纤的另一端设置光功率计进行实时监测。

在线监测方式就是利用业务纤实现监控和测试功能。监测业务纤中的光信号, 需要用到分光器、波分复用器、滤波器等设备。其实现方式是在发射侧光缆一端, 通过波分复用器在业务信号中加入一个不同波长的测试信号, 进行业务纤芯测试。在接收侧光缆一端, 用一个滤波器将测试信号分离, 恢复原来的业务信号。

离线监测和在线监测的示意如图1所示。

由于备纤测试的建设成本和部署成本比在线测试低得多, 目前使用较为广泛。同时采用OPM实时监测方式, 在被监控纤芯一端设置光功率计, 当线路出现故障时, 光功率计无法收到光信号或者光信号功率低, 系统开启OTDR对另一芯进行测试, 定位故障点。双备纤测试系统示意如图2所示, 采用这种告警触发的方式, 可降低OTDR的使用频率, 延长设备的使用寿命。

3 光缆监测系统部署案例

3.1 监测链路长度的确定

OTDR的动态范围决定其可以测试的有效光纤链路总长度。

计算依据: 每个活动连接头的平均连接损耗为0.3dB;

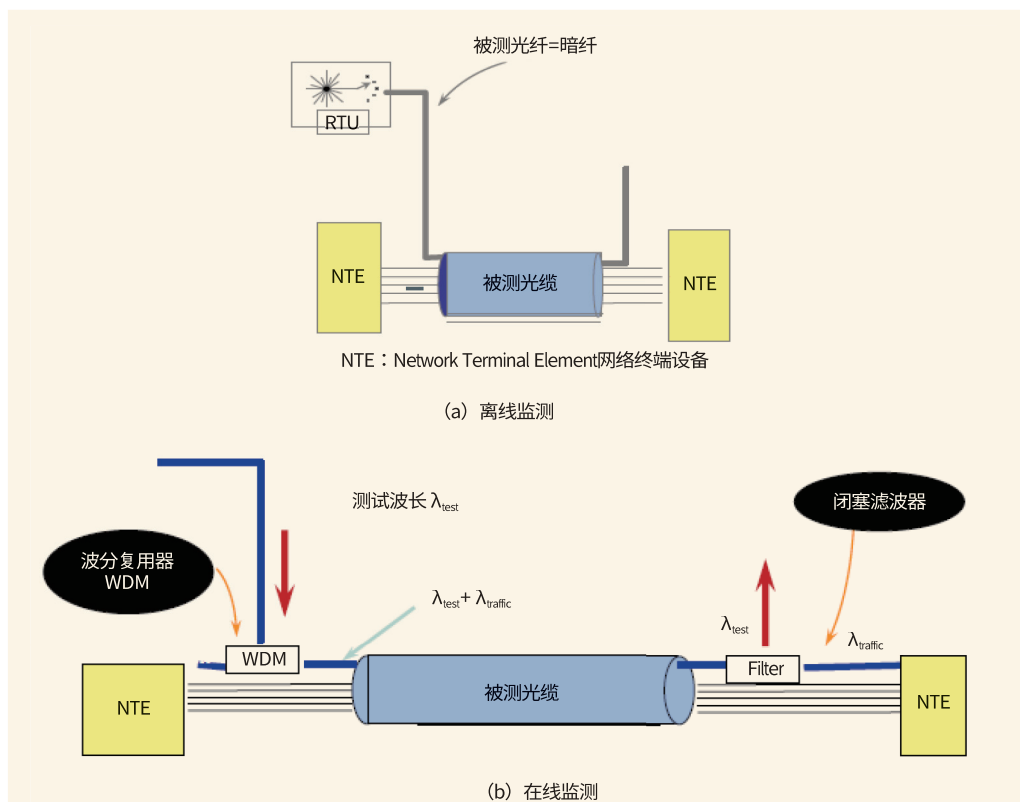


图1 离线监测和在线监测示意

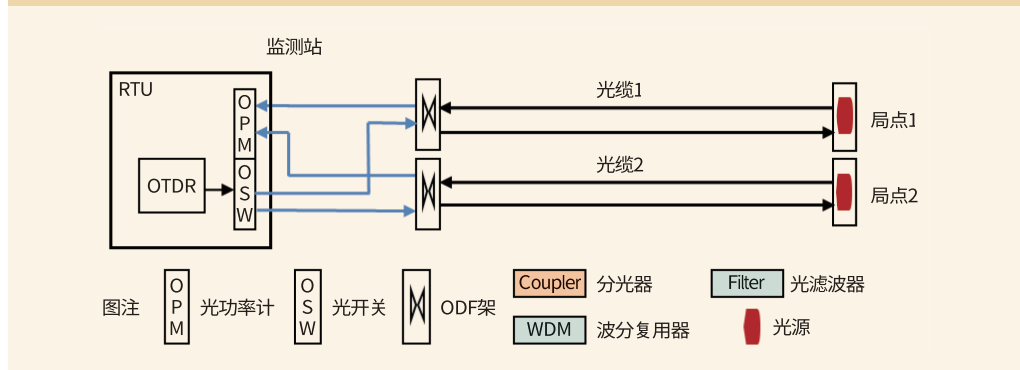


表1 分光器插入损耗和分光器接头（两个）的对比

分光比	1:4	1:8	1:16	1:32
分光器插入损耗 (dB)	6.1	9.1	12.1	15.1
分光器接头（两个） (dB)	0.6	0.6	0.6	0.6

光开关的插入损耗为1dB；光缆已知衰耗按实际衰耗计算，光缆未知损耗按1550nm 0.25dB/km、1650nm 0.35dB/km计算。如果考虑光缆使用年限长，如9年以上，损耗变化比较大，则可以按1550nm 0.3dB/km、1310nm 0.4dB/km、1650nm 0.4dB/km计算。分光器插入损耗和分光器接头（两个）的对比见表1。

选取OTDR动态范围大于被监测光缆的总线路损耗+光跳线的连接总损耗+光开关的插入损耗+分光器插入损耗+3dB背景噪声。

3.2 串联方案

目前光缆自动监测系统的部署方式有串联和并联两种，串联方式为采用监控纤芯在光缆逐段串联，利用光开关切换测试不同监控路由涉及的光缆，实现下级光缆到上级光缆的测试光路汇聚。该方式适合长途干线和骨干网络的监测。

某运营商干线光缆监控案例如图3所示。

监测光缆段信息见表2。

本次项目采用OLM离线光缆监测方式，由1个中心、2个监测站、3个端站进行配置。其中，1个中心设置于A地区，2个监测站设置于B地区和C地区，3个端站设置于A地区、D地区和E地区，标准8路配置，满足光功率监

测4路，OTDR监测4路。

3.3 并联方案

检测光缆利用的是后向散射光信号。光缆的活动接头或尾端处产生的是菲涅尔反射，其信号强度远高于后向散射光，在端面平整的情况下，可达入射光功率的4%。考虑到接头的端面不是很平整，反射光功率至少能达到入射光功率的2%。

并联方式通过在汇聚点或光缆交接箱设置分光器，而分光器后端光缆检测以测试反射信号为主。一般都采用30ns和100ns，以保证一定的反射分辨率。在光链路末端增加反射器，

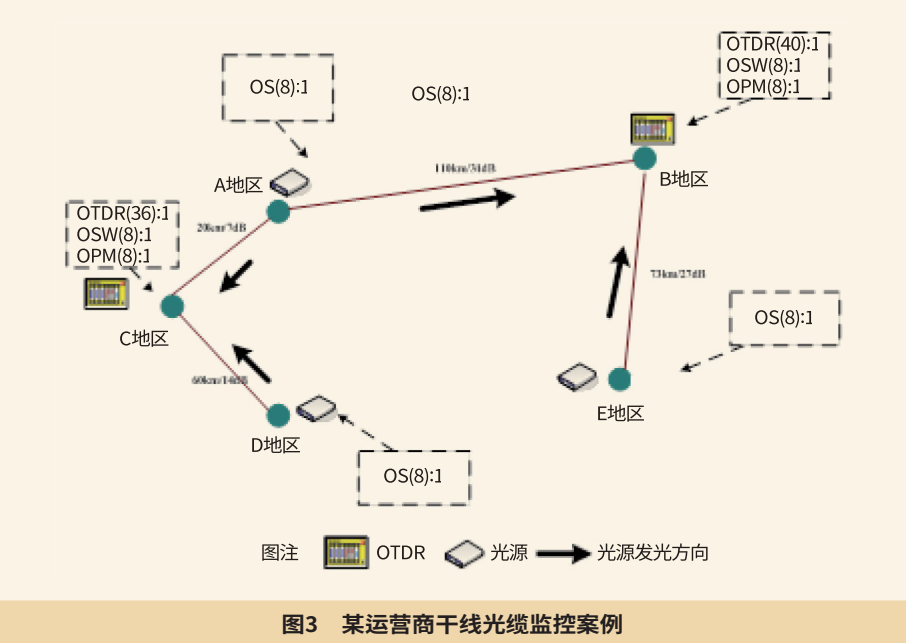


图3 某运营商干线光缆监控案例

表2 监测光缆段信息

光缆段	光缆数量 (芯)	光缆长度 (km)	光缆衰耗 (dB)	连接损耗和光 开关介入损耗 (dB)	需配置OTDR 动态范围 (dB)
C地区- A地区	60	30	15	8	36
A地区- B地区	60	120	31	8	40
B地区- E地区	60	80	27	8	40
C地区- D地区	60	80	26	8	40

表3 1550nm光缆的可测长度

比例	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64
1550nm光缆可测长度 (km)	75	65	55	45	35

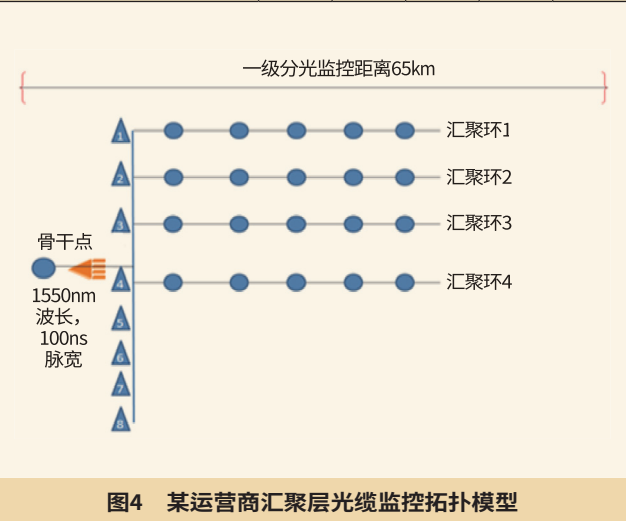


图4 某运营商汇聚层光缆监控拓扑模型

将反射光功率由原来入射光功率的2%~4%提升至入射光功率的20%左右。通过反射器进行分支光缆对应反射事件的识别，记录用户端增加反射器后事件点反射损耗的变化，查找事件损耗变化显著的事件点，确认该事件点和客户关联，实现对分光器后光缆全程光路的损耗测试和性能监控，以及下级光缆到上级光缆的测试光路汇聚。该方式适合于城域网光缆网络中汇聚层、接入环光缆、重要客户光缆等的监测。

并联方式组网的优势有以下几点。

(1)分层管理可将骨干-汇聚、汇聚-汇聚划为一类，重点关注；将汇聚-光缆交接箱主干接入层、

光缆交接箱主干接入层-接入侧光缆划为一类，监控光缆断点，迅速知晓影响面。

(2)并联方式，只要测算好并联分支的最大监控距离，对上层总线的骨干-汇聚、汇聚-汇聚的纤芯资源消耗就最少，建网成本明显下降。

(3)并联方式将区域内的光缆切块，子块调整便于总块调整，若接入层光缆变化调整，则其监控网络的调整最小，便于网络运维。

并联方式组网策略如下。

(1)以成本建设获取最大监控距离效率，统一选择1550nm波长监控，不采用光反射器，光反射器仅提供1650nm反射。

(2)考虑监控光缆的分辨率，汇聚层监控端口脉宽设置为100ns（30m分辨率），接入层监控端口脉宽设置为30ns（3m分辨率）。

(3)使用以下建设参数：1550nm波长源，100ns脉宽作为汇聚层及接入层的监控使用参数。1550nm光缆的可测长度见表3。

(4)光开关设置点：骨干/次骨干点，每个区域选择一个。

(5)设置分光级数及分光比选择。

①汇聚层光缆监控（最高设置一级分光）

一级分光：设置选择骨干/次骨干点，采用1:8分光。

②接入层光缆监控（最高设置二级分光）

一级分光：设置选择本区域的综合业务汇聚点及个别需要设置的业务汇聚点，采用1:8分光。

二级分光：光缆交接箱内采用二级分光方式，放置在光缆交接环上离汇聚点最近的第一个光缆交接箱内，作为重要

表4 监测光缆段信息

汇聚层传输系统	路由总皮长
汇聚环1	57.640km
汇聚环2	45.612m
汇聚环3	48.643km
汇聚环4	62.275km

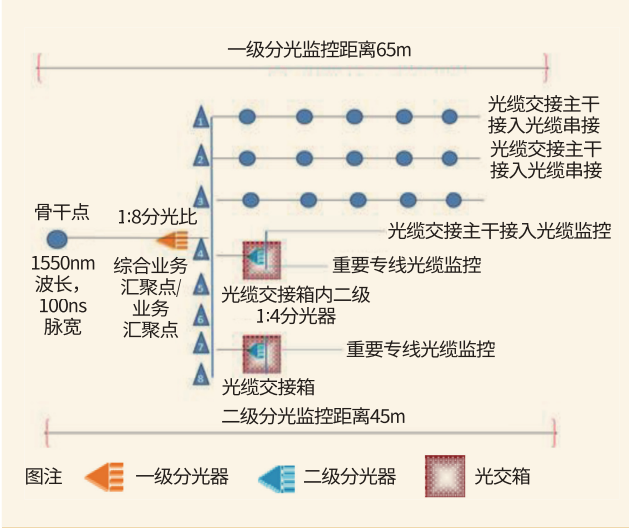


图5 某运营商接入层光缆交接主干光缆及重要专线光缆监控模型

专线接入光缆监控，采用二级分光，分光比为1:4。

某运营商汇聚层光缆监控拓扑模型如图4所示。

监测光缆段信息见表4。

本模型在骨干/次骨干点设置一级分光器，选择分光比1:8。OTDR光测试参数选择1550nm波长源，100ns脉宽，最大监控距离65km。

某运营商接入层光缆交接主干光缆及重要专线光缆监控模型如图5所示。

(1)本模型在综合业务汇聚点及按需业务汇聚点设置一

级分光器，分光比1:8。

(2)按监控路由就近接入主干光缆第一个光缆交接箱设置二级分光点，分光比1:4。二级分光器按需灵活配置，配置原则根据最末端主干光缆监控需要或该光交环覆盖下重要专线光缆监控需求放置。

(3)光测试参数选择1550nm波长源，100ns脉宽，一级分光最大监控距离65km，二级分光监控距离为45km。

4 结束语

宽带提速已经成为国家发展策略，各大运营商光进铜退策略的执行力度进一步加大。随着人们对云计算、高清视频等高速数据业务的需求愈加迫切，光纤传输网将得到持续的发展。光纤接入网的建设目标是光纤尽可能接近用户，因此光缆传输网络将发展的更加庞大和复杂。光通信技术的发展提高光纤传输信息的能力，但一定时间内线路故障造成的损失越来越大。人们对通信网络的服务质量要求越来越高，网络智能化已经成为现代通信网络发展的一大特点。光缆监测系统能有效地对光缆线路实施监控和管理，及时准确地发现和定位线路故障，提高光缆通信的安全性，将得到各大运营商更为广泛的应用。

参考文献

[1] YD/T5093-2005, 光缆线路自动监测系统工程验收规范[S]

[2] 2014年上海移动集团客户光缆监控试点工程设计方案[Z]

[3] 中国电信吉林公司2015年干线光缆监测系统工程设计方案[Z]

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

章丽飞

本科，毕业于上海大学，工程师，主要从事通信课题研究与网络规划工作。

混凝土管道基础定额钢筋用量探讨

苏晓斌

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 针对套用混凝土管道基础子目计算的钢筋数量（靠近人孔2m内的基础加筋）提出一些疑惑，并就这些疑惑分别从套用定额和施工要求两方面进行比较，给出修订建议。

关键词 概预算 混凝土管道基础 通信管道 基础加筋

1 套用混凝土管道基础子目计算的钢筋数量的疑惑

以城区某管道工程为例进行具体分析,工程规模:新建管道全长2.400千米,折合14.400孔千米。其中,6孔塑料管(双壁波纹管,标称口径为 $\phi 110\text{mm}$)(3×2)管道2.400千米。新建小号直通人孔22个,小号三通人孔15个,小号四通人孔2个,合计39个,人孔壁开窗口4处。

该工程共新建通信管道41段,全程新做混凝土管道基础和包封,共计2400m,管道基础厚度为80mm,包封厚度为100mm,管道基础宽度为560mm,其横断面如图1所示。套用混凝土管道基础二立型(615mm宽)子目,下面将从套用定额和施工用量两方面具体比较钢筋数量。

(1) 套用定额

混凝土管道基础长度为24.00百米,管道基础宽为560mm,厚度为80mm时的钢筋用量:

- 圆钢 $\phi 6$ 用量= 2.12 (单位定额数量/百米) $\times 24.00=50.88\text{kg}$,折合229.19m;
- 圆钢 $\phi 10$ 用量= 13.68 (单位定额数量/百米) $\times 24.00=328.32\text{kg}$,折合532.12m。

注:查《常用钢材选用手册》可知:圆钢 $\phi 6$ 理论重量为0.222kg/m,圆钢 $\phi 10$ 理论重量为0.617kg/m。

(2) 施工用量

混凝土管道基础长度为24.00百米,管道基础宽为560mm,厚度为80mm时的钢筋用量:通信管道工程施工及验收规范(GB50374-2006)中具体给出管道基础进入人(手)孔窗口处配筋,见表1,配筋如图2所示。

由图2可以看出,靠近人孔2m内的混凝土管道基础实际

配筋长度为1.44m。查找表1中“二立型(615mm宽)”对应的数值,计算的施工钢筋用量:

- 圆钢 $\phi 6$ 用量= 41 (管道段) $\times 2\times 4.72$ (施工用量/m) $=387.04\text{m}$;
- 圆钢 $\phi 10$ 用量= 41 (管道段) $\times 2\times 11.00$ (施工用量/m) $=902.00\text{m}$ 。

(3) 结果分析

综合以上两种计算结果,分析如下。

混凝土管道基础宽度为615mm时,钢筋用量对比见表2。

从表2中可以看出,套用定额计算的钢筋数量约为实际施工钢筋需求量的60.0%,套用定额计算的钢筋数量不能满足实际施工需求。

2 混凝土管道基础子目钢筋含量分析

从上面的计算过程可以看出,套用定额计算的钢筋数量明显偏小,下面将具体分析单位定额(百米)中钢筋数量的含义。混凝土管道基础钢筋用量对比见表3。

表3为经过换算后的单位定额钢筋含量与2处靠近人孔2m内的基础加筋用量的具体比较,可以看出:单位定额(百米)中的钢筋含量基本可以满足1段管道基础加筋(2处靠近人孔2m内的基础加筋)需求,即当一段管道长度为100m时,此时套用定额计算的钢筋数量可以满足该段管道靠近人孔2m内的基础加筋需求。同理可知:当管道段长小于100m时,套用定额计算的钢筋数量不能满足该段管道靠近人孔2m内的基础加筋需求;当管道段长大于100m时,套用定额计算的钢筋数量可以满足该段管道靠近人孔2m内的基础加筋需求。

产生以上情况的原因是:一段管道靠近人孔2m内的基

础加筋（如一平型）对钢筋的需求是一定值，而套用定额则会根据不同的混凝土管道基础长度计算出不同的结果。只有当平均管道段长大于或等于100m时，套用定额计算的钢筋数量才能满足实际需求。

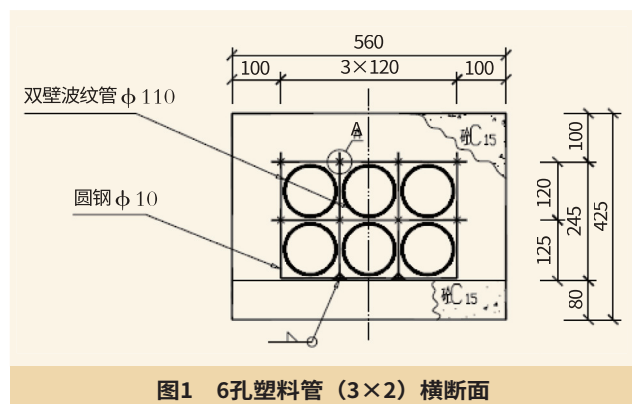


图1 6孔塑料管（3×2）横断面

表1 管道基础进入人（手）孔窗口处配筋

管道基础宽度 (mm)	钢筋直径 (mm)	根数	长度 (mm)	总长 (m)
350	φ6	8	310	2.48
	φ10	4	1565	6.26
460	φ6	8	420	3.36
	φ10	5	1565	7.83
615	φ6	8	590	4.72
	φ10	7	1565	11.00
725	φ6	8	690	5.52
	φ10	8	1565	12.52
835	φ6	8	800	6.40
	φ10	9	1565	14.09
880	φ6	8	840	6.72
	φ10	9	1565	14.09
1145	φ6	8	990	7.92
	φ10	11	1565	17.16

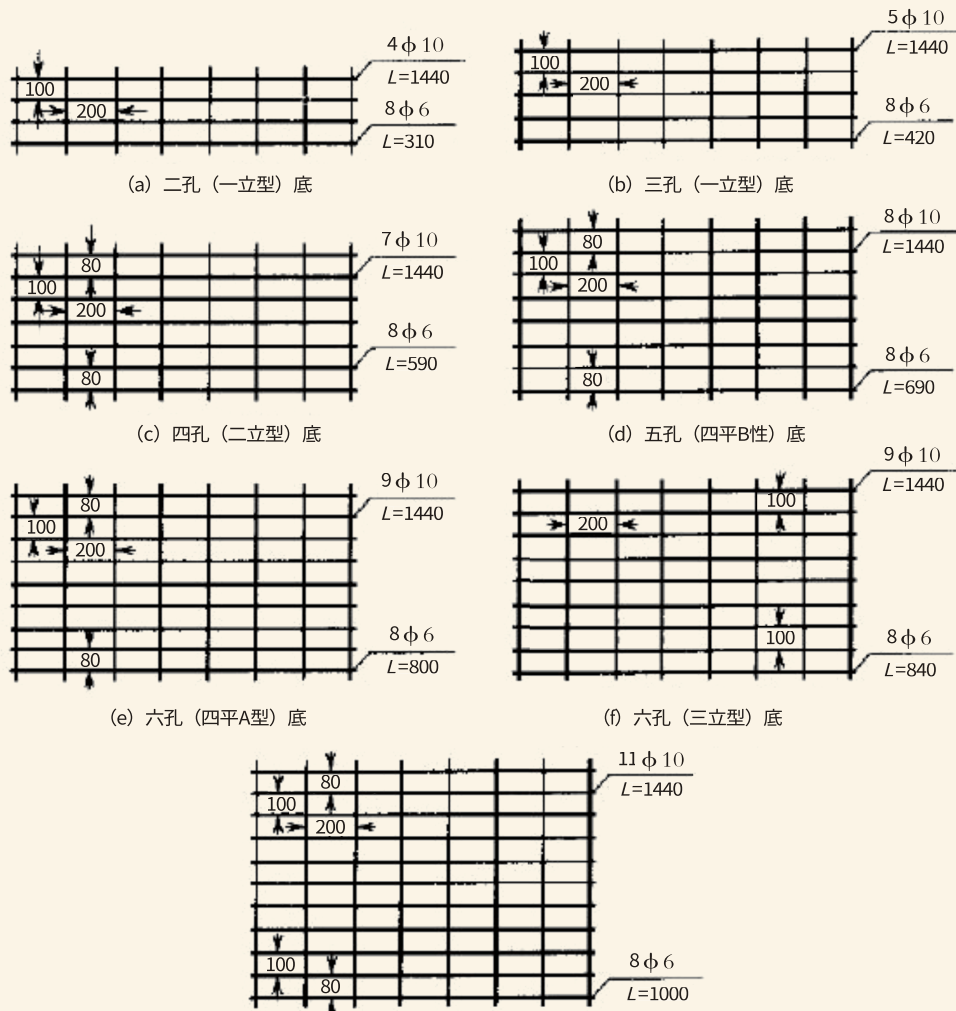


图2 管道基础进入人(手)孔处配筋

3 定额子目修订建议

综合上述原因，建议参照“混凝土管道基础加筋”子目单独设立“混凝土管道基础加筋（靠近人孔2m内部分）”定额子目，单位为“处”，见样表4。

人工工日及钢筋含量测算如下。

(1)混凝土管道基础加筋（靠近人孔2m内部分）定额子目钢筋含量测算。

由表3可知：混凝土管道基础定额子目中单位定额钢筋含量等于2处靠近人孔2m内的基础加筋用量，于是，混凝土管道基础加筋（靠近人孔2m内部分）定额子目钢筋含量等于混凝土管道基础定额子目钢筋含量的0.5倍。

下面以“一立型”为例，说明钢筋数量计算过程。

一立型：圆钢 $\phi 6$ 数量=1.18kg $\times 0.5=0.59$ kg；

一立型：圆钢 $\phi 10$ 数量=7.84kg $\times 0.5=3.92$ kg。

(2)混凝土管道基础加筋（靠近人孔2m内部分）定额子目人工工日测算。

表2 混凝土管道基础钢筋用量对比 (混凝土管道基础长度为24.00百米)				
管道基础宽度 (mm)	钢筋直径 (mm)	套用定额结果 (m)	施工需求量 (m)	套用定额结果/ 施工需求量
615	$\phi 6$	229.19	387.04	0.6
	$\phi 10$	532.12	902.00	0.6

由图2可以看出：靠近人孔2m内的混凝土管道基础实际配筋长度为1.44m，将1.44m套用TGD2-036混凝土管道基础加筋定额子目（以一立型为例）计算的钢筋数量如下。

一立型：圆钢 $\phi 6$ 数量=40.97kg $\times 1.44/100=0.59$ kg；

一立型：圆钢 $\phi 10$ 数量=272.22kg $\times 1.44/100=3.92$ kg。

该计算结果与（1）中的计算结果完全吻合（套用其余

表3 混凝土管道基础钢筋用量对比 (定额单位含量与2处靠近人孔2m内的基础加筋用量)					
管道基础宽度 (mm)	钢筋直径 (mm)	定额含量		施工用量 (2处) (m)	定额含量 (m) / 施工用量 (m)
		(kg)	(m)		
350	$\phi 6$	1.18	5.32	4.96	1.07
	$\phi 10$	7.84	12.71	12.52	1.02
460	$\phi 6$	1.54	6.94	6.72	1.03
	$\phi 10$	9.78	15.85	15.65	1.01
615	$\phi 6$	2.12	9.55	9.44	1.01
	$\phi 10$	13.68	22.17	22.00	1.01
725	$\phi 6$	2.48	11.17	11.04	1.01
	$\phi 10$	15.66	25.38	25.04	1.01
835	$\phi 6$	2.84	12.79	12.80	1.00
	$\phi 10$	17.6	28.53	28.17	1.01
880	$\phi 6$	3.1	13.96	13.44	1.04
	$\phi 10$	19.56	31.7	28.17	1.13
1145	$\phi 6$	4.04	18.2	15.84	1.15
	$\phi 10$	27.5	44.57	34.32	1.30

注：定额单位为100m

表4 混凝土管道基础加筋（靠近人孔2m内部分）（样表）								
三、混凝土管道基础加筋（靠近人孔2m内部分）								
工作内容：钢筋调直、除锈、切断、成型、绑扎等。								
定额编号			补-1	补-2	补-3	补-4	补-5	补-6
项目			混凝土管道基础加筋（靠近人孔2m内部分）					
			一立型	一平型	二立型	四平B型	三立或二平型	八立型
			(350宽)	(460宽)	(615宽)	(725宽)	(880宽)	(1145宽)
定额单位			处					
名称		单位	数量					
人工	技工	工日	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
	普工	工日	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04
主要材料	圆钢φ6	kg	0.59	0.77	1.06	1.24	1.55	2.02
	圆钢φ10	kg	3.92	4.89	6.84	7.83	9.78	13.75
机械								
仪表								
注：（1）本定额不包含浇筑混凝土基础的用工及材料；（2）本定额只适用于靠近人孔2m内的基础加筋								

注：（1）本定额不包含浇筑混凝土基础的用工及材料；（2）本定额只适用于靠近人孔2m内的基础加筋

（下转85页）

构建高品质云存储资源池的技术方案研究

张钟琴 王 悦

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 分析云存储技术架构,总结当前主流存储设备和系统的技术特性比较,阐述高品质云存储资源池的技术指标要求,给出一套构建高品质云存储资源池的技术方案,涵盖系统架构、功能配置、网络及备份、高可用性保障、安全体系方案,并应用统计概率学验证高可用保障方案的可行性。

关键词 高品质云存储 高SLA等级 高可用性 技术指标

1 云存储技术架构分析

云存储是指通过集群应用、分布式文件系统、分布式并行计算等技术或者功能,将网络中大量不同类型的存储设备通过应用软件集合起来协同工作,并通过一定的应用软件或应用接口,共同对外提供数据存储和业务访问功能的系统。其技术核心在于分布式系统软件,通过系统软件来实现低成本大容量存储设备向云存储服务的转变。

采用云存储技术搭建的存储系统能对上层业务平台提供统一的、与业务无关的和具有多域互联能力的云存储服务功能,包括对象存储服务和文件存储服务等功能,并提供可靠、安全的海量数据存储,支持动态扩容。

在云存储系统之上叠加要求提供SLA(Service-Level Agreement)等级保障的云存储资源池称为高品质云存储资源池,一般为面向中大型企业推出的更为高速、安全、便捷的云存储服务平台,同时资源池支持通过开放接口的方式为其他客户系统提供网络存储服务。高品质云存储资源池在网络联通性、数据可用性、服务可用性、系统安全性方面往往有着很高的要求。

2 高品质云存储资源池的技术指标要求

高品质云存储资源池往往要求建设者通过全面而先进的架构和技术保障系统的性能和服务均达到高SLA等级。

对比业界建设的高品质云存储资源池和一般的云存储资源池建设情况,汇总两者的技术指标对比见表1。

可以看出,高品质云存储资源池在数据可用性、网络联通性、服务可用性、资源可扩展性等方面的要求是非常严苛的,尤其数据可用性要大于13个9必须通过合理设计存储节

点技术指标要求、充分的数据冗余保护机制、数据备份策略等来进行保证,网络联通性大于99.99%的要求则已为运营商最高等级IDC数据中心机房的网络联通性要求。后面将应用统计概率学来推导高可用性保障方案的可行性。

3 高品质云存储架构及功能配置方案

高品质云存储资源池的总体架构如图1所示,主要包括应用接口层、云存储管理层以及云存储能力层三部分。

应用接口层负责将用户需求对接云存储资源池;云存储管理层则负责完成用户需求和存储资源之间的协议适配、业务管理及日志服务等系统管理功能;云存储能力层即存储资源层,负责提供基本存储管理及存储资源能力。

3.1 云存储管理层

云存储管理层主要包括适配服务模块、配置管理模块、服务质量分析模块、业务质量监控、日志服务模块以及管理门户。测试客户端建议利用现有云主机资源池虚拟主机进行模拟。

(1)适配服务模块:提供签名认证服务,去掉不支持的参数,重新计算签名存储节点。

(2)配置管理模块:存储系统的配置信息,存储SLA的计算值,并将这些配置信息以及SLA值同步到所有的协议转换模块;控制协议转换模块的重启工作。

(3)业务质量监控模块:对云存储节点进行监控检查、收集协议转换服务器的状态信息,将协议转换服务器的状态信息输出给SLA模块;从资源池外围模拟客户操作,并将响应时间输出给SLA模块。

(4)服务质量分析(SLA)模块:根据监控模块、协议转换

表1 技术指标对比

技术指标项目	高品质云存储	一般云存储资源池
有效数据容量	PB级别	PB级别
最大单系统可扩展可用有效数据容量	100PB以上	100PB以上
数据可用性	99.9999999999(13个9)以上	99.999%(5个9)以上
网络联通性	全程链路端到端均在99.99%以上	全程链路端到端均在99.9%以上
操作响应时延	Put/Get 读写操作时延为ms级别/MB	Put/Get 读写操作时延为ms级别/MB
支持的存储对象数量	单容器文件数量大于50万个（包含副本）；单站点全系统文件数量大于100亿个（包含副本）；单个命名空间可管理最大文件对象至少10亿个（包含副本）	单容器文件数量大于50万个（包含副本）；单站点全系统文件数量大于100亿个（包含副本）；单个命名空间可管理最大文件对象至少10亿个（包含副本）
服务可用性	7×24h电话及门户支持，接到请求后响应时间不超过15min，发生故障后2h内排除	7×24h电话及门户支持，接到请求后响应时间不超过30min，发生故障后4h内排除

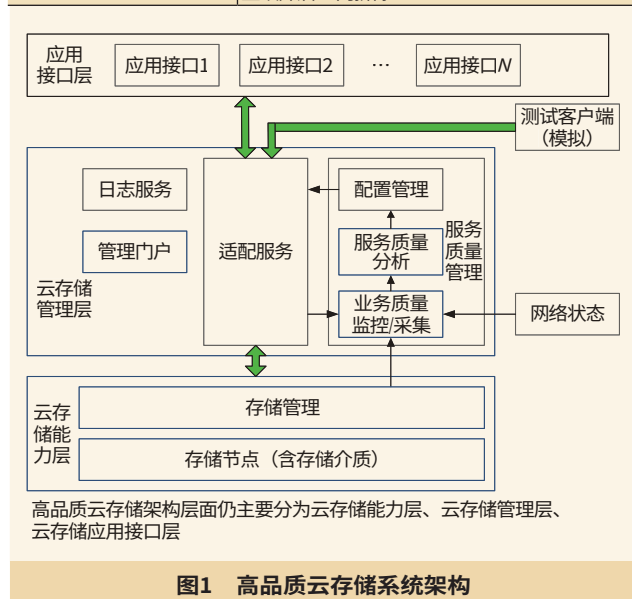


图1 高品质云存储系统架构

模块的输入动态计算当前SLA，将计算结果写入存储配置模块。

(5) 日志服务模块：负责收集所有协议转换模块的日志，将日志写入日志存储服务器，并将日志处理成客户要求的日志格式后存放到云存储节点，供客户访问。

(6) 管理门户：提供Web访问界面，供客户进行密码修改，下载日志，查看存储、带宽使用情况。

(7) 模拟测试客户端：负责上线前系统的压力发起工作，全面模拟客户请求。

3.2 云存储能力层

云存储能力层提供分布式、高安全性、高可靠性和可扩展的基础存储能力，将多个逻辑节点上的物理资源池化，对外提供统一的存储资源池，为上层应用提供文件存储和对象存储服务，并对存储空间资源、能力等进行管理。云存储能力层支持跨地域部署，同一应用资源可存储在不同地域，但同一容器资源仅在同一地域内存储。

云存储能力层包括存储管理模块和存储设备。存储管理

模块向上提供存储能力和数据访问接口，提供云存储能力层内部管理功能；存储设备由存储节点组成，为云存储能力层提供Scale out方式扩展的存储空间。

(1) 存储管理模块

存储管理模块对外提供存储服务接口，完成对象、文件存储服务；提供分片存储、数据压缩归档、流量控制、重复数据删除等灵活可配置的存储策略，保证用户数据的高安全性和可靠性；提供统计和监控、网络管理、设备管理、运维管理等功能，并提供管理接口，供云存储管理层进行访问、采集信息。

(2) 存储设备

存储设备即为底层存储资源，为云存储能力层提供物理存储空间，由云存储能力层统一管理。

3.3 应用接口层

应用接口层将针对用户需求，实现应用平台对存储系统的访问服务。

4 高品质云存储系统网络及异地备份方案

资源池网络建议秉承扁平化原则进行搭建，采用二层网络结构，分为核心交换层和业务接入层。

核心交换层：主要由核心交换机组成，防火墙、负载均衡等网络服务设备旁挂或串接核心交换机。核心交换层是流量转发的核心，实现外部网络与资源池节点的流量转发以及节点内服务器集群间流量转发。

业务接入层：由接入交换机组成，向下连接各类服务器集群，将集群内流量控制在接入层内，向上与核心交换层交换机连接。

管理流量与业务流量结构相同，建议采用两层网络结构，分为管理接入层和汇聚层，并采用带外管理模式，即管理流量与业务流量采用不同的承载网络，物理设备和链路完

全分开，以避免业务流量和管理流量的相互干扰。

高品质云存储资源池组网结构如图2、图3所示

为实现高SLA保障，高品质云存储资源池建议采用本地文件写副本，异地全备份的方式来保障数据的高可靠性。高品质云存储资源池异地备份节点的系统架构和能力最好与本节点保持一致，以保证发生容灾状况时两节点能完全匹配恢复。两节点互联方案网络拓扑示意如图4所示。

高品质云存储资源池本节点利用传输专线链路传送备份数据至备份节点，通过 $3N \times 10GE$ LAN端口接入传输网络，达到两节点之间数据互备的目的。这样用户业务流量通过互联网络接入云存储资源池，备份流量通过传输专线网络互通，管理流量通过数据专用网络接入远程网管平台。

根据业务SLA要求，业务流量以及备份流量经过的网络链路均需达到99.99%的网络连通要求。为达到99.99%的网络连通性要求，业务、备份流量全程需通过三路由承载。因此，备份链路需要保证通过 $3N \times 10GE$ LAN端口接入传输网络。

资源池数据备份流程及方案如下。

写数据流程如图5所示。

(1)用户发起写数据请求到站点1，由存储适配平台将请求转换成分布式平台可识别的格式。

(2)存储适配平台向分布式存储节点发起转换后的写数

据请求。

(3)分布式存储节点负责将数据可靠地写入本地磁盘并向存储适配平台响应写请求。

(4)适配平台向用户响应写请求，同时分布式存储节点将数据远程镜像到站点2，形成一个只读副本。

读数据的流程如图6所示。正常状况下，站点1和站点2处于对等位置，均可读数据。

正常读数据流程说明如下。

(1)用户发起读数据请求到站点1或者站点2，由存储适配平台将请求转换成分布式平台可识别的格式。

(2)存储适配平台向分布式存储节点发起转换后的读数据请求。

(3)分布式存储节点读取数据并响应请求。

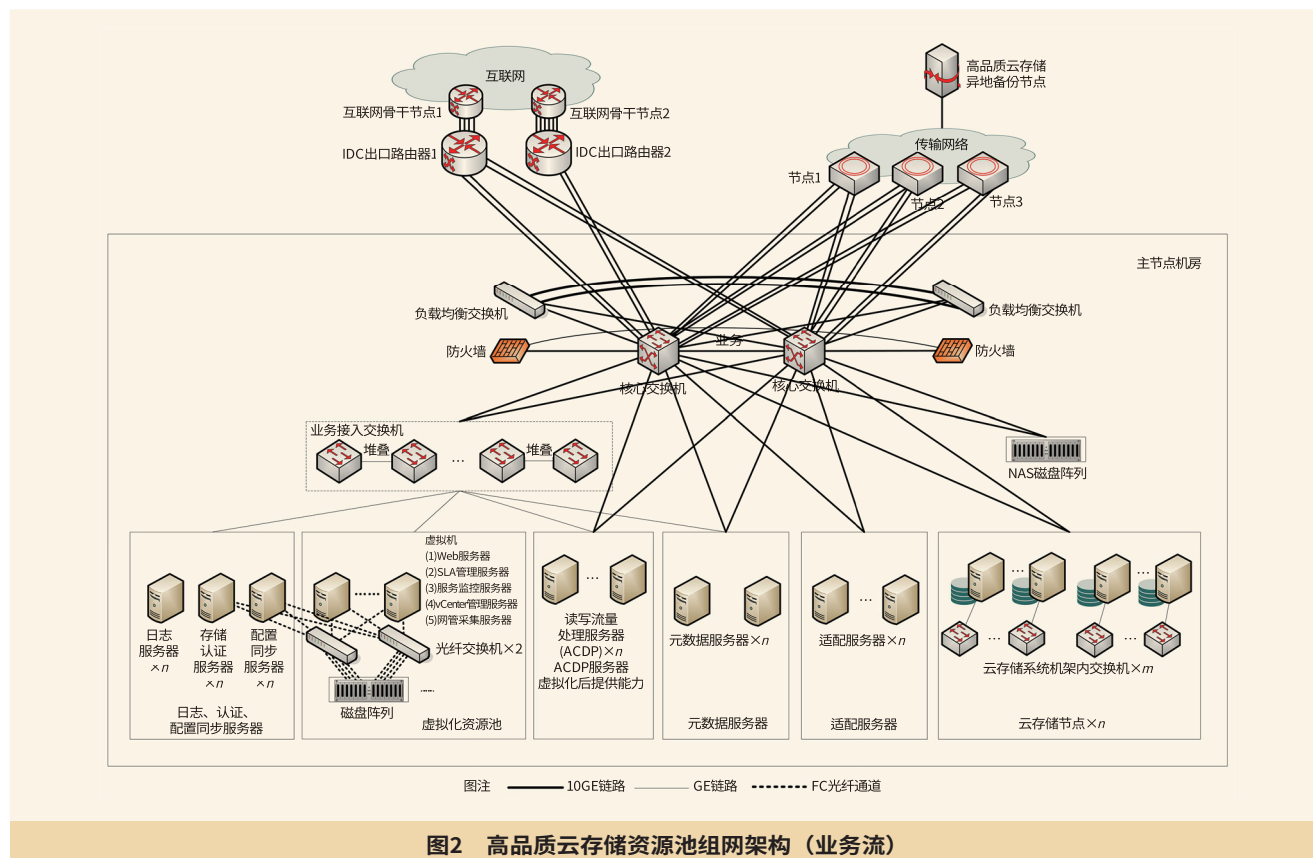
(4)适配平台向用户响应读请求。

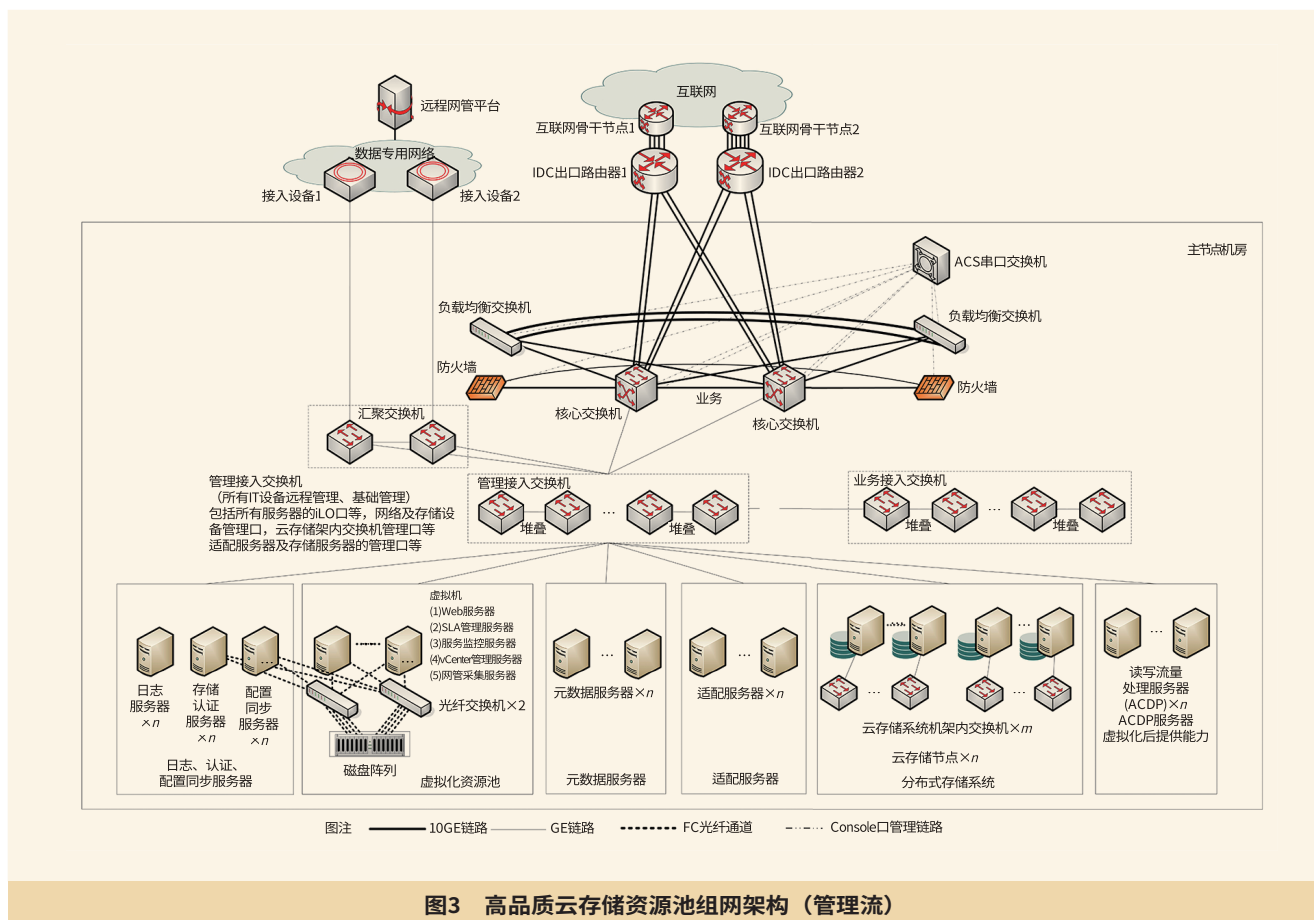
如果站点1意外宕机或发生灾难，则用户可以通过访问站点2读取数据，此时读取的数据来自站点1的只读副本。读取流程同上。

5 高品质云存储高可用性保障方案

5.1 数据有效容量至裸容量的推算

根据高品质云存储资源的数据有效容量需求，可推算





出存储裸容量，这期间需考虑数据异地备份、磁盘格式化开销、元数据存储开销、数据冗余保护级别等多项因素，得到高品质云存储资源池的综合磁盘利用率，从而得到实际应配置存储设备的裸容量。

对于高品质云存储容量计算，提出以下参数经验值，设计时可根据工程需求调整。

(1)实现数据异地全备份，对存储空间的需求是100%。

(2)磁盘格式化开销，约7%。

(3)元数据存储的开销，约20%。

(4)数据冗余保护级别，采用以下数据保护策略的开销占比约为0.7:1.7:

- 对小于等于256kB的文件（比例约为39%），采用2份本地副本+2份远程副本；

- 对大于256kB的文件（比例约为61%），采用1份本地副本+1份远程副本，同时采用9:3模式的Erasure Code，在此保护方式下，一份数据本身与额外生成的冗余校验位之间的大小比可以是9:3。

对上述数据保护策略的说明如下。

云存储系统中处理的最小分片是8kB，按照Erasure Code

9:3的模式，则最小分片占用的最小空间是 $12 \times 8\text{kB} = 96\text{kB}$ ，对应的有效文件大小是 $9 \times 8\text{kB} = 72\text{kB}$ 。因此，对于72kB以下的文件，无论文件大小都将占用96kB的空间，所以对于小文件不如直接采用简单的副本策略，更节省空间，数据可靠性同样得到保障。例如，存储一份4kB的文件，三副本占用的空间是 $3 \times 4\text{kB} = 12\text{kB}$ ，而作为Erasure Code 9:3数据存储空间将达到96kB。

考虑到Erasure Code编码方式的解析对CPU处理要求较高，文件大小以256kB作为分界是较为合理的，256kB以下的文件采用副本策略，256kB以上的文件采用Erasure Code模式，这样既能兼顾系统的CPU处理性能，又能保障数据存储的可靠性。

综合考虑上述因素，高品质云存储资源池的磁盘利用率：

$0.5 \times 0.93 \times 0.8 \times (1.7 - 0.7) / 1.7 = 21.0\%$ 。

由有效数据容量需求推算裸容量需求：

裸容量需求 = 有效数据容量需求 / 磁盘利用率 = 有效数据容量需求 / 21%。

可以看出，高品质云存储系统的磁盘利用率并不高，这是为了达到系统数据的高可用性要求。

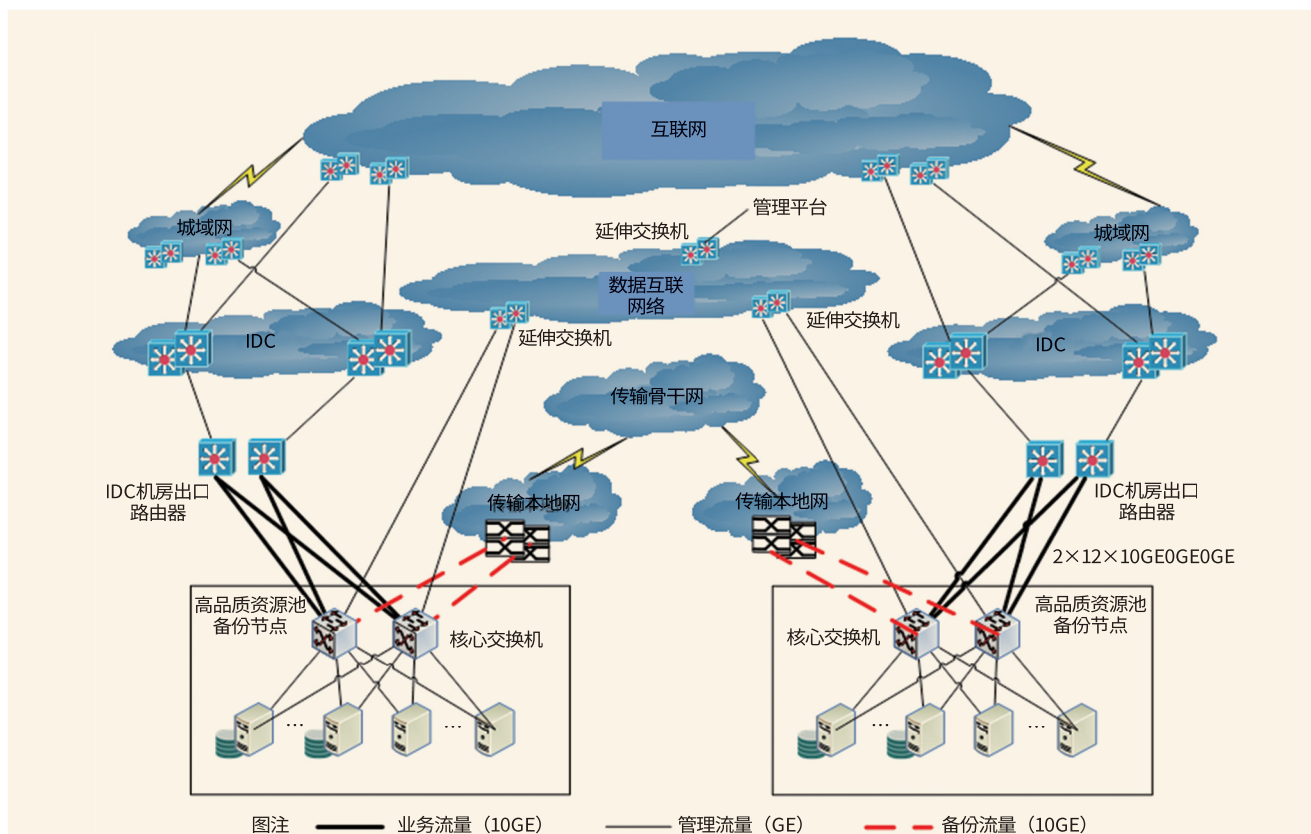
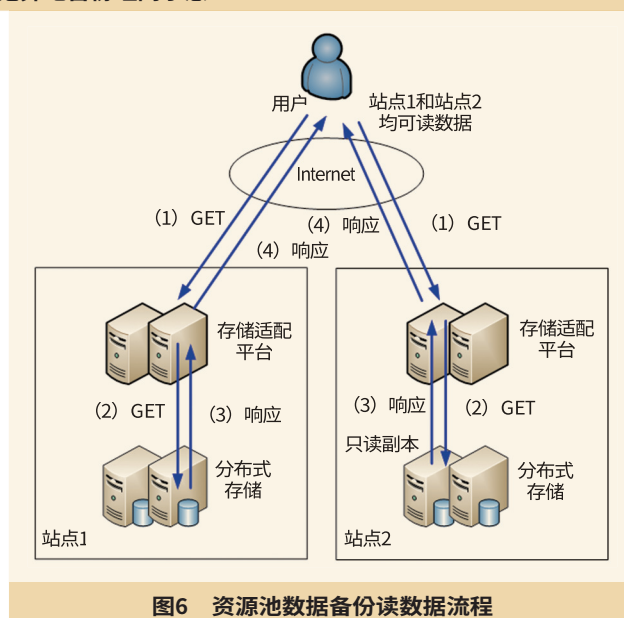
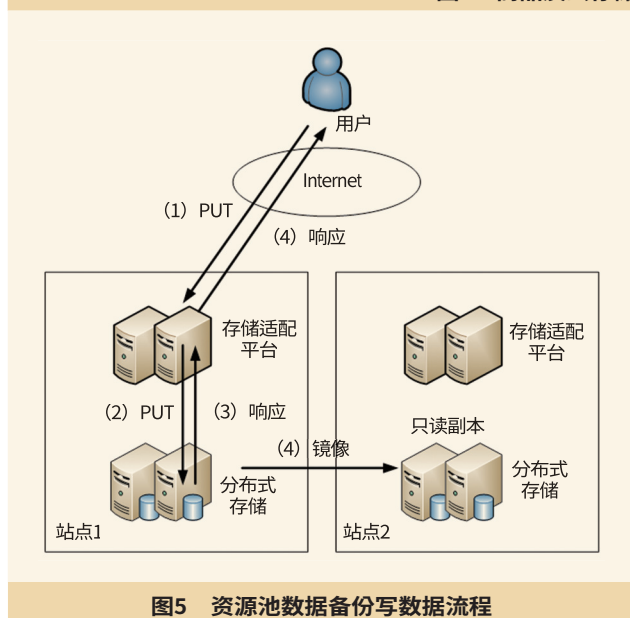


图4 高品质云存储资源池异地备份组网示意



5.2 数据可用性大于99.9999999999% (13个9)

采用统计概率学的方法推算一定条件下可以满足数据可用性大于99.9999999999%的要求。

假设条件如下。

- (1)高品质云存储资源池中的磁盘数量为10000块。
 - (2)本地文件采用写三副本的方式。
 - (3)本地文件采用Erasure Code 9:3的编码模式进行存储。
- 数据可用性Durability的定义：

$Durability=1-(\text{系统丢失的对象数量}/\text{系统总对象数量})$

假定:

访问失败的对象数量/系统丢失的对象数量 $\approx$ 总访问对象数量/系统总对象数量

这个定义应该等效于SLA中的定义:

$Durability=1-(\text{访问失败的对象数量}/\text{总访问对象数量})$

(1) 计算系统同时坏掉不同数量盘的概率

磁盘的平均失效时间(MTTF)一般为200万小时,数据中心使用缩短4倍,取50万小时。磁盘的损坏率 $\lambda=1/\text{MTTF}$,单块磁盘的寿命符合指数分布,即 $q(t)=1-e^{-\lambda t}$ 。

磁盘的平均恢复时间(MTTR)取决于坏盘的检测速度,检测出坏盘后人员的响应速度、磁盘的更换速度以及更换磁盘后数据的重建速度,取12h。磁盘的修复率 $\mu=1/\text{MTTR}$,假定磁盘的修复时间符合指数分布,即 $g(t)=1-e^{-\mu t}$ 。

若系统总共有 N 块磁盘,没有盘损坏的状态记为 S_0 ,其出现的概率记为 $P(0)$,损失1块盘的状态记为 S_1 ,其出现的概率记为 $P(1)$,损失 N 块盘的状态记为 S_N ,其出现的概率为 $P(N)$ 。假定两块磁盘不会在同一时刻失效,也不会在同一时刻恢复,整个系统磁盘损坏的过程可以抽象为一个马尔科夫过程。

写成解析式为 $P(n)=AP(n-1)$ 。

其中 A 为状态转移矩阵。

考虑到稳态以后 $AP=P$,得到:

$$P(1)=\frac{N\lambda}{\mu}P(0), P(2)=\frac{N(N-1)\lambda^2}{2\mu^2}P(0), \dots, P(k)=\frac{A_N^k \lambda^k}{k\mu^k}P(0)$$

$$\frac{P(k)}{P(k-1)}=(N-k+1)\frac{k-1}{k}\frac{\lambda}{\mu}$$

其中 k 为损坏的盘数。

(2) 计算系统处于不同状态时平均损坏的对象数量

假设系统的所有对象平均分布于所有的系统盘上,系统处于 $S_0, S_1, \dots, S_N$ 情况下平均丢失对象数量,抽象起来是个硬币实验,符合伯努利二项分布。按公式(1)计算, N 表示系统磁盘总数, $n+m$ 表示冗余策略,如Erasure Code 9:3($n=9, m=3$),拷贝($n=1, m=2$),简单的奇偶校验(n =任意数, $m=1$), k 表示损坏的盘数, $E(k)$ 表示系统损坏 k 块盘时平均丢失的对象数量:

$$E(k)=0, k \leq m$$

$$E(k)=\frac{\sum_{i=\max(m+1, n+m-k-N)}^{\min(k, n+m)} C_{n+m}^i A_k^i A_{N-k}^{n+m-i}}{A_N^{n+m}}, m < k \leq N-m$$

$$E(k)=1, k > N-m \quad (1)$$

(3) 系统平均丢失对象数量

$E=E(0)P(0)+E(1)P(1)+\dots+E(N)P(N)$

当盘数 N 固定时, $E(k)$ 随着 k 增大而增大,但 $P(k)$ 随着 k 增大而减小,而且 $P(k)$ 减小的更快(500块盘,一个月发生同

时损坏10块盘的概率已经低于 $1.278e^{-23}$)。MTTF取50万小时,MTTR取12h,若系统磁盘总数不超过1万块(若采用1万块3TB的磁盘,则裸容量达到30PB)时, $P(k)$ 应该远小于 $P(k-1)$,小10倍以上,而 $E(k)$ 虽然比 $E(k-1)$ 大,但是无法大于10倍,即 $E(k-1)P(k-1)$ 应该远大于 $E(k)P(k)$,所以系统总的平均对象丢失率应该是:

$$E=E(0)P(0)+E(1)P(1)+\dots+E(N)P(N) \approx E(0)P(0)+E(1)P(1)+\dots+E(m)P(m)+E(m+1)P(m+1)$$

m 为 $n+m$ 配置中的冗余度 m ,当 $k \leq m$ 时, $E(k)=0$,所以:

$$E \approx E(m+1)P(m+1)$$

$P(m+1)$ 是个概率,肯定小于1,所以 $E < E(m+1)$ 。

系统磁盘总数 N 取10000时:

- 对于三副本方式, $m=2, E < E(m+1)=E(3) \approx 6.0018e^{-12}$,数据可用性达到至少13个9;
- 对于Erasure Code 9:3编码模式, $m=3, E < E(m+1)=E(4)=1.1887e^{-12}$,数据可用性达到至少13个9。

由此可见,虽然随着整个系统规模 N 增大,损失率虽然会增大,但是在采用10000块磁盘、3副本以及Erasure Code 9:3编码模式存储数据的情况下平均对象丢失率在 $1.1887e^{-12} \sim 6.0018e^{-12}$ 之间,即可以保证数据可用性大于13个9。

5.3 网络联通性大于99.99%

可以通过全程链路三路由的方式来保证99.99%的网络连通性,以下测算采用运营商网络运维中的经验值,一般认为线路中的设备通过双设备双引擎双板卡的方式保证其高可用性,线路中的设备发生故障的概率几乎为0,而单条光纤链路发生故障的概率约为5%,则在保证全程链路三路由的情形下网络仍可用的概率为 $P=1-三条链路均不可用的概率=1-5\% \times 5\% \times 5\% \approx 99.99\%$ 。

因此,为达到网络联通性大于99.99%,应确保资源池节点出口设备的业务光纤链路以及备份光纤链路具备三根及以上,且分布在至少三条不同的楼间光缆以及出局光缆路由上。

6 高品质云存储系统安全体系方案

云资源池的安全体系至关重要,在构建高品质云存储系统时,应着重加强资源池的安全防护体系建设,既包括传统安全手段部署,也包括针对虚拟化环境的新型安全手段部署。

资源池安全体系构建应考虑从以下几方面着手。

(1)网络安全防护:采用防火墙、负载均衡等硬件设备实现。

硬件防火墙系统应支持虚拟防火墙功能,可为多个客户设置独立、可定制的安全策略功能。每台虚拟防火墙都可以作为一台完全独立的防火墙设备使用,可拥有独立的管理员、安

全策略、用户认证数据库等。虚拟防火墙应具有完全独立的接口、路由和策略,可以正常工作在混合模式下。虚拟防火墙支持IPSec VPN功能以及抗DDoS攻击的功能。设备支持对每个虚拟防火墙的占用资源如带宽、CPU处理能力等门限值配置。系统同时可结合负载均衡设备制定业务流的安全策略路由。此外,为提高资源池整体的安全防范能力,高品质云存储资源池需要能够防范DDoS攻击,提供应用层的DDoS功能,包括部署UDP、DNS、路由攻击等增强防御模块。

(2)流量安全隔离:采用VLAN/VxLAN划分的方式保证系统的安全性。

虚拟化平台VLAN/VxLAN安全,提供VLAN隔离能力,处于不同物理服务器上的虚拟机通过VLAN/VxLAN技术可以划分在同一个局域网内,同一个服务器上的同一个VLAN/VxLAN内的虚拟机间通过虚拟交换机进行通信,而不同服务器上的同一VLAN/VxLAN内的虚拟机之间通过交换机进行通信,确保不同局域网的虚拟机之间的网络是隔离的,不能进行数据交换。

(3)软件安全防护:配置补丁分发系统、支持及时升级软件补丁;部署防病毒软件等。

(4)数据安全:采用本地数据写多份副本,并进行远程数据全备份的方式。

(5)业务连续性:内部服务器包括虚拟机尽可能多的采用HA方式运行,实现双活系统。

(6)安全域设置:根据需求合理划分设置安全域。

虚拟化平台用户根据安全需求创建安全域,每个安全域可以设定一组访问规则。当虚拟机加入安全域后,即受到该访问规则组的保护。用户通过在创建虚拟机时选定要加入

的安全域来对自身的虚拟机进行安全隔离和访问控制。同一个安全域中的虚拟机可能分布在多个物理位置分散的物理机上,一个安全域内的虚拟机之间可以相互通信,不同的安全域之间的虚拟机默认不允许进行通信,可配置为允许通信。

(7)运维安全管理:部署堡垒机、接入安全审计系统等。

7 结束语

以高品质云存储资源池建设具体案例为基础,论述如何搭建一套高SLA等级保障的云存储系统,从系统架构、功能配置、网络方案、备份方案、高可用性保障、安全体系等多方面进行分析和研究,并在数据可用性和网络联通性方面给予统计和测算,给出一整套完整的部署策略建议。

参考文献

- [1] 中国电信集团公司.云计算技术手册[M].中国电信集团公司,2012
- [2] 周可,王桦,李春花.云存储技术及其应用[J].中兴通讯技术,2010,16(4)
- [3] 燕杰,樊勇兵,金华敏.电信运营商的云计算资源池部署方法概述[J].

电信科学,2011(10)

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

作者简介

张钟琴

硕士,毕业于上海交通大学,主要从事云计算、业务网络、企业信息化系统方面的设计及技术研究工作。

王悦

博士,毕业于上海交通大学,主要从事云计算、业务网络、传输网相关的新技术研究及网络规划工作。

参考文献

- [1] GB 50373-2006,通信管道与通道工程设计规范[S]
- [2] GB 50374-2006,通信管道工程施工及验收规范[S]
- [3] YD/T 5162-2007,通信管道横断面图集[S]
- [4] 高宗仁.常用钢材选用手册[M].太原:山西科学技术出版社,2003
- [5] 傅钟鹏.钢筋工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1999
- [6] 通信建设工程预算定额第五册通信管道工程[S]

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

苏晓斌

本科,毕业于西安邮电大学,工程师,目前从事有线传输设计工作。

(上接79页)

定额子目同样吻合)。

另外,由于混凝土管道基础加筋(靠近人孔2m内部分)定额子目和混凝土管道基础加筋定额子目工作内容相同、管道基础“配筋图”形式(主筋中心间隔为100mm,分布筋中心间隔为200mm)一致,由此可以根据混凝土管道基础加筋定额子目人工工日数量测算“混凝土管道基础加筋(靠近人孔2m内部分)”定额子目人工工日:混凝土管道基础加筋(靠近人孔2m内部分)定额子目人工工日等于混凝土管道基础加筋定额子目人工工日的0.0144(1.44/100)倍。

以“一立型”为例,说明人工工日计算过程。

一立型:技工工日=0.57×1.44/100=0.01工日;

一立型:普工工日=0.85×1.44/100=0.01工日。

私有云资源池管理流程及资源管理办法研究

余 飞

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 先对私有云资源池资源管理各环节的职责分工进行划分, 然后对计算资源和网络资源的全生命周期管理(资源预估流程、资源申请流程、资源分配流程、资源调整流程、资源回收流程等)进行定义和规范, 进而制定一套行之有效的私有云资源管理办法和细则, 对今后的私有云建设工作有较强的指导作用。

关键词 私有云 电信运营商 资源池 资源申请 资源调整

1 引言

随着云计算技术的快速发展, 近年来各大电信运营商的云资源池如火如荼地进行建设。初期建设大家都比较关注建设, 很少关注资源管理流程和资源管理办法的梳理和固化工作, 导致不少问题发生。在此背景下, 我公司有幸承接这次管理办法的研究, 主要研究范围是私有云资源池的资源预估、资源申请、资源分配、资源调整、资源回收的全生命周期管理, 明确各环节的工作流程及职责分工。

2 资源池管理相关部门职责分工

私有云资源池为电信运营商的业务支撑、网管支撑、管理信息化和业务平台等应用系统(以下简称应用系统)提供集中式、标准化的软硬件平台服务, 包括CPU、内存、存储等计算资源服务, 操作系统软件服务, 以及网络和安全服务等。

一般而言, 电信运营商的私有云资源池管理涉及到以下几个部门: 计划部、私有云维护部门、信息安全部、资源需求部门和应用系统维护部门。

3 资源池管理流程

私有云资源池资源预估流程如图1所示。

私有云资源池资源扩容流程如图2所示。

私有云资源池资源申请流程如图3所示。

私有云资源池资源调整流程(由应用系统维护部门发起)如图4所示。

私有云资源池资源调整流程(由私有云维护部门发起)如图5所示。

4 资源管理办法

4.1 资源预估

计划部于每年底组织、收集私有云平台使用部门的下一年度资源预估需求, 并组织对需求、项目的可行性等进行预审。未通过资源预审的项目, 一律不给予资源分配。

资源预审采用项目预算制, 各个项目的资源申请必须在年度项目申请的预算范围内, 超出范围的原则上不予以分配。

私有云维护部门每季度对资源的实际使用率进行统计报告。当CPU资源、内存资源、存储资源、网络端口资源任一子项的整体实际分配率超过70%, 而且不能通过资源调整解决时, 私有云维护部门向计划部提出扩容申请。

4.2 资源申请

4.2.1 接入条件

新建或迁移应用系统必须满足有关接入条件, 才允许接入云资源池。接入条件如下。

(1) 技术条件

- 私有云支持的平台架构。采用x86架构的业务平台可接入私有云, 采用小型机架构的业务平台暂不能接入私有云。
- 私有云支持的操作系统。所用操作系统属于Fusion虚拟化软件支持的客户操作系统(含版本)范围内的业务平台可接入私有云。
- 特殊外接设备。没有使用特殊外接设备(如信令卡、语音卡、传真卡、调制解调器、安全软件狗、硬件加密设备等)的业务平台可接入私有云。
- 服务器单机最大分配FC块存储 10TB。
- 单套Oracle数据库最大存储分配 10TB。

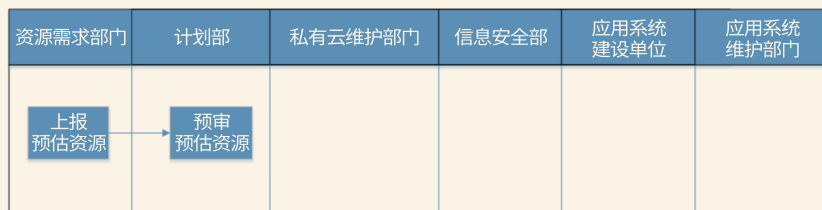


图1 资源池资源预估流程示意

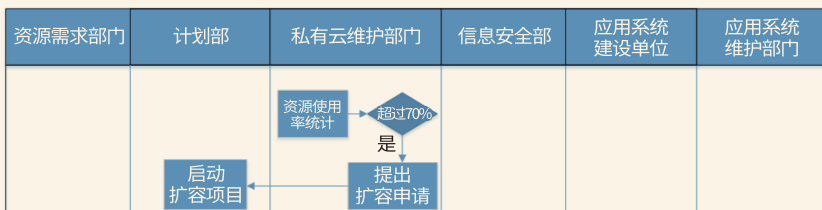


图2 资源池资源扩容流程示意

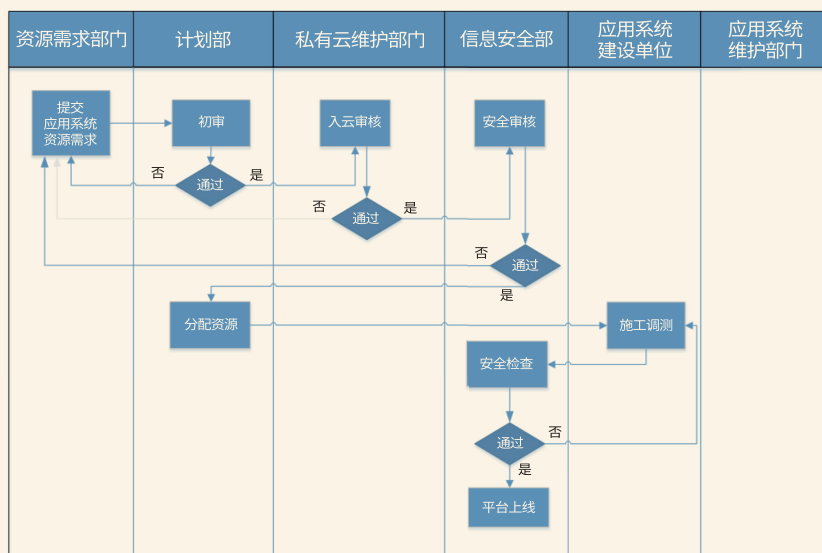


图3 资源池资源申请流程示意

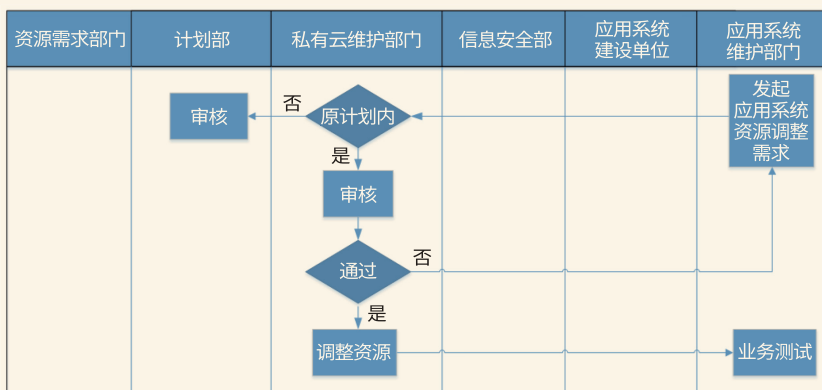


图4 资源池资源调整流程（由应用系统维护部门发起）示意

- 单套DB2数据库最大存储分配 30TB。

- 单个Windows文件系统目录最大分配 2TB。

- 单个Linux文件系统目录最大分配 4TB。

- 不支持Oracle RAC。

(2)业务特性条件

- 平台归属范围：业务支撑系统、网管支撑系统、管理信息化系统和业务平台等。

- 处理能力特性：CPU资源需求超过私有云中单台物理服务器最大CPU处理能力的业务平台不可接入；网卡平均带宽均超过1000Mbit/s的业务平台不建议接入私有云；对存储LUN的平均IOPS大于2000 IOPS，平均吞吐量大于300Mbit/s DISK I/O的业务平台不建议接入私有云。

- 基于上述条件，如遇特殊情况，须由计划部、私有云维护部门和需求单位部门的分管领导进行决策。

- 上述条款不适用于大数据平台。

4.2.2 资源接入流程

新建或迁移应用系统接入云资源池主要包括资源申请、资源初审、入云审核、安全审核、云资源配置、施工调测、安全检查和平台上线等阶段。具体流程如下。

(1)资源需求部门以OA业务需求工单形式向计划部发起资源申请需求，计划部组织对所提资源需求进行初审。重点审核项目是否立项（具备决策依据），是否在年度项目计划内，审核申请的资源预算是否在批复范围内。

(2)计划部审核通过后，转私有云维护部门进行入云审核。重点审核应用系统是否满足云化条件，现网空闲资源是否满足需求，系统建设方案是否具备实施条件。

(3)私有云维护部门通过后，转信息安全部进行安全审核，重点审

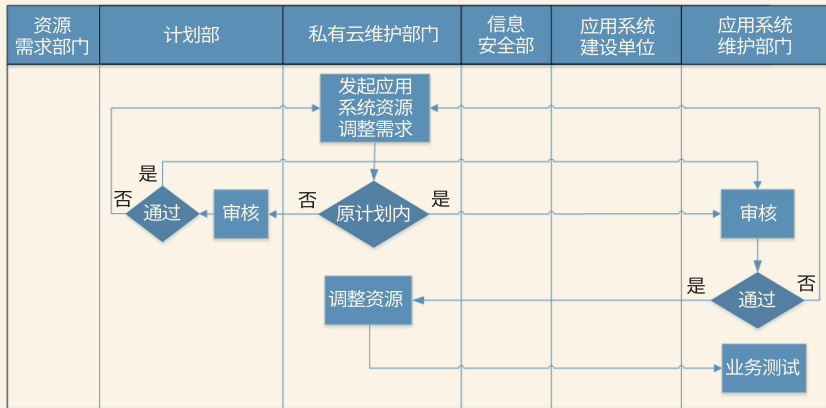


图5 资源池资源调整流程（由私有云维护部门发起）示意

表1 私有云资源池计算资源申请格式

属性	内容
部门	
序号	
系统类型	
系统名称	
x86云平台新建采购需求	
服务器台数	
服务器物理CPU核数	
操作系统名称及版本号	
中间件名称及版本号	
应用编译需求（如Java、C++）	
数据库名称及版本号	
VM数量/VM最大规格	
流量需求（网关in/out）	
负载均衡器需求	
源业务平台（x86迁移方式）	
可用存储需求（TB）	
内存（GB）	
内置硬盘可用容量需求（GB）	
数据存储可用容量需求（TB）	
数据存储类型（文件系统、裸设备）	
数据存储I/O通道带宽需求（2GB/4GB/8GB/16GB）	
归属安全域	
网络带宽需求（包括是否要求专用、还是共享）	
高可靠系统要求（负载均衡、双机热备份、冷备份）	
互联网接入需求描述	
专线需求描述	
内网需求描述	
安全防护需求（防火墙、4A管理、审计系统、网页防篡改、防病毒、防木马、IPS、IDS）	
网络结构（提供网络拓扑图）	
接口数量（个）	
端口速率需求（比如几个千兆口、几个万兆口）	
转发能力需求	
期望上线时间	
联系人	
联系电话	
联系部门	

核建设方案是否满足云资源池安全要求。

(4)信息安全部通过后，转私有云维护部门分配CPU、内存、存储、网络和安全资源。

(5)资源分配完成后，私有云维护部门交付应用系统建设单位，在所分配的资源上进行施工调测。

(6)应用调测完毕后，由信息安全部进行平台安全检查，通过安全检查并整改后平台进行上线。

(7)对于测试系统临时申请资源，资源需求部门在三个月内提交工作签报作为建设依据，否则将停

止继续使用私有云资源。

对于紧急需求，资源需求部门在三个月内提交相关决策依据（总办会、投资会审议纪要或分管公司领导工作签报），否则将停止继续使用私有云资源。

资源需求部门需提供工程项目设计资料，明确满足设计容量的设计需求（包括CPU、内存、存储和带宽等）和测算依据。

私有云资源池计算资源申请表格式见表1。

私有云资源池网络资源申请表格式见表2。

私有云维护部门原则按照设计容量的50%或近三个月的业务预测分配初始资源。私有云维护部门通过技术手段实现应用系统网络安全隔离，并根据业务端口最小化开放策略做好安全防范措施，根据带宽需求做好流量控制措施。

4.2.3 应用系统安全检查

应用系统建设单位在平台施工调测完毕后，信息安全部应组织进行应用系统的安全扫描及整改加固工作，并提供第三方安全评估报告。应用系统维护部门及信息安全部对安全整改情况进行评估，并按照应用系统安全验收办法进行验收。没有完成安全整改的系统不允许上线，不允许增加资源，不允许接入互联网，不新增防火墙策略。

4.3 资源调整

4.3.1 资源调整触发条件

对于部署在私有云的应用系统，根据业务发展及平台资源使用情况，应用系统维护部门或私有云维护部门可以提出对应用系统的资源调整申请，包括资源增加需求和资源回收需求。

(1)CPU资源触发条件

①触发条件

- 当虚拟机最近一个月内CPU平均利用率小于20%，且

已分配的虚拟CPU数量非最小分配单元时，可以作为缩减CPU资源的触发条件之一。

- 当虚拟机最近一个月内CPU平均利用率超过50%时，可作为增加CPU资源的触发条件之一。
- 根据业务特性，观察近一个月虚拟机CPU的负荷情况，估算虚拟机忙时CPU的平均利用率（估算时需剔除瞬间高CPU占用的情况，统计CPU忙时至少是持续10min以上的高CPU占用情况）。
- 当忙时CPU平均利用率小于50%，且已分配的虚拟CPU数量非最小分配单元时，可以作为缩减CPU资源的依据之一。
- 当忙时CPU的平均利用率超过90%时，可以作为增加CPU资源的依据之一。

②CPU资源调整

当虚拟机的CPU平均利用率、当前CPU利用率或忙时CPU利用率满足CPU资源调整触发条件时，云资源池维护单位可启动CPU资源调整相关流程，具体见表3。

(2)内存资源触发条件

①触发条件

- 当虚拟机最近一个月内存的平均利用率小于20%，且已分配的虚拟内存数量非最小分配单元时，可以作为缩减内存资源的触发条件之一。
- 根据业务特性，观察近一个月虚拟机内存负荷情况，估算虚拟机忙时内存平均利用率（估算时需剔除瞬间高内存占用的情况，统计内存忙时至少是持续10min以上的高内存占用情况）。
- 当忙时内存利用率小于50%，且已分配的虚拟内存数量非最小分配单元时，可以作为缩减内存资源的依据之一。

②内存资源调整

当虚拟机的内存平均利用率、当前内存利用率和忙时内存利用率都满足内存资源调整触发条件时，云资源池维护单位可启动内存资源调整相关流程，具体见表4。

(3)存储资源触发条件

①触发条件

- 当前虚拟机的磁盘空间利用率如果超过80%，且业务

处在发展期时，可以启动虚拟机存储资源增加流程。

- 根据业务平台话单、日志等文件最少保存6个月的规定（具体保存时长根据业务平台实际情况确定），分析近6个月来，业务平台使用磁盘空间的平均增长率。如果未来第6个月的磁盘空间需求量 $T_{12}-T_6$ > 当前剩余磁盘空间，可以启动虚拟机存储资源增加流程。

需要说明的是，未来第6个月磁盘空间需求量： $T_{12}=T_6 \times (1+Q \times \beta)$ 。其中 T_6 为近6个月中第6个月的磁盘空间使用量（即当前所使用的磁盘空间）， Q 为磁盘空间月平均增长率。

每个月磁盘空间增长率：如第2个月的磁盘空间增长率 $q_2=(T_2-T_1)/T_1 \times 100\%$ ，其中 T_2 为近6个月中第2个月的磁盘空间使用情况。

磁盘空间平均增长率： $Q=(q_1+q_2+q_3+q_4+q_5)/5$ ，即为使得磁盘空间增长率更准确，可取连续几个月的增长率再取平均值得到（经验值选5个月）。

同时为确保有足够的冗余空间，计算时可以考虑在 Q 的基础上乘以一定的放大系数 β （经验值 $\beta=1.1$ ，可具体视情况而定）。

4.3.2 资源调整策略

(1)CPU资源调整策略

①CPU资源增加

CPU配置为最小分配单位 $2vCPU$ ，CPU基准调整单位 $2vCPU$ 。

当虚拟机当前CPU配置为最小分配单位（ $2vCPU$ ），且符合增加CPU资源的条件时，扩容策略为直接再增加一个基准的 $2vCPU$ 。

当虚拟机当前 $vCPU$ 配置非最小分配单位时， $vCPU$ 的扩容量为（计算结果取整）：当前 $vCPU$ 数 $\times$ （忙时CPU平均利用率-50%）。

②CPU资源缩减

当虚拟机当前 $vCPU$ 配置为4个 $vCPU$ ，且符合缩减条件时，直接在现有配置基础上缩小2个 $vCPU$ 。

其他情况下， $vCPU$ 的缩减总数为（计算结果取整）：当前 $vCPU$ 数量 $\times$ （50%-CPU忙时平均利用率）。

(2)内存资源调整策略

①内存资源增加

内存配置为最小分配单位8GB，CPU基准调整单位8GB。

当符合增加内存资源的条件时，扩容策略为直接再增加

表2 私有云资源池网络资源申请格式

序号	源地址	源地址应用描述	目的地址	目的地址应用描述	协议	访问端口	申请期限	申请理由

表3 CPU资源触发条件

CPU平均利用率（月）	忙时CPU平均利用率（月）	CPU资源调整策略
<20%	<50%	减少
>50%	>90%	增加

表4 内存资源触发条件（减少）

内存平均利用率（月）	忙时内存平均利用率（月）	内存资源调整策略
<20%	<50%	减少

一个基准的8GB内存。

②内存资源缩减

将虚拟机的内存利用率缩减为40%~50%区间的最优模式，可结合实际情况对基准值进行调整。

(3)存储资源调整策略

①存储资源增加

根据业务平台话单、日志等文件最少保存6个月的规定（具体保存时长根据业务平台实际情况确定），因此希望扩充的空间至少能满足6个月以上存储空间增长的要求。存储空间扩容量为 T_{12} -虚拟机当前磁盘空间总量。

②存储资源缩减

暂不建议对已分配的存储空间进行缩减，除非平台下线。

4.3.3 资源调整流程

(1)应用系统维护部门发起的资源调整流程

应用系统维护部门以OA业务需求工单形式向私有云维护部门发起资源调整需求，在原项目计划内的需求，由私有云维护部门组织对所提资源需求进行审核，重点审核现网空闲资源是否满足需求，资源调整方案是否具备实施条件，调整的依据是否和实际运行情况相符。超过原项目计划的需求私有云维护部门须报计划部审核。

资源调整需求审核通过后，由私有云维护部门实施调整CPU、内存、存储、网络和安全资源。

资源调整完成后，由私有云维护部门通知应用系统维护部门进行业务测试。

(2)私有云维护部门发起的资源调整流程

资源调整需求超过原项目计划的，由私有云维护部门以OA业务需求工单形式向计划部发起资源调整需求，计划部组织对所提调整需求进行初审。在原项目计划内的，无需报计划部初审，可直接转应用系统维护部门。

计划部初审通过后，转应用系统维护部门进行调整审核。重点审核调整的依据是否和实际运行情况相符。

应用系统维护部门同意调整申请后，私有云维护部门实施调整CPU、内存、存储、网络和安全资源。

资源调整完成后，私有云维护部门通知应用系统维护部门进行业务测试。

4.4 需求管理后评估

对于需求上线三个月后，资源利用率不达标的资源需求部门，再次申请私有云资源，资源分配减半。

如资源需求部门有两个系统资源利用率不达标，不再分

配私有云资源，整改合格以后再进行分配。

私有云维护部门负责定期通报私有云上各系统的资源利用情况。

4.5 信息安全管理

应用系统维护部门和私有云维护部门应根据电信运营商账号口令安全管理办法的相关要求进行用户申请、授权及密码管理。

应用系统的主机、网络、数据库等资源访问，需纳入云安全管控系统。

应用开发应遵循电信运营商Web网站应用开发与安全防护规范方面的相关要求。

客户信息访问、使用需严格遵循电信运营商客户信息安全保护管理方面的相关要求，且所有访问行为均应进行安全审计。

私有云安全防护由信息安全部统一规划，私有云维护部门组织相关部门进行安全扫描和漏洞扫描等工作。

项目相关的敏感信息（技术文档、基础服务链接、用户账号等），任何部门或个人未经授权，不能越权通过终端设备调用、存储、传送或复制。

私有云维护部门提供私有云资源访问日志，由应用系统维护部门的安全管理员或审计员进行审计。

5 结束语

私有云资源池作为计算资源和网络资源等多种资源的集合，具有资源共享、按需分配、动态扩展、标准服务、自动管理等特点，帮助电信运营商对内实现资源共享与按需分配，降低运营成本，提高投资效率。如何建好、管好私有云资源池就变得更加重要。在对私有云资源池管理各环节的工作流程进行梳理的基础上，对各环节的职责分工进行划分，对资源的全生命周期管理进行定义和规范，构建一套科学合理、责权清晰、流程顺畅的技术规范和管理办法，最终将大幅提升电信运营商资源池项目建设效率、保证项目质量，规范项目流程。

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

余飞

硕士，毕业于上海交通大学，工程师，主要从事IT支撑网、业务网、云计算和大数据等专业的设计和咨询工作。

Server-SAN技术及其在云资源池中的应用

蒋明燕

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

分析云资源池对传统存储的挑战,同时分析Server-SAN的技术架构及存储设计的注意事项,给出Server-SAN存储在资源池中的应用建议。

关键词

分布式块存储 软件定义存储 云资源池

1 传统存储技术

传统共享存储类型包括SAN、NAS、磁带库等。存储性能要求较高的,宜采用FC-SAN;存储性能要求稍低的,采用IP-SAN;文件存储采用NAS,传统离线备份采用磁带库。SAN又可细分为FC SAN、IP SAN、FCoE SAN。FC SAN性能最好,但相对成本较高,需要建设单独的光纤存储网络。IP-SAN和NAS可以构建在现有以太网之上,成本低廉,但性能相对FC SAN较低。FCoE SAN是融合光纤存储网络与以太网的SAN技术,目前未获得大规模推广应用。

2 云资源池对传统存储的挑战

目前资源池中计算、网络弹性部署能力相对较强,而原先资源池存储主要采用传统的集中FC SAN技术,在面对资源池按需分配、多租户、海量存储、高I/O、快速扩展、差异化服务等需求时逐渐成为瓶颈,存储成本高、并发I/O受限、线性扩展能力差以及无法确保差异化服务等级成为急需解决的问题。目前传统存储主要面临如下挑战:一是,管理复杂、不灵活;二是,存储成本高;三是,并发I/O受限、线性扩展能力差;四是,无法确保差异化服务等级。

3 SDS及Server-SAN存储技术架构

IDC通过对SDS市场的深入了解和研究,对SDS定义如下:SDS将数据中心或者跨数据中心的各种存储资源抽象化、池化,以服务的形式提供给应用,满足应用按需(如容量、性能、QoS、SLA等)自动化使用存储的需求。SDS如同一个生态系统,将存储的功能从传统存储系统中抽象出来,通过软件实现从存储系统中抽离出来单独部署,不再是硬件设备上的固件,通过软件定义可管理来自不同厂商的所有物理和虚拟存储资源,并按需进行自动配置。

主流的SDS技术包括三类:分布式块存储(Server-SAN)、对象存储(如Swift)和分布式文件存储(如HDFS)。这三类存储都是基于通用x86服务器(根据不同存储,配置上有差异)分布式部署,通过软件实现存储功能。

(1)Server-SAN:对网络和服务器硬盘I/O要求高,软件实现较为复杂。满足块存储和卷管理需求,高I/O,SCSI/iSCSI接口,适合虚拟机数据库和文件系统存储,可替代FC-SAN、IP-SAN。

(2)对象存储(如Swift):对硬件要求最低,软件实现最为简单。基于互联网Rest API,适合各种大小海量非结构化文件(如视频、图片)存储,可作为资源池的在线备份、云存储。

(3)分布式文件系统(如HDFS):硬件上要求存储和计算能力都较强(大数据计算要求)。适合大文件存储,存储小文件效率很低,作为大数据存储和分析的基础,计算和存储一体化。

Server-SAN作为软件定义存储(SDS)的一个典型实现方式,通过软件定义各种存储功能,因为其架构于标准x86服务器加上成熟以太网硬件上,因此成本低廉,扩展性好,维护简单,并发能力强。由于目前资源池存储以共享块存储(FC-SAN)为主,下面将着重阐述Server-SAN作为资源池存储的有效替代与补充及其在运营商云资源池工程中的规模使用案例。

主流的Server-SAN产品由三部分组成:存储客户端,互联网络以及存储服务器端,是一个典型的C/S架构。Server-SAN技术架构如下。

存储服务器端:Server-SAN的存储服务器端软件部署在每一个存储节点上(x86服务器),可以进行本地硬盘或者外接磁盘的识别,并将存储资源池化。存储服务器端安装在存储服务器侧,接收到存储客户端的请求,根据策略将I/O分发到相应存储服务器节点。每台存储服务器都配置少量SSD硬盘,并形成分布式缓存区,缓存的能力提高存储的性能。

网络层：用于Server-SAN客户端和服务端之间的互联。

存储客户端：Server-SAN的存储客户端软件可以识别服务器端划分的存储空间，并通过SCSI/iSCSI协议供应用使用。存储客户端安装在计算服务器上，通过内部协议方式与安装在存储服务器上的存储服务器端通信。存储客户端是存储系统的一个无状态机头，无状态机头会将数据均衡地分发到各个存储节点。其占用的CPU内存较小，而且分布式机头的架构IOPS效果更好。

在数据保护上有两种做法，一种是通过副本方式实现，即一份数据拷贝成多个副本，可以设置成跨服务器、机架、网络设备等不同维度；另一种是网络Raid方式，先在同服务器的硬盘设置本地Raid，再跨服务器硬盘设置网络Raid，本地Raid通过总线实现，时延小、效率高，但是网络Raid时延较大，会有一定的风险。目前采用业界常规的三副本方式运行，副本设计模式为跨服务器。当采用存储三副本设计时，1TB数据的恢复时间预计在30min内。

4 Server-SAN存储设计注意事项

Server-SAN存储功能由软件实现，包括卷管理、SCSI、条带功能、快照功能等。Server-SAN从实现形态上分为：纯软件形态（软件与硬件可分离，硬件单独采购），软硬一体化（软件与硬件紧耦合，软件针对硬件优化）。从部署架构上分为两类：计算和存储一体化部署（存储与虚拟化共用主机和网络，存储会影响计算），计算和存储分离部署（存储独立部署，独立网络，类似传统SAN部署方式，计算和存储互不影响）。

Server-SAN软件需要支持主流虚拟化平台，如VMware、Hyper-V及XEN等，同时支持主流OS，如Windows和Linux系统。

Server-SAN的硬件设计一般需关注以下几个方面。x86服务器数量配置以及服务器本地磁盘数量配置；SSD配置（对不同厂商的SSD支持情况）；对外接存储支持情况；对本地硬盘数量、大小以及槽位排序限制。

Server-SAN的性能方面：目前主流Server-SAN产品在底层实现机制上有所不同，在相同硬件配置下，性能（IOPS为主）方面表现不一，且存在较大差异。

Server-SAN具体部署实施需注意如下几个的问题。

副本数量：副本数量的设置

将影响到存储硬盘数量（成本）、系统整体I/O性能与文件的安全性，一般情况下副本数量设置为三个。

硬盘配置：单台服务器的SSD、SAS以及SATA的配置比例会影响到系统I/O的性能和系统建设成本。

网络平面设计：一般由存储数据平面和存储管理平面组成，两个平面需要在物理或者逻辑上分开。同时需根据系统I/O性能的要求配置接入交换机、核心交换机。一般情况下建议接入配置为万兆的交换机，同时数据重构流量尽量下沉到接入交换机层完成。

安全级别设置：副本可以跨机房、跨机柜、跨服务器设置；跨机房设置安全级别最高，可保证单机房故障时整个存储业务不受影响，但对机房之间的网络要求较高；跨机柜设置可保证单机柜故障时整个存储业务不受影响，但后续扩容必须以机柜为单位扩容；跨服务器设置可保证单服务器故障时整个存储业务不受影响，后续扩容以服务器为单位进行扩容。

5 Server-SAN存储在资源池中的应用

存储资源池将根据业务系统特性进行分级存储，提供高端磁阵、Server-SAN、中低端磁阵等多种存储介质。根据业务优先级（存储可靠性、IOPS、Cache）需求，可将存储资源池中的存储介质分为三类：A、B、C。其中，A类配置专用的高端光纤盘阵（FC盘、SAS盘或SSD）及最高的Cache容量，B类建议配置Sever-SAN（适用于非数据库应用，如分析类、各类云化应用、各类访问流量比较均衡的应用等），C类建议配置中低端盘阵（SAS盘或SATA盘）。

资源池存储网络架构如图1所示。

引入Server-SAN，通过建立弹性可伸缩的存储资源池，解决存储容量弹性伸缩问题，提高存储快速连续扩容的

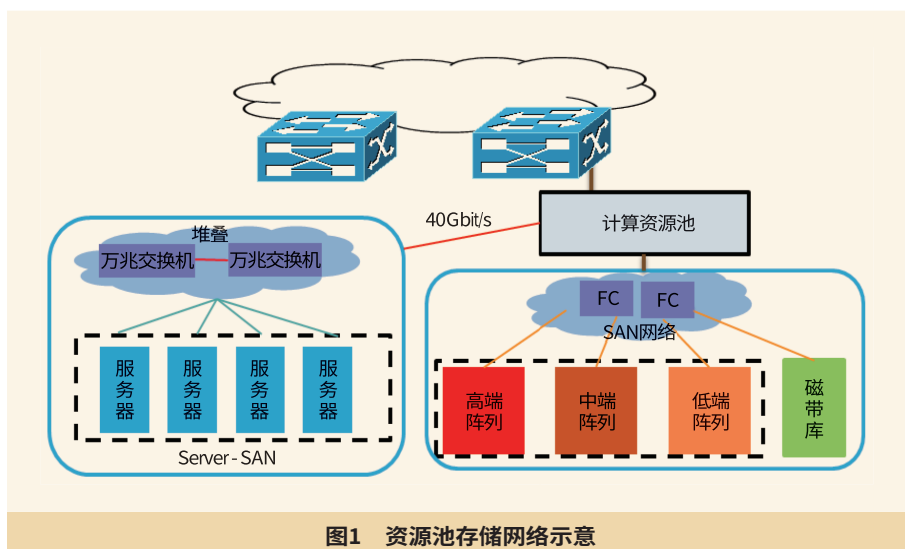


图1 资源池存储网络示意

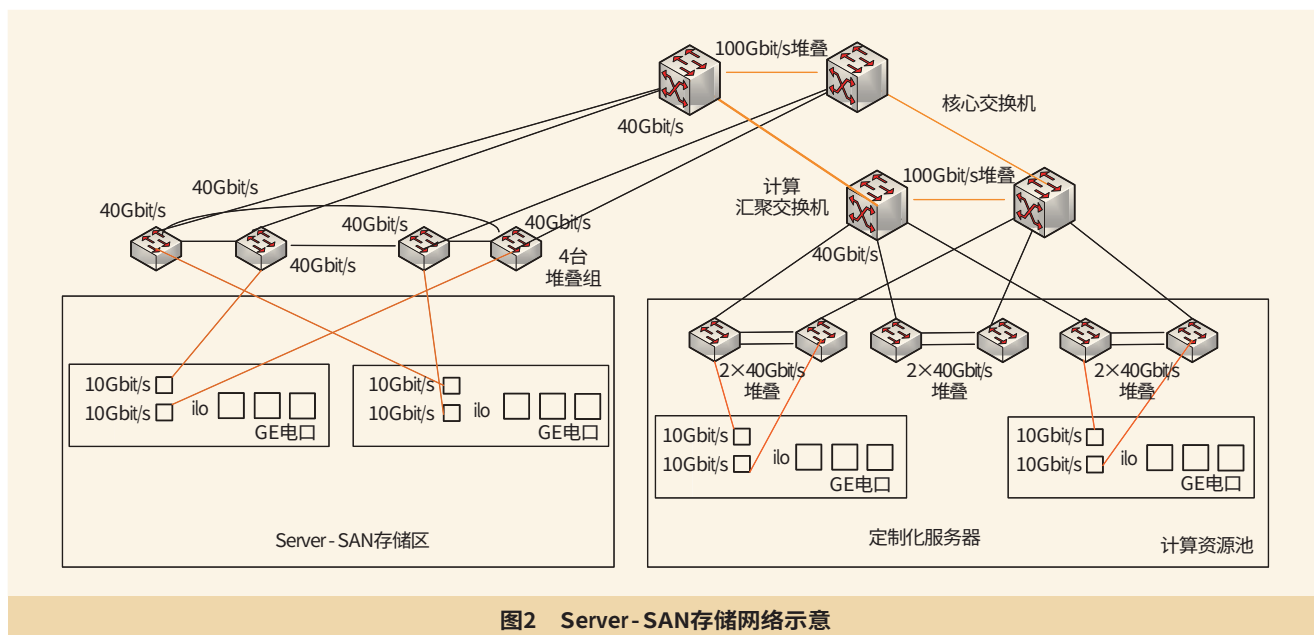


图2 Server-SAN存储网络示意图

能力；简化存储的维护难度，提供快速维护的手段；提高存储本身的安全性，提高存储的I/O，特别是对大数据分析等高度读写场景。

建议Server-SAN配置方案中考虑PCI-e SSD卡及万兆网络，以提高Server-SAN的整体性能。Server-SAN各节点通过万兆网络实现Server-SAN内部分布式并行存储架构，通过40Gbit/s网络向计算资源池各集群提供存储能力。

分布式存储方案：通过iSCSI协议基于TCP/IP网络为虚拟机硬盘、虚拟机共享存储、业务存储、Linux/Windows物理主机提供统一的块存储服务。远期来看产品可支持其他接口，如文件存储服务、对象存储服务。

数据保护：一种是通过副本方式实现，即一份数据拷贝成多个副本，可以设置成跨服务器、跨机架、跨网络设备等不同维度；另一种是网络Raid方式，先在同服务器的硬盘设置本地Raid，再跨服务器硬盘设置网络Raid，本地Raid通过总线实现，时延小、效率高，但是网络Raid时延较大，会有一定的风险。本次Server-SAN考虑到技术成熟度，采用业界常规的三副本方式运行，副本设计模式为跨服务器。

网络设计：与存储相关的流量主要有以下几种，计算业务、存储业务、存储硬盘故障重构、存储服务器管理。其中流量较大的是计算业务、存储业务、存储重构流量。为保障业务正常运行，计算业务与存储业务流尽量分开，避免存储流量对计算流量的冲击，使业务受到影响。存储服务器通过万兆交换机进行收敛接入，接入层通过4虚1汇聚为一台接入层存储交换机，将硬盘故障时的数据重构流量限制在接入层，降低对核心层的压力，加快重构速度；接入交换机通过40Gbit/s上联至核

心交换机。Server-SAN存储网络示意图如图2所示。

建议选择PCI-e SSD作为Server-SAN服务器组件。考虑目前主流Server-SAN存储厂商的配置建议，SSD硬盘的容量为有效存储容量的10%。

同时，需新增4台万兆接入交换机用于各服务器节点的互联，以搭建Server-SAN网络。接入交换机之间采用堆叠方式实现4虚1汇，并通过40Gbit/s链路实现与核心交换机的纵向虚拟化，用于各服务器节点的互联，以搭建Server-SAN网络。

Server-SAN 分布式存储相比传统存储SAN存储架构主要有如下三个优点。均衡性：数据能够尽可能地分布到所有的节点和磁盘中，使所有节点负载均衡，同时消除磁盘热点瓶颈。水平可扩展性：采用通用硬件+软件的方式搭建，可随时添加新节点，加入新节点时只需迁移部分数据并达到负载均衡。数据可靠性：数据默认保存三个副本，可灵活配置副本分配算法，避免副本位于同一磁盘或同一机架。

参考文献

- [1] 孙振正, 龚靖, 段勇, 等. 面向下一代数据中心的软件定义存储技术研究[J]. 电信科学, 2014, 30(1)
 - [2] 詹明非. 软件定义存储技术及其应用研究[J]. 电信技术, 2014(12)
- 如对本文内容有任何观点或评论, 请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn.

作者简介

蒋明燕

硕士，毕业于上海交通大学，高级工程师，主要从事电信集团云计算、业务平台、IT系统的规划设计等工作。

Overlay SDN产品在云数据中心的应用案例

黄瑾

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 在详细介绍SDN产品部署方案的基础上,对部署过程中的关键问题进行探讨,然后结合现网实际运行情况,对SDN产品提出一些改进建议。

关键词 软件定义网络 Overlay SDN 技术架构 部署案例

1 Overlay SDN技术

引入SDN后,网络在逻辑上可分为4个层次:网络编排层、网络控制层、业务网络层及物理网络层。网络编排层负责将网络能力抽象为逻辑网络设备,屏蔽底层实现细节,提供逻辑交换机、逻辑路由器等网络设备,并将网络能力抽象为多层次的网络结构,同时为管理员提供多层次、全方位的网络监控功能。网络控制层集中管理网络中的所有设备,虚拟整个网络为资源池,根据用户不同的需求以及全局网络拓扑,灵活动态地分配资源。网络控制层具有网络的全局视图,负责管理整个网络:对下层,通过标准的协议与基础网络进行通信;对上层,通过开放接口向编排层提供对网络资源的控制能力。业务网络层指租户的逻辑网络组网。物理网络层是硬件设备层,专注于单纯的数据、业务物理转发,关注的是与控制层相关的安全通信,其处理性能一定要高,以实现高速数据转发。基于Overlay技术的数据中心SDN架构如图1所示。

2 Overlay SDN产品部署案例

从业务的视角看,由于云数据中心引入虚拟化技术,用户所需的资源可以被动态分配,实现建立、删除、移动、变更等灵活操作,但是这也为相应的网络资源配置带来巨大压力。虚拟机的迁移会导致对应物理节点上的数据流特征发生变化。在当前的环境中,业务应用通常会被部署在多台彼此进行通信的虚拟机上,导致横向数据流量增加,与之相应的网络资源需要能够根据上述流量模式的变化进行及时调整,但是传统的网络根本无法满足云计算、大数据以及相关业务提出的灵活资源需求。

从维护的视角看,维护人员面临成百上千个租户的资源调度分配及数千台虚拟机的管理,单纯依靠人工难以应对资源的大规模管理。一方面,数据中心内部网络设备众多,业务属性复杂,基于繁杂的点对点手工配置,速度慢易出错,

严重拖累业务上线进度,并增加网络中断服务的风险。另一方面,维护人员缺乏数据中心全局的网络拓扑展现,业务系统与网络资源无法呈现对应关系,导致运维复杂,排障困难。因此,有必要引入Overlay SDN产品解决上述问题。

原则上,网络虚拟化产品与计算虚拟化产品应统一与上层云管理平台进行集成,但云管理平台在运营商云数据中心的应用还不太成熟,大多数的数据中心仍由厂商管理平台管理,例如vCenter(VMware的资源管理平台)。因此,在很多部署场景中,SDN产品只能与厂商管理平台进行集成,具体部署时需要在其上安装一个插件。为降低对现网业务的影响,一般建议新建一个厂商管理平台,SDN相关的网元和业务资源由新建的厂商管理平台管理,但SDN集群与现有的资源池共享网络设备和存储设备。未来可逐步将现有集群往新的厂商管理平台迁移,最后实现SDN对数据中心的100%覆盖。

2.1 网元部署

以阿朗Nuage VSP虚拟网络服务平台为例,一个SDN产品通常包含三个基本功能模块。Nuage VSP产品功能模块示意如图2所示。

虚拟网络服务目录(VSD):对应图1中的网络编排层,是一个网络策略引擎,通过Rest接口,与主流的云管理平台Openstack、Cloudstack和VMware实现无缝集成。另外VSD通过抽象隐藏所有复杂的网络要素,对云管理平台提供抽象后的统一网络API,使得不熟悉网络的IT人员都可以按照IT的方式和实际应用的需求创建各种网络策略,从而实现网络服务定制和使能。除此之外,VSD还提供各种分析、管理工具和统计工具。

虚拟网络服务控制器(VSC):对应图1中的网络控制层,通过XMPP协议和VSD通信,接受来自VSD的指令,会

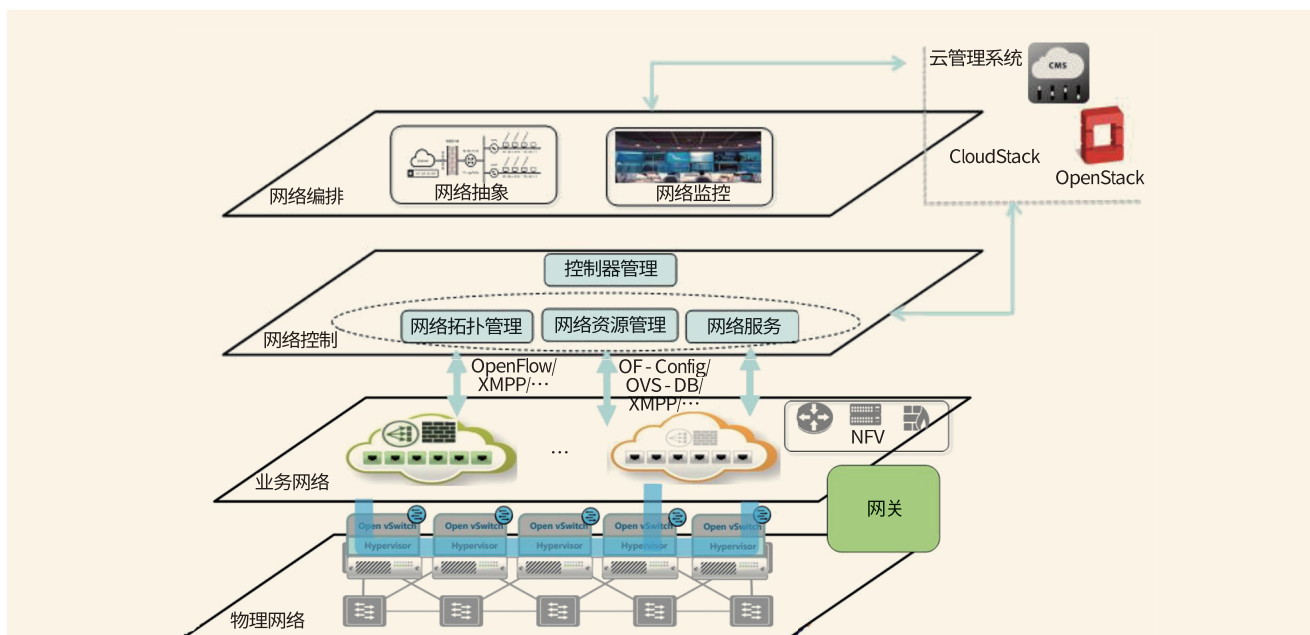


图1 基于Overlay 技术的数据中心SDN架构

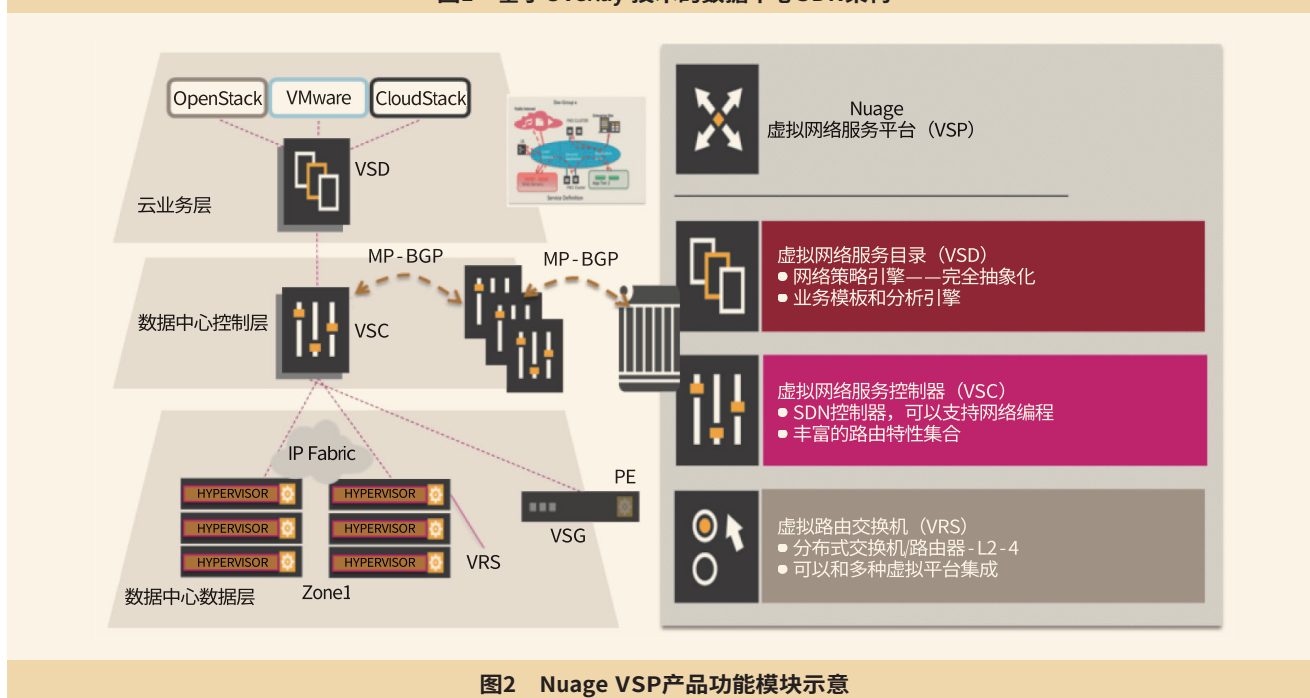


图2 Nuage VSP产品功能模块示意

将配置在VSD上的策略翻译成流表，通过Openflow协议下发给虚拟路由交换机（VRS），实现数据流的转发。另外可以通过VSC实现大规模的服务器分布式控制，每对VSC控制数千台服务器，VSC和VSC之间通过MP-BGP实现路由信息同步。VSC还可以和物理路由器交换MP-BGP、BGP、IGP等路由协议，因此可以实现各种灵活的组网方式。

虚拟路由交换机（VRS）：对应图1中的业务网络层，

虚拟路由交换机安装在Hypervisor上，可以和主流Hypervisor集成EXSI、XEN、KVM等。VRS接受来自VSC的Openflow流表，实现数据流的封装和处理。

网关：对应图1中的业务网络层，网关是一种特殊的VRS，负责SDN与普通IP网络之间通信的网元。在部署方案上可以选用专用硬件网关VRS，也可以部署基于x86架构实现的软件网关VRS-G。

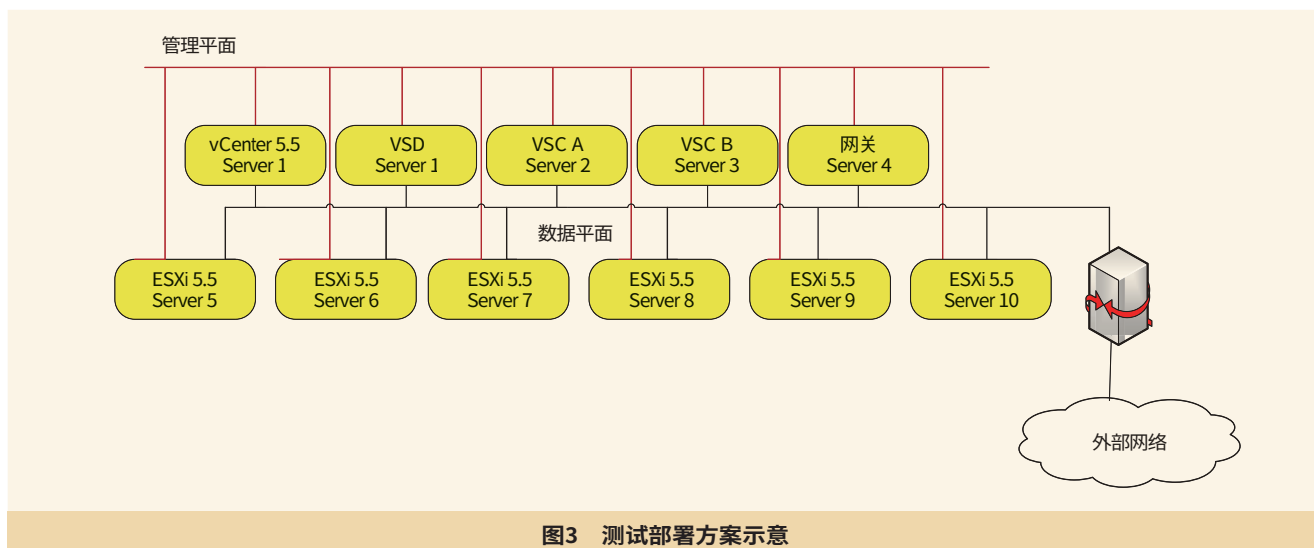


图3 测试部署方案示意

部署时，建议SDN产品的网元与业务系统集群分开部署，为产品网元单独划分一个集群。

2.2 租户网络配置

测试部署方案如图3所示。实施步骤如下：

- 新建一个云管理平台vCenter 5.5管理测试用集群（与Server-1合设）；
- 架设Server-1用作管理服务器，安装VSD；
- 架设Server-4软件网关，实现VxLAN网络与非VxLAN网络的互通（独立物理机部署）；
- 架设Server-2和Server-3用来安装VSC A和VSC B，同时这两台VSC互为冗余备份；
- 在Server-5到Server-10业务服务器的Hypervisor EXSi上安装对应的VRS；
- 每对VRC可以支持1000台业务服务器，当有更多的服务器加入SDN时，需要另外安装VSC，中间通过MP-BGP建立BGP联盟，实现路由同步。

该部署主要验证Nuage VSP平台的自动化部署能力及分权分域管理能力。

(1) 自动部署能力

Nuage VSP将网络功能划分为一个叫Enterprise的基本容器。这个Enterprise容器统一管理和控制一个网络节点的集合。Enterprise可以认为是Tenant用来代表一个租户。4个基本要素：Domain、Zone、Subnet、Policy，组成了一个特定Enterprise的业务拓扑，具体如图4所示。这4个要素相互之间有层次化的联系。

① Domain

一个Enterprise包含一个或者多个Domain，一个Domain

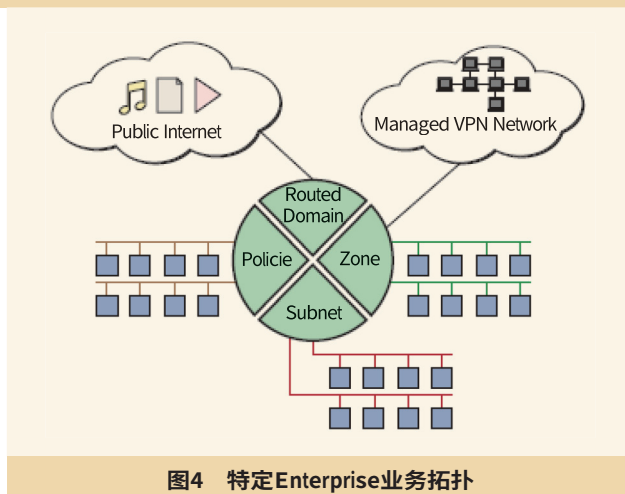


图4 特定Enterprise业务拓扑

代表一个三层路由域。在一个标准的网络中，一个Domain可以映射为一个VRF实例。

② Zone

在Domain之下，可以定义Zone（类似安全域）。一个Zone不会映射为网络中的任何一个实体，Zone是一个绑定策略集合的对象，所有在Zone之下的终端都将从Zone继承相同的策略子集。

③ Subnet

在一个Zone下可以定义Subnet（IP池和子网掩码）。一个Subnet代表一个特定路由域内的二层网络。Subnet在实际的网络中被映射为一个实际的子网。在整个Domain内Subnet必须是唯一的，也就是说，不能出现地址段重叠。

④ Policy

Policy用来根据公司业务流程，定义各个网络要素之间的通信规则，实现业务到网络服务的映射，一个Policy中包含QoS、ACL、FW、访问权限、统计等各种规则。

表1 阿朗硬件网关方案与软件网关方案对比

对比项目	硬件南北向网关方案	软件南北向网关方案
性能	包处理转发性能高, 适合大规模商用部署	软件处理必然存在一定开销, 与CPU资源等存在一定联系, 适合小规模灵活部署场景
数据中心出口网关配置工作量	小, 采用BGP协议动态更新SDN资源池路由信息	较大, 采用静态路由配置
SDN资源划分灵活性	较灵活, 在SDN中将业务平台以Enterprise等级进行划分, 并提供分权控制	较不灵活, 在SDN中将业务平台以Zone等级进行划分, 暂不能提供分权控制
资源池计算资源占用	无, 南北向网关功能不占用SDN资源池计算资源	有, 软件网关需要占用SDN资源池计算资源

(2) 分权分域管理能力

经过Nuage VSP产品对网络的抽象功能, 整个云数据中心的网络资源被封装进一个个独立的Enterprise容器中, 因此网络资源可以像独立的Service一样提供给各租户。在此基础上, Nuage VSP平台提供4级角色管理系统, 可以实现网络资源4级控制: 运营商级别, 实现整个云资源池网络资源的总控制和管理; 企业级别, 实现对Enterprise容器中所有资源的控制和管理, 实现整个企业网络的配置、修改和管理; 组级别, 适应于企业中单个部门网络资源的控制和管理; 用户级别, 适应终端客户的网络控制和管理。

2.3 实施关键问题

Overlay SDN产品部署时, 需要考虑如下几个关键因素。

NVE (Network Virtualization Edge): 以VxLAN作为隧道封装协议。

网关: SDN网关需根据业务功能需求、性能要求、现网环境综合考虑软件或硬件网关方案。

Hypervisor对接: SDN方案需考虑与现网云数据中心Hypervisor的兼容性。

管理平台对接: SDN方案需同步考虑与云数据中心管理平台的一体化集成。

实际部署时, 在网关的选择方面存在一些分歧。厂商建议采用较为成熟的硬件网关解决方案, 但笔者认为软硬件分层解耦是未来趋势。专用设备将越来越少, 基于x86架构的统一承载是大方向。因此, 在部署SDN产品时, 特别关注对软件网关的考量。目前, 商用产品中VMware与阿朗均提供软件网关。华为因为仅提供对自家虚拟化产品的支撑, 适用范围比较局限, 因此暂不进行深入讨论。以阿朗提供的软件网关为例, 软件网关与硬件网关两种方案技术比较见表1。

从某资源池的实际部署结果看, 目前VRS-G组件仅适用于东西向物理网络与虚拟网络的连接, 作为SDN南北向网关, 其功能存在一定的局限性。由于仅支持静态路由协议, 租户之间的隔离只能依靠传统的VLAN区分, 达不到节省VLAN的效果。如果采用支持MPLSoGRE的硬件路由设备或支持VxLAN的路由设备作为SDN环境的南北向网关, 则能

满足资源池实际业务开展的需求。

相对而言, VMware的软件网关能够支持三层路由功能, 但其软件网关的性能尚需提高。

3 结束语

在云数据中心引入Overlay SDN技术, 可以解决网络资源的自动化部署及多租户网络隔离问题, 但是从实际应用效果看, 存在需要进一步改进的问题。

第一, 用户通过vCenter中的Nuage页面有权查看整个SDN, 并操作虚拟机挂接网络, 存在较大安全隐患。发生这种问题的原因在于, VMware对自家的SDN产品支撑力度会比较好, 与第三方SDN产品集成, vCenter为Nuage始终使用高权限用户账号, 导致Nuage无法区分调用用户的权限。未来, 如果云管理平台成熟, 由云管理平台为下层的计算资源管理、网络管理、存储管理统一提供集成的用户分权分域功能才能解决这个问题。

第二, VSP产品的分权分域分级管理功能不完善, 部分场景不满足云资源池多租户的管理要求。系统及Enterprise用户层面可以分权, Zone/Subnet层面不能分权。采用软件网关且压缩VLAN数量的前提下, 必须将租户对应Zone, 此时不满足云资源池多租户的管理要求。

第三, 作为一个商用系统, SDN产品的稳定性和灾难备份切换方式有待加强。目前VRS存在单点故障, 缺乏冗余保护机制, 对其运行状态的监控也是空白的, 一旦发生软件故障, 将造成其所在物理机的通信中断。建议增加故障时的旁路策略并开发脚本定期扫描VRS的状态以便及时发现故障。

参考文献

[1] 雷葆华, 王峰, 王茜, 等. SDN核心技术剖析和实战指南(M). 北京: 电子工业出版社, 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

黄瑾

硕士, 毕业于上海交通大学, 高级工程师, 主要研究方向为互联网技术、云计算、数据中心等。

数据中心机房不同封闭方案的热环境仿真模拟与分析

原世杰 谢 静

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 以某数据中心工程实例为研究对象,应用专业CFD模拟软件建立各方案的模型进行仿真模拟和分析,并定量计算评价指标数值。重点对比冷通道全封闭、冷通道部分封闭和热通道封闭的建设方案下机房内热环境及冷量利用情况。结果发现:靠近空调机组位置出风量明显较少;参照工况A,工况B、工况D的SHI指标分别降低97.1%和76.5%,进一步说明工况B条件更有利于冷量充分利用。

关键词 数据中心 空调系统 热环境 仿真模拟

1 引言

目前国内外专家学者及工程技术人员进行大量的节能研究探索,其中机房气流组织优化研究作为重要方向受到广泛的关注。机房内气流组织运行情况通过热环境呈现,在对热环境进行定性分析的基础上结合评价指标进行定量计算,可全面准确地研究机房的运行结果及冷量利用情况。

为合理控制机房气流运动路径,提高冷量利用率,工程上可采用的方案有冷通道全封闭、冷通道部分封闭以及热通道封闭。以上方案的改进和优化可以通过实测检验,也可以运用数值模拟这一方便快捷、高效准确的手段进行预测和探讨。

因此文中基于工程实例,建立4种工况条件的数值计算模型,进行计算求解及可视化输出并对模拟结果进行分析;讨论并分析地板格栅出风量、机柜不同高度平面温度云图等,从定性角度获得基于模拟结果的初步结论,后续计算评价指标数值并进行工况间的对比分析,为相关的工程实践提供一定的参考价值。

2 工程概况

下面以某电信运营商的某数据中心工程为研究对象进行数值模拟研究。该数据中心机房主体三层:一层主要为配电室、电力室及相关办公室等辅助性房间;二层为网络机柜机房及交换机设备机房;文中研究对象是位于三层的主机房,该机房由内墙分隔A、B两个区,其中B区为二期新建工程。根据实地调研的数据得知,该数据机房内布局的都是分布式存储系统设备,各台设备标称功率相同,考虑按95%的转化率计算整个机房的负荷。该机房设置5个门,无外窗,机房

总面积约为302m²,设有8列共计112台机柜,6台冷冻水型机房专用空调机组末端,单台制冷量89kW。采用冷热通道分离、架空地板下送风上回风的气流组织形式,架空地板高600mm,房间梁下净高3.6m。

3 数值模型建立及计算求解

3.1 研究工况设置

文中研究的建设方案包括:工况A,未采用任何封闭措施,为参照工况;工况B,冷通道全封闭;工况C,冷通道部分封闭(未设置封闭门);工况D,热通道全封闭。

3.2 数值模型建立

根据机房实际布局及空调系统设置情况建立物理模型如图1所示,按此图将机房内机柜列从左至右分别记为A、B、C、D、E、F、G、H列。总功耗460kW,围护结构传热量、人员及照明、相邻房间传热等因素引起的冷负荷指标取150W/m²,302×0.15=45.3kW。经计算,该机房总负荷为460×95%+45.3=482.3kW。

3.3 控制方程与计算模型

数据机房门等气密性良好,无外窗,机房内气流流动属于大空间流动问题,因此选用针对高雷诺数的湍流计算模型即标准k-ε模型,必然遵循最基本的质量守恒方程、动量守恒方程和能量守恒方程。

标准k-ε模型广泛应用于暖通空调领域,尤其是在室内热环境的数值分析问题中得到大量的应用。在k-ε两方程模型中只需要求解湍流脉动动能k和流动耗散率ε的两个方

程，湍流流动粘度可以用湍流脉动动能 k 和流动耗散率 ε 的函数表示。

控制方程及湍流方程条件作为后续数值模拟研究的理论基础，后续将全部基于该控制方程进行数值模型建立与计算求解。

4 数值模拟结果与分析

4.1 地板格栅出风量模拟结果分析

由地板格栅出风量仿真模拟结果可知，在各个工况下均表现出靠近室内空调机组末端的相应位置处，地板格栅的出风量明显低于其他位置。从理论上考虑是地板送风静压箱内由于沿着送风气流运动方向，气流运动速度逐渐发生一定程度的衰减，因此气流在相对送风的空调机组由近及远的运动过程中，气流的动压减小。在总压恒定的情况下，静压随之增大，因此随着气流的流动方向出风面出现一定规律的变化，表现为孔板出风量随流动进程方向增加，这就引起机组近端出风流量较少，最终形成冷量供应不足的问题。这是机房建设及运行维护过程中可能会出现的问题，需充分引起机房设计及运营管理的注意。

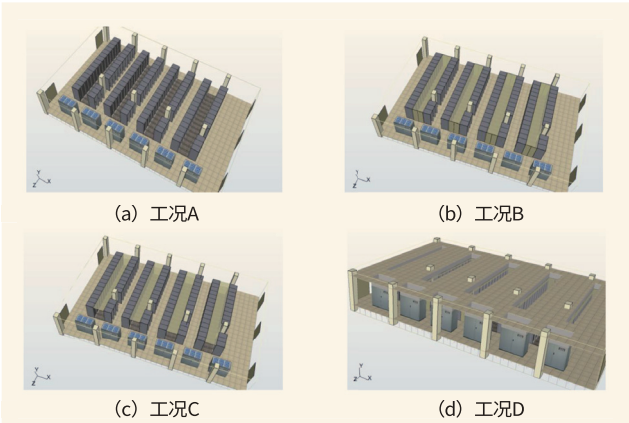


图1 不同工况下的仿真模型

4.2 机房温度场及气流组织模拟结果分析

为充分涵盖机房内不同层面的温度分布结果，数值模拟研究在平行于地面的平面取两个主要平面位置：机柜半高平面，接近研究人员感官直接感受的高度位置；机柜顶部平面（距机柜顶面向下0.2m），主要是为了评测机房回风气流层面的温度场。综合机柜中部、机柜顶部平面位置温度场可清晰呈现机房水平方向的热环境。机房内垂直于地板平面的主要立面包括：布局在冷通道内2个立面，布局在热通道内1个立面。上述平面及立面位置基本涵盖机房的主要平面位置，可对机房内热环境做科学有效评价。

对于上述两个分析平面，机柜顶部平面是最接近回风温度的平面，分析该平面可以判断是否存在热气流直接回流，判断是否存在冷气流未被利用而直接顺着热气流返回室内空调机组末端。直观上工况B、工况D条件下温度分布比较均匀；工况D条件下，热气流的运动比较局限，冷气流运动比较自由，能够充分与机房内的环境空气进行热交换。

本研究取机柜半高位置以及几个主要立面位置。平行于机柜的距左侧墙面3.6m处立面（A、B列间冷通道内距A列机柜正面0.5m位置），9.6m处立面（D、E列间热通道内距E列机柜背面0.5m处），16.2m处立面（G、H列间热通道内距G列机柜背面0.5m）。垂直于机柜的立面：空调机组近端（Z=9.6m位置平面），机柜中部（Z=6m位置平面），空调机组远端（Z=1.8m位置平面）。综合4种工况数值模拟结果归纳一般性结果：中部几列机柜周围环境温度相对较高，机房两侧位置相对较好；相对参照工况A，工况C的改善热环境的效果不明显；重点对比工况B、工况D的温度场结果云图可以发现，封闭冷通道内温度明显低于周围热环境，而工况D由于热气流运动局限在热通道内使热通道内温度较高而机房整体环境温度保持较低且均匀。相对于工况B，工况D机房机架所处的环境温度整体较低，后续进行评价指标计算分析。

表1 机房整体气流组织评价指标归纳对比

评价指标	SHI(Supply Heat Index)	RHI(Return Heat Index)	RCI(Rack Cooling Index)	RTI(Return Temperature Index)
指标名称	供热指数	回热指数	机架冷却指数	回风温度指数
定义式	$\frac{\delta Q}{Q+\delta Q}$	$\frac{Q}{Q+\delta Q}$	高值： RCI_{Hi} 低值： RCI_{Lo}	$\frac{T_{return}-T_{supply}}{\Delta T_{equipment}} \times 100\%$
意义	冷通道内送风在进入IT设备之前与周围热空气的混合程度	热通道内回风在进入空调机组前与周围冷空气的混合程度	描述机架进风温度在ASHRAE标准规定的高(HI)低(LO)温度区间内的分布状况	IT设备和机组的平均进排风温差来评价机房的热环境和冷却系统效率
数值说明	越趋近于0，表明机架平均入口温度越接近空调送风温度，越大则冷热气流掺混越多	越趋近于1，表明冷热气流混合较少，送风冷却效率越高	1为最理想，越偏离1，表明整体进风状况偏离标准越远	若>1，则机架以热空气回流为主（重循环），反之以冷空气短路为主，偏离1越远，气流组织越差

注： δQ 为冷气流从地板送风口到服务器机柜进风口处所吸收的热量，单位kW， Q 为冷气流在机柜中用于冷却服务器所损失的冷量，单位kW； T_{return} 为空调机组回风温度值， T_{supply} 为空调机组进风温度值， $\Delta T_{equipment}$ 为IT设备平均进排风温差，单位K

表2 各评价指标计算结果

比较项	工况A	工况B	工况C	工况D	平均E
SHI	0.068	0.002	0.027	0.016	0.028
RHI	0.931	0.999	0.972	0.984	0.972
RCI_{PH}	100%	100%	100%	100%	100%

5 评价指标计算及意义

5.1 热环境评价指标

SHI是衡量热空气（包括机柜排风和空调回风）进入冷通道后对机架进风温度影响程度的指标，就是冷通道内送风在进入IT设备之前与周围热空气的混合程度。该评价指标的数值越接近于零，说明冷热气流混合强度越小，意味着机架的平均进风温度越接近空调送风温度，同时能够说明机房内热环境评价水平越高。

RHI是衡量冷空气（冷通道送风和空调漏风）进入热通道后对空调回风温度影响程度的指标，反映热通道内回风在进入空调机组前与周围冷空气的混合程度。指标数值越接近1，说明混合强度越小，送风冷却效率越高。理想状态下，存在关系 $SHI+RHI=1$ 。机房整体气流组织评价指标归纳对比见表1。

5.2 评价指标计算结果分析

各评价指标计算结果见表2。

分析表2数据可得：充分考虑对于数据中心受到广泛采用的SHI、RHI指标，综合判断得出工况B、工况D条件下机房内的热环境相对较好。相对于参照工况A，工况B、工况D的SHI指标分别降低 $(0.068-0.002)/0.068 \times 100\%=97.1\%$ 和 $(0.068-0.016)/0.068 \times 100\%=76.5\%$ 。根据前文中对该指标数值意义的分析，数值越小表明机架平均入口温度越充分接近送风温度，送风冷量得到充分利用。工况B机架入口温度控制的较好，充分接近机房的送风温度，可初步判断其热环境最佳，进一步证实前文对数值模拟结果定性分析的结果。其次，分析反映单个机架的评价指标RCI，该指标依据一定的行业标准划分为高值和低值两个数值结果作为评价。其中，该工程经计算得出， RCI_{PH} 均为100%。参考前文关于评价指标的数值意义的分析，该数据结果说明该工程所研究的4种建设工况均未发生机柜过热的问题，机柜处于正常的工作温度范围内。

6 结束语

从地板格栅出风量情况及地板静压箱的计算结果显示

机组近端出风流量较少，冷量供应不充分。由于空调机组近端风口和远端风口出风状态会随着架空地板高度的不同而不同，因受到架空地板600mm高度的限制，架空地板下静压箱断面风速未在理想值范围内，故空调机组近端风口出风不足。这一点在各工况条件下均有体现，建议该工程需注意改进合理的架空地板高度。

机房内温度场及热环境是机房气流组织的直接反映。通过对机柜顶部、中部位置平面以及部分冷热通道内立面温度场平面的结果分析得出：热环境按工况A、C、B、D顺序改善。观察环境温度结果可知：机房中部位置的机柜环境温度相对较高，两侧位置相对较低；封闭通道内温度场稳定，冷热通道分离同时适当采取封闭措施有利于机房气流组织均匀；相对工况B，工况D热气流运动局限在热通道内，冷气流运动自由；各工况下机组近端位置环境温度具有不稳定性。

工况B和工况D在工程实践上均有应用。工况D将热气流运动局限在热通道内，机房环境温度较低。但需布局热回风路径成本相对较高，同时必须保证不漏风，一旦漏风将会造成冷空气短路，导致冷量浪费；工况B流线清晰，冷气流先进入机柜内冷却设备后回到机组；结合SHI、RHI等评价指标计算可得工况B方案更好。

评价指标的计算结果表明各列机架间存在较大的差异，即使是同列机架，不同位置处亦存在差异。 RCI_{PH} 均为100%，说明4种工况均未发生机柜过热的问题。相对于参照工况A，工况B、工况D的SHI指标分别降低97.1%和76.5%，进一步说明工况B条件更有利于冷量充分利用。

参考文献

- [1] 谷立静,周伏秋,孟辉.我国数据中心能耗及能效水平研究[J].中国能源,2010,32(11)
 - [2] 陈修敏,张九根.数据中心机房空调系统设计及气流优化分析[J].流体机械,2014(11)
 - [3] 舒庆鑫.变电站数据机房能耗及气流组织模拟研究[D].杭州:浙江大学,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

原世杰

硕士，毕业于南京师范大学，从事IDC机房空调系统设计、研究工作。

谢静

毕业于河北建筑工程学院，高级工程师，长期从事大型数据中心的的研究、规划和设计咨询工作。

数据中心空调冷冻水补水定压系统计算

穆正浩 孙 颖

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

大型数据中心多采用冷冻水型空调系统,其系统的膨胀、补水及定压是十分重要的环节,且与民用建筑空调系统的膨胀、补水及定压设计有所不同,需要因地制宜进行计算和校核。同时,综合比较开式水箱和气压罐两种定压方式在数据中心空调系统中的应用,选择合适的系统方式。

关键词

膨胀水箱 气压罐 调节容积 水容量

1 引言

当前,数据中心的建设正处于一个蓬勃发展的时期,由于数据中心的发热量巨大,因此冷却系统是保证其正常运行的重要部分。现阶段大型的数据中心空调多采用冷冻水系统,主要由冷水机组、冷却塔、水泵、输配管道及定压补水设备等组成,主要消耗的资源为水和电。空调冷冻水系统的运行可靠性成为大型数据中心建设中十分重要的一个节点。

可靠的空调冷冻水循环系统,其压力工况必须满足系统不汽化、不倒空、不超压及系统循环动力的要求,保证设备和管路的安全及系统的正常运行。常规的空调冷冻水系统属于闭式系统,由于运行过程中可能会发生局部负荷不均匀,而引起水力分布不均;或者设计时选用的循环水泵的流量、扬程与系统所需不匹配,而引起回水能力不足或者流速过大,可能会造成系统最高点的末端压力小于该点所处温水的饱和压力,即水会汽化。水一旦汽化,就会阻断系统中水的循环,影响换热效果,严重时会产生水击而破坏系统的管道、水泵和阀门。因此,空调水系统中一定要设置补水、定压装置。

在空调冷冻水系统中,通常选用开式高位膨胀水箱、闭式隔膜膨胀水罐(落地式膨胀水箱)或补水泵变频定压,膨胀管接至定压点。

2 补水、定压和膨胀的理论计算

无论何种定压设备,主要的功能作用均包括补水功能、定压功能和膨胀功能。

2.1 补水量的计算

水系统的补水通常遵循的原则如下。

循环水系统的补水点需设在循环水泵的吸入侧。系统的小时泄漏量可按系统水容量 V_c 的1%计算,系统补水量取系统水容量 V_c 的2%,即补水量应为小时泄漏量的两倍,补水量和泄漏量都和系统水容量 V_c 有密切的关系。

循环水系统需软化处理,数据中心的空调系统属于单冷系统,可采用电磁水处理器。补水软化处理系统宜设软化水箱,补水箱的贮水容积一般按补水泵小时流量的0.5~1.0配置(系统较小时取上限,较大时取下限)。

2.2 系统水容量 V_c 的计算

系统水容量 V_c 的计算一直是空调系统设计工作中一个较为繁琐的节点,为了简化设计工作,空调设计手册中给出按照空调建筑的规模估算系统水容量 V_c 的方法,具体见表1。

需要注意的是,空调设计手册中给出的数值是适用于民用建筑的经验估值,数据中心空调系统的水容量要远远大于此值,所以还需要详细地计算水容量。以一座装机容量3800冷吨的制冷机房为例。

经过详细的统计,该制冷机房内冷冻水管道的总长度约890m,最大的管道尺寸为DN500,最小的管道尺寸为DN300,管道中的水容量为174m³。

设备中贮存的水容量合计为83.6m³,具体统计如下:离心冷水机组的蒸发器水容量52.5m³;板式换热器的水容量18.9m³;循环水泵的水容量2.8m³;分集水器的水容量9.4m³。另外,蓄冷罐的蓄水体积根据蓄水时间的不同会有差别,该制冷机房蓄冷15min,总蓄冷水量为420m³。

制冷机房外部的空调供回水立管、末端设备等的水容量需经详细统计,不一一列出。综上,该项目空调系统总的水

表1 系统水容量Vc估算

系统水容量 (L/m ² 建筑面积)		
运行制式	系统形式	
	全空气系统	空气-水系统
供冷	0.4~0.55	0.7~1.30

容量为854m³，而该项目的空调建筑面积为10000m²，折合成设计手册中的单位面积系统水容量为85.4L/m²，约是手册中民用建筑0.7L/m²的120倍，所以应注意数据中心空调冷冻水系统与民用建筑的不同之处。

2.3 系统工作压力及定压的要求

数据中心的空调系统正常运行时，系统各处的压力并不相同，为了满足系统的正常运行，需要先确定系统的工作压力。通常情况下，只需要确定系统工作时压力最大处的工作压力即可。

数据中心的制冷机房一般布置在地下层或者建筑物的底层，机房内冷冻水循环泵出口处的压力为全部系统的最大处，循环泵出口处的压力=静水压力+循环水泵的扬程，静水压力又为系统物理高度。以上述空调系统为例，系统物理高度为40m，循环水泵的扬程为45m，机房内冷冻水循环泵出口处的压力为全部系统的最大处，循环泵出口处的压力为85m，即 $P_{0max}=0.85\text{MPa}$ 。可以将系统压力最大点，即水泵出口处，定义为系统的最大工作压力，即0.85MPa。另外，为了便于冷水机组、水泵等大型空调设备的设备承压选择，以及无缝钢管的承压选择，设备的承压选择为1.0MPa，考虑到数据中心的管道泄漏和阀门的故障率较高，将管道和阀门的承压定义为1.6MPa。

这里要注意区分系统的最大工作压力和系统定压点工作压力的区别。以上述空调系统为例，空调系统的定压点一般选择在水系统的最低点，同时，循环水泵往往会处于系统的最低处，于是把定压点一并选择在水泵的入口处。该点在循环水泵停泵时压力最小，即为静水压力高度40m，同时考虑1m的裕量，即 $P_{0min}=0.41\text{MPa}$ ；该点的最大压力为静水压力高度40m，加上水泵扬程克服管网全部阻力后的数值，由于管网全部阻力难以量化，按照水泵扬程克服管网全部阻力后还有20m的剩余扬程需考虑，这样该点的最大压力为0.61MPa，这个数值一般定义为系统定压点压力 $P_0=0.61\text{MPa}$ 。

系统定压点定义在水泵吸入端，这样做一方面可以保证整个系统无论工作还是停运，各点的压力都会超过大气压力，系统不会出现负压，以致引起汽化现象或空气吸入，保证系统的可靠运行。另一方面，可以避免系统各点动压变化

对定压设备的影响，以保证冷水、冷水机组等设备在系统运行时，所承受的压力均在设计时选用的合理承压范围之内。

2.4 膨胀水量的计算

空调水系统膨胀问题的本质是不同温度的水的密度和体积不同。纯水在4℃时密度最大，为 $1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ；温度越高，密度越小，体积越大。

空调设计手册中对于空调水系统的膨胀水量的计算见公式(1)、公式(2)。

$$V_p = V_s \times (1 - \rho_0 / \rho_m) \quad (1)$$

$$\rho_m = (\rho_s + \rho_r) / 2 \quad (2)$$

V_p ，系统最大膨胀水量，单位为m³； V_s ，系统水容量，单位为m³； ρ_0 ，水的起始密度，单位为kg/m³，可取水温 $t_0=35^\circ\text{C}$ 时对应的密度值； ρ_m ，系统运行时水的平均密度，单位为kg/m³； ρ_s ，设计供水温度下的水密度，单位为kg/m³； ρ_r ，设计回水温度下的水密度，单位为kg/m³；

以上述制冷机房为例，冷冻水供回水温度取9/15℃，按公式(1)、(2)计算，系统的膨胀水量为4.67m³。需要思考的是，公式(1)中水的起始密度 ρ_0 取水温 $t_0=35^\circ\text{C}$ 时对应的密度值，这是考虑到民用建筑空调系统的开关与建筑内人员的使用时段相关。白天建筑内人员活动较多，空调系统正常运行；夜间建筑内人员活动较少，空调系统往往关闭。对于系统内的载冷剂——水来说，存在一个从系统运行时的温度12℃升温到环境温度35℃的变化过程，夜间水温升高，水系统会膨胀，白天则相反，每天往复变化。

不过数据中心的空调系统没有如此频繁的变化。随着数据机柜的安装就位，空调系统每天24h正常运行，水系统的温度变化只是从供水温度9℃变为回水温度15℃。假定这种变化以50%的水容量为分界，则系统的膨胀水量为0.58m³，这比按照环境温度35℃计算得出的膨胀水量4.67m³要小8倍。所以，数据中心空调系统的膨胀设备只要在初调试阶段和中期大规模检修阶段做好临时性水的膨胀准备工作，正常运行时是不需要大型膨胀设备的。

3 开式水箱

开式水箱作为系统膨胀、补水及定压设备，在暖通空调水系统中应用较为普遍，尤其应用在中小型的系统中，具有设备简单，控制方便，水里稳定性好，初投资低的优点。

膨胀水箱的安装高度，一般需高出系统最高点1m以上。安装水箱时，下部需做支座，支座长度应超出底板100~200mm，其高度应大于300mm，支座材料可用方木、钢筋混凝土或砖，水箱间外墙应考虑安装用于留空洞。膨胀水箱上的配管有膨胀管、信号管、溢水管、排水管和循环管等。从信号管

至溢出水管之间的膨胀水箱容积，就是有效膨胀容积。

膨胀水箱的有效容积 $V\text{ (m}^3\text{)}$ 的计算见公式(3)。

$$V=V_t+V_p \tag{3}$$

V_t ，水箱的调节容量，单位为 m^3 ，一般不应小于3min平时运行的补水泵流量，且保持水箱调节水位高差不小于200mm；补水泵每小时流量不小于系统水容量的5%，即系统补水量的2.5倍；

V_p ，系统最大膨胀水量，单位为 m^3 。

以上述空调系统为例，水箱的调节容量 V_t 为 2.14m^3 ，系统最大膨胀水量若按 4.67m^3 选取，则膨胀水箱的有效容积 V 为 6.81m^3 ，参照国标图集《03R401-2 开式水箱》选取一台 8m^3 的标准方形水箱。见表2。

假如系统最大膨胀水量按 0.58m^3 选取，则膨胀水箱的有效容积 V 为 2.72m^3 ，初调试阶段和中期大规模检修阶段水的膨胀，可以通过设置一根溢流回流管的方式解决，使膨胀出系统的水回流到软化水箱内，以便后期使用。溢流回流管的尺寸可根据系统的温升和膨胀速度计算获得。估算情况下膨胀水箱的补水管管径DN25，膨胀管管径DN80，溢流回流管大于膨胀管一级，取DN100。

复核计算系统的温升和膨胀速度。在初期调试阶段，空调系统从环境温度 35°C 降温到供回水平均温度 12°C ，4台950冷吨的离心冷水机组全开，需要约3h，膨胀水箱DN25的补水管补水量满足要求。在中期大规模检修阶段，假设所有设备停运，系统从供回水平均温度 12°C 温升至环境温度 35°C ，通过计算管道温升和设备、盘管冷损失，需要1~2天的时间，系统膨胀水量 4.67m^3 ，DN100的溢流回流管满足使用要求。

4 气压罐加补水泵定压

气压罐定压适用于对水质净化要求高、对含氧量控制严格的空调循环水系统，气压罐定压的优点是易于实现自动补水、自动排气、自动泄水和自动过压保护，缺点是需要设置闭式水罐，且一般配合变频补水泵使用，初期设备投资较高。

4.1 气压罐的容积计算

气压罐的实际体积 $V\text{ (m}^3\text{)}$ 的确定见公式(4)、公式(5)。

$$V \geq V_{\min} = \beta \times V_t / (1 - \alpha) \tag{4}$$

$$\alpha = (P_1 + 100) / (P_2 + 100) \tag{5}$$

$V_{\min}$ ，气压罐的最小容积，单位为 m^3 ； V_t ，气压罐的调节容积，单位为 m^3 ，该值可按膨胀水量估算且不小于3min补水泵的循环流量； β ，容积附加系数，隔膜式气压罐一般取0.5； P_1 、 P_2 ，补水泵的启、停压力，单位为kPa； α ，启停附加系数，是影响综合评价气压罐容积和系统最高运行工作压力等因素的重要指标，设计手册中经验表明通常在0.65~0.85之间。该值越大，说明启泵压力和停泵压力相差越大，需要的气压罐体积越大，即通过水泵调节的比例越小，需要通过气压罐调节的比例越大。

4.2 “4个压力值”的计算

关于气压罐定压的方式，有4个重要的压力值。

补水泵的启动压力 P_1 ，需满足系统定压点的下限要求，并增加10kPa的裕量；

补水泵的停泵压力 P_2 ，一般取 $P_2 = 0.9P_3$ ；

膨胀水量开始回流补水箱时电磁阀的开启压力 P_3 ，取 $P_3 = 0.9P_4$ ；

安全阀的开启压力取 P_4 ，一般以确保系统的工作压力不超过系统内管网、阀门、设备等的承压能力为原则，一般定压点处的设计工作压力取 P_0 。

4.3 实际案例

以上述空调系统为例，系统定压点即系统最低点水泵的入口处，设计工作压力 P_0 为0.61MPa，“4个压力值”分别为：补水泵的启动压力 P_1 为0.42MPa，补水泵的停泵压力 P_2 为0.494MPa，膨胀水量开始回流补水箱时电磁阀的开启压力 P_3 为0.549MPa，安全阀的开启压力取 P_4 为0.61MPa。

系统膨胀水量按照 0.58m^3 ，调节容积 V_t 按膨胀水量的1.5~2.0倍，取 1.0m^3 ，气压罐的实际体积为 1.46m^3 ，取 1.5m^3 。

补水泵的扬程 H 取补水泵启停压力的算术平均值，即0.547MPa，复核计算需同时保证补水压力比系统补水点的最低压力高30~50kPa， $547 - 410 = 137\text{kPa}$ ，满足要求。

补水泵的总流量不小于系统水容量的5%，为 $42.7\text{m}^3/\text{h}$ 。这里需要注意的是，数据中心补水泵的总流量远远大于民用建筑的空调系统补水泵，建议补水泵的水量设置多一些。这

表2 8m³的标准方形水箱

公称容积	有效容积	箱体尺寸			钢板厚度			底部支座			重量		
		长	宽	高	顶	底	壁	边距	间距	数量	水重	箱重	总重
		L	B	H	S2	S	S1	C	C1	n			
m^3	m^3	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg
8	8.1	2800	1800	1800	4	6	6	500	900	3	8000	1628	9628

(下转107页)

数据中心冷源自控系统设计

奚伟东

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

阐述数据中心冷源自控系统的组成及其控制方式与逻辑,分析数据中心冷源自控系统的设计要点及某些容易被忽视的环节,并提出相应的解决方案。

关键词

数据中心 冷源 自控系统 设计

1 引言

数据中心冷源自控系统对冷水机组等机电设备进行节能控制和能效管理。系统采用动态规划控制策略,采集系统的温度、压力、流量、电流等参数,自动调整运行参数,调度各设备到最佳运行点,最大限度节约系统运行能耗。同时,系统实时采集和记录各设备的能耗状况,对系统能耗进行动态计算和分析,并通过节能管理软件对历史数据进行分析,为优化系统运行策略和运行参数提供决策支持。

2 数据中心自控系统组成

DDC (Direct Digital Control, 直接数字控制) 通常称为DDC控制器。DDC系统的组成通常包括中央控制设备(集中控制电脑、彩色监视器、键盘、打印机、不间断电源、通信接口等)、现场DDC控制器、通信网络,以及相应的传感器、执行器、调节阀等元器件。空调自控系统对由冷水机组、冷冻水循环泵、冷却塔风机、自然冷源系统及相关辅助设备组成的冷源系统进行远程/现场监控,并根据系统冷负荷的需求变化自动调整系统的运行流量和冷水机组、水泵、冷却塔风机的运行台数,实现系统的节能运行。各设备(包括冷水机组、循环水泵、冷却塔等)的配电柜配置远传电能表,远传电能表均支持带RS485通信接口,并能远传电度量等能耗参数,空调能效管理系统通过电表的通信接口实时读取各设备的能耗参数。冷水机组必须提供开放式带标准技术协议(Bac.net mstp)的控制盘,冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔风机等采用变频控制技术,水泵控制柜带变频器和远传电能表。

由于水冷空调系统定流量控制存在很大的能源浪费,

因此在水冷空调系统中宜采用变流量控制。根据空调工艺要求预先在自控软件内设置好所需的参数,通过对水冷空调系统中流量、压力、温度等参数的采集,再根据末端负荷的大小,通过模糊运算得到与之对应的控制参数。再通过这些控制参数的变化,利用变频技术实时调节水泵、风机等设备的转速,改变水冷空调系统中的流量、压力、温度等参数,使整个空调系统始终处于最高效的运行状态。因此只有当水冷空调系统与自控系统相结合之后,水冷空调系统在大型数据中心机房中的节能优势才会真正发挥出来。

3 数据中心冷源自控系统控制方式与逻辑

冷源自控系统控制逻辑一般涉及以下几个方面:机组加机、机组减机、机组保护功能、一次泵变频及台数控制、冷却塔控制、冷却水变流量节能控制、自然供冷FreeCooling控制及末端控制等。具体如图1所示。

3.1 机组加机

当系统末端负荷增加,系统末端的压差会有相应的减少,控制系统接收到相应的压差变化,调节水泵的频率,增加一次变频泵的水量。由于离心式冷水机组能够接受40%~120%的水量变化(实际应用中推荐为50%),即一次水泵的流量可一直增加到120%,因此满足系统负荷增加的需求。同时由于离心机组能够锁定出水温度,当冷冻水量上升时,离心机组感应到水量的变化,此时离心机组根据自身负荷调节能力加载制冷负荷。当该台冷冻机的系统负荷上升到其电流百分比%FLA的95%时(可调),控制系统启动另外机组加机延时5min(可根据实际情况调整),在这启动延时

期后, 如果 $\%FLA > 90\%$, 且 $K1 > 200$ ($K1 = (\text{冷冻水出水温度} - \text{冷冻水出水温度的设定值}) / 0.0015$), 则说明单台机组和水泵的满载运行已不足以满足系统负荷值, 且冷冻水出水温度不会稳定在设定值上, 此时需要开启第二台机组。当确定需要加载冷水机组时, 为了避免加载时由于水流波动造成保护性停机, 需先将正在运行机组的制冷量降到额定制冷量的50%, 调整旁通阀流量设定值, 然后开启一台冷水泵, 逐渐 ($2 \sim 3\text{min}$) 打开加载冷水机组的隔离阀, 待隔离阀全开时, 开启加载冷水机组, 解除制冷量限定。

3.2 机组减机

当系统负荷变小时, 末端的压差增加, 总的回水温度会相应降低, 蒸发温度也降低。首先机组会降低自身的制冷能力来适应变化, 当已运行机组降低的制冷量总计达到单台机组的最大容量时, 说明可以减少运行机组, 让剩下的运行机组提高制冷量运行在较高负载工况下 (由前面机组特性知道, 机组在较高负载下可以有较好的能效比)。在不同的运行台数下, 用以判断减少机组的 $\%FLA$ 是不同的。如果 $\%FLA < \text{减机的}\%FLA\text{设定值}$, 且 $K2 > 200$ ($K2 = (\text{冷冻水出水温度的设定值} - \text{冷冻水出水温度}) / 0.0015$) 时, 则说明可以减少机组来满足系统负荷值, 冷冻水回水温度不会稳定在回水温度设定值上。这样选定需要停止的机组关闭, 经过一定时间后, 关闭其辅助设备。当频率降低到极限值时, 程序控制继续卸载离心机组并关闭其相关附件。

设定冷冻水回水温度值, 当 $K2 \geq 200$, 同时冷冻机组的电流百分比 $\%FLA < \text{减机的}\%FLA\text{设定值}$ 时, 停止一台运行机组。

3.3 机组的保护功能

制冷机蒸发器最小流量保护: 每台制冷机组的冷冻水管上均安装水流流量计, 准确显示实际经过蒸发器的流量, 避免水流低于机组允许的最小流量值。当只有一台冷冻水泵在最低负荷运行, 且监测到干管流量小于制冷机允许的最低流量时, 压差旁通阀将打开。

制冷机冷凝器最小流量保护: 当只有一台冷却水泵在最低负荷运行, 或者检测到的冷却水干管流量小于制冷机的最低流量要求时, 冷却水泵频率将不再调节, 以保证制冷机组冷凝器水流量不会低于设备允许的最小流量值。

3.4 一次泵变频及台数控制

一次变频泵根据自身控制特点先行调节系统流量供应, 当系统流量变化调节不足以满足系统负荷变化的需求时, 再通过群控系统对离心机组进行相应的加减以满足负荷的需求。

在一次泵变流量控制系统中, 当系统流量减少时, 控制系统要严格监控系统流量的变化, 以防止一次泵进水流量无法维持机组的正常运行而导致离心机组的不正常停机。一旦系统流量不足, 系统旁通阀应立即开启, 补充水量以满足系统最低水流量的需求。

当系统中有水泵出现故障时, 备用系统自动加载, 维持水系统的稳定。在末端设置压差传感器, 通过感测压差和流量调节水泵运行的频率和台数控制。当冷负荷变大时, 空调系统末端设备的控制阀开启, 压差下降, 为了维持压差恒定, 保证系统运行, 冷冻水泵控制器增加水泵转速以增大流量; 相反, 当冷负荷减少时, 空调系统末端控制阀关闭, 压差上升, 为了维持压差恒定, 保证系统运行, 冷冻水泵控制器减小水泵转速, 以减小流量。同时, 冷机独立开启或关闭以适应冷负荷变化。如果空调系统末端设备正常工作, 送回水温差应保持恒定; 如果送回水温差变化超过设定范围, 系统控制备用冷机投入运行, 保证水温恒定。

3.5 冷却塔控制

控制系统根据冷却塔出水温度自动控制冷却塔风扇的开启台数, 尽量在允许的范围内降低冷却塔出水温度。根据冷却塔供水温度控制冷却塔开启台数, 保证冷却水温度控制的准确性, 冷却塔的风扇可轮流开启、自动排序、自动投入。

冷却塔水盘应有液位传感器监控以确保冷却塔内的冷却水水位。当水位开关监测到塔内液位低于或高于设定值时会发出报警信号, 提示操作人员第一时间给出相应的解决措施。

系统根据室外温湿度计算湿球温度 T_{wet} , 而通过冷却塔通风换热冷却水供水温度可以达到 $T_{wet} + \Delta t^{\circ}\text{C}$ (通常取 3°C 的温差为参考值), 故以 $T_{wet} + \Delta t^{\circ}\text{C}$ 作为冷却水温度的控制设定值 T_{dcwt} , 尽量使冷却水供水温度达到或接近该设定值, 系统同时对冷水机组的冷却水进水温度进行监视。

3.6 冷却水变流量节能控制

冷却水采用变流量的定温差控制法, 即控制冷凝器内冷却水的进出水温差保持不变, 使流量随负荷成等比例变化。在冷却水进水管上各安装一个温度传感器, 温度传感器测取冷凝器两端的温度, 将此温度信号传给控制系统, 并计算两者之差, 将计算的温差与系统设定温差进行比较, 以控制水泵转速和流量。若比设定值大, 则通过变频器调节水泵电机, 增加水泵转速, 增大冷却水流量。反之, 降低水泵转速, 减少冷却水流量。当系统处于部分负荷, 冷却水温差较小时, 降低水泵转速以保持 5°C 温差。实际上, 为避免水泵频繁变速, 通常在某一区间 (如 $4 \sim 6^{\circ}\text{C}$) 内变化。为了保证水流量不低于最小流量, 设定频率下限, 通常在 30Hz 以上。

3.7 自然供冷FreeCooling 控制

当室外湿球温度低于5℃时（可调），启动自然冷却冷源系统，设于自然冷却冷冻水系统热交换器上的电动控制阀会开启，15℃冷冻水经热交换器进行热交换后降至9℃，将其送至末端使用。

当自然冷却塔的冷却水出水温度高于8℃时，系统显示自然冷却系统报警，并切换到冷冻机组冷却系统。

在中央制冷系统控制屏需设有遥控的开关选择掣，以操控有关水泵、冷却塔及所有相关的电动阀门及设备。同时，各有关设备的操作状态需显示在中央制冷系统控制屏的仿真显示板上。中央控制屏需同时设有声光显示警报装置和试验及复位按钮，以便系统设备发生故障时，能发出声光警报信号。

3.8 末端控制

控制器采集末端压差信号，根据最不利点的压差调节冷冻水泵频率，保证最不利末端的负荷需求。

4 数据中心冷源自控系统的设计注意事项

自动控制是指在没有人直接参与的情况下，利用外加的设备或装置使机器、设备或生产过程中的某个工作状态自动按照预定的规律运行，自动控制是相对人工控制概念而言的。水冷空调能效管理系统对水冷空调冷源设备进行节能控制和能效管理。系统采用动态规划控制策略，采集水冷空调管路系统的温度、压力、流量、电流等参数，与自控软件中空调工艺预设的参数进行比较，自动调整运行参数，调整各设备到最佳运行点，最大限度节约系统运行能耗。同时，系统实时采集和记录各设备的能耗状况，对系统能耗进行动态

计算和分析，并通过节能管理软件对历史数据进行分析，为优化系统运行策略和运行参数提供决策支持。

数据中心机房发热量大、高能耗，因此在运行过程中对空调冷源系统的连续性提出更高要求，一旦冷源系统出现故障，停止供冷后数据中心机房在数分钟内的升温就足以让设备宕机，因此数据中心机房冷源系统的安全性、连续性较常规的楼宇中央空调系统更加重要，必须要做到万无一失。下面就数据中心机房自控系统在方案（可研）、设计及施工几个阶段需注意的问题进行探讨。

4.1 数据中心冷源自控系统方案阶段

在数据中心项目方案阶段，确定开关量输入输出点（DI/DO）、模拟量输入输出点（AI/AO）的数量成为自控系统估算组成的一个重要指标，冷源系统自控方案的估算和系统所需的DI/DO、AI/AO数量直接相关。不同的设计方案，自控系统的估算会相差很大。由于数据中心对冷源系统可靠性的要求远远高于通常使用的中央空调系统，因此有必要在项目方案阶段对数据中心冷源系统在运行过程中可能出现的各种非常规状况做好应对策略，由此自控系统根据空调工艺要求设计所需的输入输出点（DI/DO、AI/AO）可能会成倍增加，通过对各种非常规状况的应对解决来保障冷源系统的安全运行。

4.2 数据中心冷源自控系统设计阶段

由于数据中心冷源系统的重要性，在项目设计阶段，设计人员有必要对冷源系统在各种故障状态下的运行模式做详细深入的了解，模拟各种故障发生时评估自控系统对整个

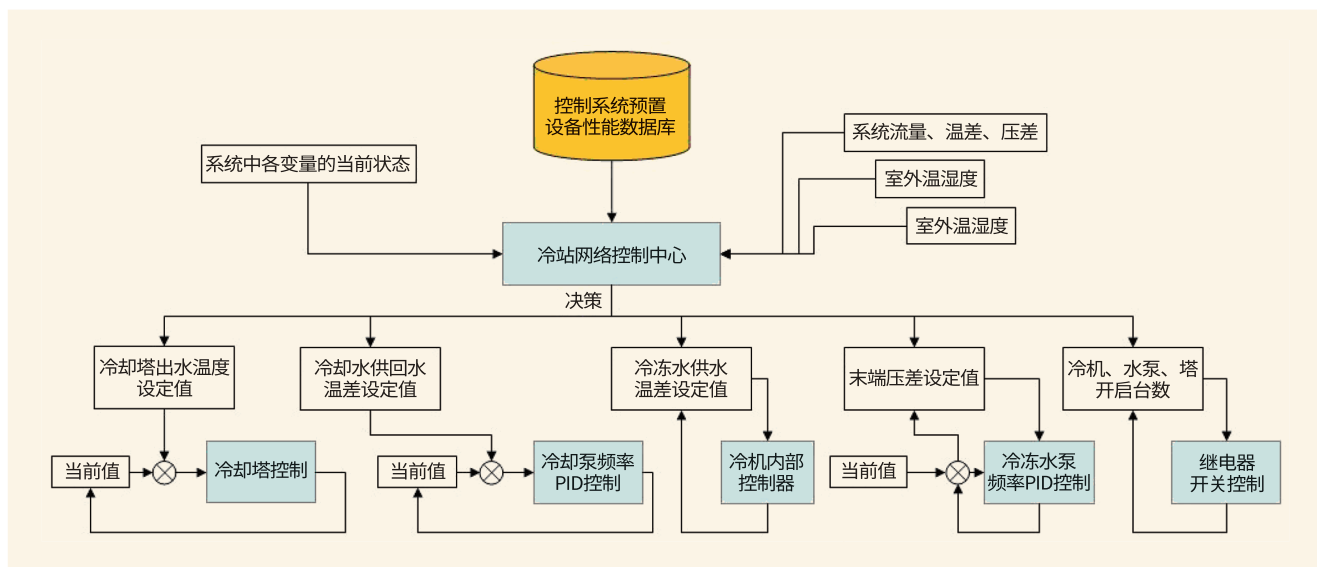


图1 冷冻系统控制逻辑示意

冷源系统所产生的变化,并作出适当的调整,以满足数据中心对冷源系统的特殊要求。冷源系统的理想工作状态是根据末端IT设备的负荷实时调节其制冷量,使其始终保持最节能的工作状态。当冷源系统出现任意故障时发出报警信号,而且能够保持原有的制冷工作状态,不发生整个冷源系统停止供冷的情况,因此必须使所有设备(包括冷水机组、水泵、冷却塔及电动阀门)均保持原来的工作状态。当DDC控制器发生断电(闪断或2路市电之间切换)故障时,断电瞬间DDC就会停止工作,如果按照通常楼宇中央空调系统的做法(每台设备开启只算一个I/O点,即单点控制),“单点控制”的意思就是DDC长期持续发出一个“开”的指令。当DDC突然停电时,末端设备默认收到一次指令(开启的电动阀门会关闭,运转的水泵会停止),整个冷源系统就会停止运行,所以此时在计算系统I/O点数时都应按双点计算,即每次设备动作(开关或启停)必须由DDC发出一次指令才会动作;当DDC控制器断电时,不会默认发出“关”命令。另外为确保DDC控制器始终处于工作状态,要给DDC控制器及其终端设备配置UPS(不间断电源设备),并且根据水冷机组的重启动特点,还需给冷水机组配备一定容量的UPS电源给主机快速启动模块供电,以确保冷源系统在自控模式下安全运行。现场运维人员的实际工作经验表明,冷源系统在某些特定的时候,还会运行在手动模式状态。当冷源系统运行处于手动模式状态下,市电出现闪断

(上接103页)

里选用3台流量为 $15\text{m}^3/\text{h}$ 的补水泵,平时使用1台,初期上水或者事故补水时3台水泵同时运行。

水泵确定之后,计算气压罐的调节容积 V_r ,不小于3min单台补水泵的总流量,即 $15 \times 3/60=0.75\text{m}^3$ 。

气压罐最小总容积 $V_{\min}$ 按照公式(4)计算结果为 6.3m^3 。

气压罐的实际体积 V 不小于 $V_{\min}$,应根据设备样本进行选择,兼顾气压罐的调节容积 V_r ,选择1台直径2m,高3.6m,总容积 $V_{\min}=8.5\text{m}^3$,调节容积 $V_r=3.10\text{m}^3$ 的立式隔膜罐。

再次复核气压罐的启停附加系数 α 为0.875,不在设计手册的0.65~0.85之间,说明数据中心空调系统需用的气压罐体积要稍大于民用建筑空调系统,且通过气压罐调节系统膨胀的比例大于民用建筑空调系统。据此,建议数据中心空调系统的定压方式在选择气压罐定压时注意放大气压罐的调节容积,同时,因为补水泵的调节压力范围和水量较大,要注意补水泵的备份设置问题。

5 结束语

数据中心的空调系统与民用建筑的空调系统相比,有其

或自动切换时,冷却塔风机、水泵及阀门控制箱常用系统均会出现停机现象,从而影响系统的正常运行。因此需对其控制回路稍作改动(如图1所示),以避免上述情况的发生。由于冷却塔风机、水泵及阀门控制箱的控制原理相似,此处不再表述。当然以上控制箱的控制回路采用UPS电源供电亦能解决上述问题,但这样一来又会增加投资,并给后续的管理维护带来很多不方便。除上述问题外,各种仪表的选型及其精度、安装是否规范,屏蔽线缆的选型及安装等均会对自控系统的安全可靠运行造成影响。

5 自控系统应用效果分析

采用自控系统后,由计算机系统对冷源系统内大量机电设备的运行状态进行集中监控和管理。根据相关的研究成果报道,采用自控系统后,冷源系统的节能可能达到30%,甚至更高。由于对设备运行中出现的故障及时发现和处理,从而大量节省运行管理和设备维修人员,同时也节省整个冷源系统的运行管理和设备维护费用。

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

奚伟东

本科,毕业于上海第二工业大学,主要从事建筑电气设计。

独到和特殊的地方,在遵循暖通空调行业内常见的设计手册和指导书籍的同时,需要因地制宜,具体情况具体分析。

参考文献

- [1] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2008
- [2] 全国民用建筑工程设计技术措施.全国民用建筑工程设计技术措施:暖通空调·动力[M].北京:中国建筑标准设计研究院,2009
- [3] 任秀宏,吴凤英.空调水系统的压力分析及定压点的选择[J].低温与超导,2010,38(6)

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

作者简介

穆正浩

本科,毕业于燕山大学,长期从事暖通专业设计工作。

孙颖

硕士,毕业于天津商业大学,工程师,长期从事数据中心空调系统工作。

智能化新风技术在数据机房中的应用

孙 颖

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

阐述新风自然冷却技术,分析该技术在改造型数据机房中的应用案例,给出一些数据机房中空调系统在节能减排方向上的建议。

关键词

新风 气流组织 PUE

1 背景

数据机房能耗中空调系统总能耗大约占据35%的份额,为了贯彻国家对节能减排的要求,针对能源大户的数据机房中空调系统在节能减排的探索是有其必要性和重要意义的。然而由于改造型数据机房本身的局限性导致其空调系统的节能手段相对较少,需要在实践中不断地进行探索。

2 传统风冷加新风自然冷却技术

目前新建数据机房主流空调系统采用的是大型冷冻水系统,末端采用冷冻水型机房专用空调,并可以通过板式换热器进行室外自然冷源的充分利用,尤其是在北方采用这种空调系统能带来相当可观的节能减排效果。然而,对于改造型的数据机房来说,由于受到建筑条件的客观限制采用这种系统是不可能的,于是针对改造型数据机房提出一种新风自然冷却的方式达到节能减排效果。主要思想是,当室外空气温度比机房室内温度低一定程度时(如冬季、春秋季节夜间),利用室内外温差,通过过滤等手段直接引入能够满足数据机房空气质量要求的自然新风,使其与机房内热空气直接进行热量交换后排出,以此来达到降低机房内环境温度的目的。此时压缩机可停止工作,从而达到节能的效果,同时延长压缩机的使用寿命,降低维护成本。

其主要功能及运行控制模式如下。

2.1 机房专用空调机组

采用集中控制形式,其工作模式有压缩机工作模式和全新风运行模式两种。

(1)压缩机工作模式

通过检测室外温度,当室外温度 t_w 大于新风开启温度

(新风开启室外温度要求由设计人员给定)时,进入压缩机制冷模式,根据室内温度的变化进行启停控制,此时回风阀全开,新风阀关闭,排风阀关闭,排风扇关闭。

(2)全新风运行模式

当检测环境温湿度低于设定的新风开启温度要求(新风开启室外温度要求由设计人员给定)时,压缩机停止工作,进入新风节能模式,开启新风阀和排风阀。

- 当测定室内的回风温度 t_b 高于设定的新风开启温度时机组切换到压缩机工作模式。
- 当室内的回风温度 t_b 低于设定温度时,调节送风阀执行器和回风阀执行器以满足设定要求。当送风温度低于设定参数时,调小新风阀开度。

2.2 排风机

排风机与专用空调机组采用一对一的形式,通过风压变送器的输入信号进行集中启停控制,排风机动作均以全新风工作模式为前提。当通过压力传感器测得室内气压与室外的压差小于10Pa时,室内排风机做逐个加载开启,直至全部开启。

2.3 加湿器

采用湿膜加湿器,在新风工况湿度低于设定值时开启湿膜加湿器,并通过水位监测控制补水和排水。

新风自然冷却技术设备结构如图1所示。

3 设计实例

3.1 改造型数据机房现状

改造型数据机房位于3层,目前为空置状态。经现场勘

查, 3层机房共分为两个区域, 由隔墙隔断, 一侧3-1机房为185m², 一侧3-2机房为285m²。由于3层原来即为数据机房, 则两个区域均设置有管网气体消防灭火系统, 3层板底高为4m, 大梁下净高为3.4m, 南北两侧均有空调室外机平台。

3.2 机房装机能力

根据现场勘查及调取的建筑平面图, 对3层在隔断不变的情况下做工艺机架布置。由于3层机房每跨均有一扇窗, 考虑维护结构冷量为100W/m², 核算机架数量配置, 见表1 (应甲方要求暂考虑单机架功耗为3.2kW, 即16A/只)。

3.3 空调配置

依据GB 50174《电子信息系统机房设计规范》的规定, 空调系统做冗余配置, 结合3层现状, 空调室内机、室外机的安装空间均受限, 以某厂商空调设备尺寸为例进行空调配置, 具体见表2。

3.4 气流组织

通过考察楼内其他数据机房的气流组织形式得出, 由于此机房楼年限较长, 层高受限, 各数据机房内均采用的是传统风冷机的上送风机组, 气流组织形式为上送风下回风方式, 且上送风未配置风管做精确送风, 所以受到数据机房结

构和布局的影响, 机房内的实际气流组织比较复杂也比较凌乱, 往往会出现冷热气流混合的情况, 容易导致冷风从机柜以上空间、列间过道及机架的控制区域短路流失, 从而导致能量损失, 制冷效率下降。

结合现场其他机房的使用效果, 决定此机房内部气流组织采用架空地板下送风上回风的形式, 且冷通道封闭。

3-1、3-2机房架空地板高度测算分别见表3、表4。

经测算, 建议架空地板下控制风速应小于2.5m/s, 考虑架空地板及保温层厚度, 则架空高度为800mm。

3.5 PUE值测算比较

PUE (Power Usage Effectiveness, 电源使用效率) 已经成为国际上比较通行的数据中心电力使用效率的衡量指标, 是指数据中心消耗的所有能源与IT负载消耗的能源之比。PUE值越接近于1, 表示一个数据中心的绿色化程度越高。

PUE的三种计算公式如下。

(1)PUE=数据中心总能耗/IT设备能耗。

(2)PUE=(IT设备能耗+空调能耗+供配电系统能耗+其他能耗)/IT设备能耗。

(3)PUE=1+空调能耗因子+供配电能耗因子+其他能耗因子。

以下均以3-1机房为例。

3-1机房面积为185m², 配置有管网气体消防灭火系

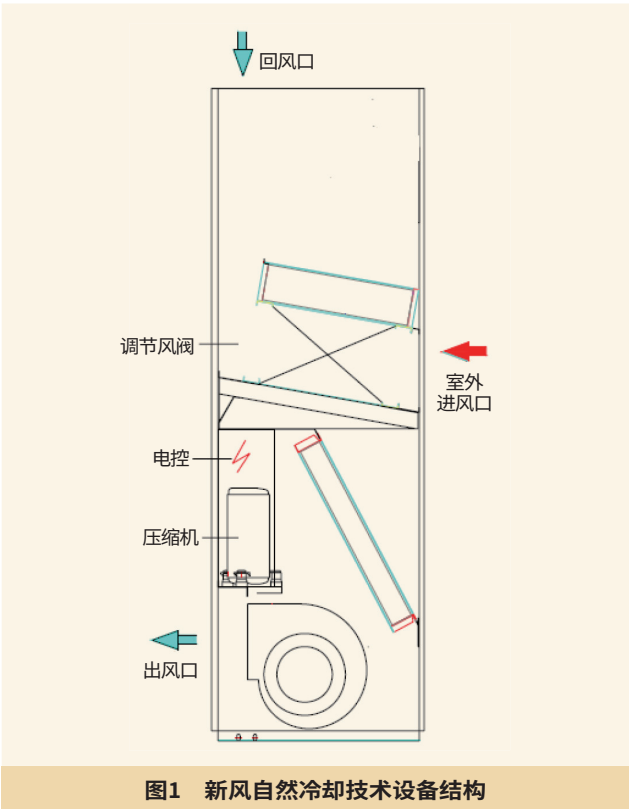


图1 新风自然冷却技术设备结构

表1 机架数量和冷负荷

房间名称	面积 (m ²)	围护结构冷负荷 (kW)	可负担机架数量 (只)	总冷负荷 (kW)
3-1	185	18.5	62	217
3-2	285	28.5	94	330

表2 空调配置

房间名称	机架数量 (只)	总冷量 (kW)	专用空调数量 (套)	设备参数	总风量 (m ³ /h)	备注
3-1	62	217	4	下送前回风机组, 单台显冷量75kW, 风量31500m ³ /h, 电源380V-3-50, 功率30kW	94500	3用1备
3-2	94	330	6		157500	5用1备

表3 3-1机房架空地板高度

机房宽度 (m)	12	机房空调单台风量 (m³/h)	31500	计算公式	Q= CΔtG	机房建筑热负荷 (kW)	18.5	
机架数量	62	机房面积 (m²)	185	气流效率系数	0.8	空调数量 (台)	3	
房间名称	3-1机房	架空地板净空 (m)						
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
总风量 (m³/h)		地板下送风风速 (m/s)						
94500		3.50	2.92	2.50	2.19	1.94	1.75	

表4 3-2机房架空地板高度

机房宽度 (m)	18	机房空调单台风量 (m³/h)	31500	计算公式	Q=C△tG	机房建筑热负荷 (kW)	28.5	
机架数量	94	机房面积 (m²)	285	气流效率系数	0.8	空调数量 (台)	5	
房间名称	3-2机房		架空地板净空 (m)					
			0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
总风量 (m³/h)			地板下送风风速 (m/s)					
157500			3.89	3.24	2.78	2.43	2.16	1.94

表5 投资比较

方案名称	主要设备情况	主要设备 总投资 (万元)	年电费 (万元)	节省电费 (万元)
传统风冷	10台空调机组	100	765.3	188
传统风冷加新风 自然冷却	10台空调机组 10台排风机	200	577.3	

注：考虑上海电价为1元/kWh；本表经济指标仅为设备价格估算

统，板底高为4m，大梁下净高为3.4m，南北两侧均有室外机空调平台。考虑围护结构单面积冷量为100W/m²，则围护结构冷负荷为18.5kW，布置机架数量62只，单机架功率为3.2kW，考虑同时使用系数为1，总冷量为217kW，配置单台显冷量为75kW的下送前回风机房专用空调数量4台（其中3用1备），排风机与专用空调做一一对应配置。

(1)压缩机工作模式

依据经验压缩机工作模式即传统风冷型机房专用空调机形式PUE值约为1.75。

(2)全新风运行模式

3-1机房内主用专用空调总送风量为 $31500 \times 3 \times 0.85 = 80325 \text{ m}^3/\text{h}$ （考虑风短路系数为0.85），依据计算公式 $Q=C\Delta tG$ ，送风温差为9.7℃，考虑主机房机架可承受最高温度为33℃，即回风温度为33℃，则全新风模式送风温度为 $33-9.7=23.3^\circ\text{C}$ 。考虑风机温升等情况，当室外干球温度低于21℃时即可开启全新风制冷模式，同时考虑0℃以下及相对湿度大于70%的天气尽量不要直接进冷风。

依据上海逐时的气象参数，室外干球温度低于21℃，除去室外干球温度低于0℃且相对湿度大于70%的小时数，约有1790h（74.6天）可直接利用全新风模式。

暂考虑输配系统能耗及其他能耗为IT负荷的5%： $5\% \times 62 \times 3.2 \text{ kW}/\text{只} = 20 \text{ kW}$ 。全新风运行模式下，新风、排风机单台功率为3kW，风机全开工况时，PUE值为1.13。若考虑不开启排风机的工况形式时间为30%，那么PUE为1.12。

(3) 全年平均PUE值

全年365天中，其中相当于74.6天可采用全新风运行模

式，290.4天采用传统压缩机制冷模式，则年平均PUE值为 $(1.67 \times 290.4 + 1.12 \times 74.6) / 365 = 1.56$ 。

3.6 经济回收周期比较

传统风冷与传统风冷加新风自然冷却的投资比较见表5。

结论：传统风冷加新风自然冷却方案较传统风冷方案设备初投资增加100万元，每年节省电费为 $(1.67-1.56) \times 365 \times 24 \times (62+94) \times 3.2 = 48.1$ 万元，则增加初投资部分的经济回收周期为 $100/48.1=2.1$ 年，即大约2年的时间就能收回。

3.7 实际项目中需要注意的问题

(1)对工艺孔洞占用的问题

由于此空调单项方案是建立在工艺未介入的基础上进行的，空调室内机的位置可能会占用工艺孔洞，需工艺专业核准。

(2)机架上空净空的问题

由于3层机房梁底高为3.4m，考虑架空地板高度为800mm，则梁底到架空地板高度为2.6m，若考虑常规机架高度为2.2m，机架上方可用空间为400mm，由于机房现有建筑条件的局限性，建议采用高度2m左右的非常规机架来解决机架上空净高不足的问题。

(3)维护方面的问题

实际使用中，外界空气的质量很重要，可能会需要频繁更换过滤网，维护工作量较大。

参考文献

[1] 陆耀庆.实用供热空调设计手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2008

[2] GB50174-2008,电子信息系统机房设计规范[S]

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

孙颖

硕士，毕业于天津商业大学，长期从事暖通专业设计工作。

数据中心DCIM统一运营支撑系统建设需求分析

丁 聪 沈 巍

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

从数据中心运营管理面临的新挑战出发,并从运营管理的总体目标、功能架构、资源呈现、业务运维管理、业务流程管理、报表统计分析、移动掌上运维、系统对外接口等多个维度分析数据中心基础设施管理DCIM统一运营支撑系统的功能需求,最后提出DCIM系统建设的三阶段建议。

关键词

数据中心 DCIM 运营支撑 建设需求

1 引言

DCIM(Data Center Infrastructure Management,数据中心基础设施管理)统一运营支撑系统是近两年在数据中心管理领域兴起的一个热点话题,旨在采用统一的平台同时管理关键基础设施如UPS、空调,以及IT基础架构如服务器、交换机等,并通过数据的分析和聚合,最大限度地提高数据中心的运营效率和整体可靠性。

目前业内已有的DCIM大部分只局限于将数据中心内部已有的多个监控系统进行数据整合和展示,并没有完全兼顾数据中心运营管理的所有必要需求,也没有实现真正意义上的DCIM。

2 数据中心运营管理现状

2.1 常规数据中心运营管理概况

目前,业内常规的数据中心在网络管理、视频监控、门禁管控、大屏演示系统、广播寻呼、环境监控方面已经由各专业系统负责监控和维护,但是在IDC业务及客户运营支撑方面还存在许多不足,不足以支撑IDC业务的集中统一监控、转型升级和实现客户差异化服务。鉴于上述原因,数据中心迫切需要建设一套高屋建瓴、总揽全局、切合IDC运营商应用实际和支撑IDC业务集中监控的统一运营支撑系统平台,集动力监控、环境监控、安防监控、IT监控、能耗管理、资产管理、运维管理于一体的综合监控管理平台,有效保障数据中心高效、节能、安全、可靠地运行。

IDC统一运营支撑系统作为一套综合平台,实现“集中监控、集中管理、集中运维”服务全程自动化,遵循“总体规划、分步实施、阶段验证”的建设原则,实现IDC管理信息化到管理服务化的转变。

2.2 数据中心运营管理的重点

各个行业根据不同业务的开展需求不同,对数据中心运营管理的需求也不一样。

互联网企业数据中心的特点是其承载的业务呈现海量增长模式,面对海量的设备和需求,必然存在诸多的问题和挑战。要想快速有效地提高海量运营水平,目前业内的运营管理体系包含5个方面:做好计划性运营、做好自动化运营、做好外包管理和人员培养、做好预防性维护和应急演练、做好精细化运营。这5个体系的基础是数据中心基础架构的运营管理,重点在于功能架构分区管理、操作业务流程管理、故障信息管理、容量管理、资产管理、风险管理、日常检测管理、能耗管理、成本管理、业务可靠性管理等。

运营商数据中心的特点是运营商建设机柜及配套基础设施租售给其他企业使用。运营商对基础设施的运营管理,重点在于物理机柜及其配套设备设施,如配电系统、暖通系统、消防系统、监控系统、安防系统内部设备设施的管理,还包括对这些基础设施的资源呈现管理、业务运维管理、业务流程管理、各类报表统计管理等。

下面结合国内三大通信运营商数据中心运营的业务特点,展开对数据中心运营管理功能的需求分析。

2.3 数据中心运营管理面临的挑战

数据中心运营管理面临如下新的挑战:

- (1)如何及时全面掌握IDC网络、业务、资源和客户情况;
- (2)如何实现差异化客户服务,提升客户感知;
- (3)如何进行端到端故障快速定位和故障快速修复;
- (4)如何快速响应用户需求,支撑客户自助服务;

(5)如何支撑IDC由资源型向服务型转型升级。

2.4 实施统一运营支撑系统的预计效益

通过实施IDC统一运营支撑系统项目,预计产生如下效益。

(1)业务运营规范化、集约化

通过系统规划IDC运营商各种不同业务的工作流程(包括IDC售前、售中和售后流程),进行严格明确的业务流程控制,帮助数据中心真正实现对客户服务品质的保证。

(2)业务发展虚拟化、持续化

建设IDC统一运营支撑平台,支持IDC由资源型向服务型转型,支持IaaS、PaaS、SaaS等多种云服务提供,实现IDC虚拟化运营和业务持续性增长。

(3)业务计费多样化、透明化

灵活、全面的财务费率管理以及资源管理,让数据中心轻松实现对多种费率策略的制定和对IDC运营情况的全盘把握。

3 数据中心运营管理功能需求分析

3.1 总体目标

数据中心运营管理平台的总体目标是实现资源监控集约化、工作流程可视化、业务运营精细化,全面了解网络资源、业务应用流量流向、操作用户使用信息等情况,分析总体业务发展趋势和用户行为;对当前网络应用情况进行实时、长期的监控,改善网络系统存在的问题,对现有网络系统进行优化调整。

3.2 功能架构

搭建IDC统一运营支撑系统平台基础框架,实现IDC客户、业务、资源、告警、流量、工单数据的采集功能,面向运维部门输出资源使用情况统计报表,面向前端部门输出客户流量使用排行统计报表,支撑后端部门的资源集约化监控,提升IDC运营效率。

主要建设内容如下。

资源呈现:在平台上展示IDC所有资源。

业务运维管理:对IDC日常运维业务,如派单、集中监控、性能监控、流量分析、巡检等提供支持。

业务流程管理:在系统上规划和展示IDC各种不同业务的工作流程,并进行业务流程控制管理。

报表统计分析:对IDC资源使用情况进行统计分析,输出资源统计报表、机房资源统计报表、机柜使用报表和带宽使用报表。

移动掌上运维:为运维人员提供手持式可移动操作终端。

系统对外接口:对资源管理、告警、工单、监控子系统等实现数据采集和共享。

3.3 资源呈现功能

通过与综合资源管理系统对接,获取IDC资源、业务和客户数据,满足IDC资源查询与呈现需求。

IDC资源包括:IDC自有资源、动力设备资源、客户及业务资源。

(1)IDC自有资源

机房:机房区域管理、机列、机架,以及机架分配详单。

IP地址资源:商用IP管理、自用IP管理、IP资源管理。

设备:设备端口管理、板卡管理、槽位管理、网络设备管理、服务器管理。

增值服务设备管理:有些运营商还向客户提供增值服务,需要对域名解析服务器、防火墙、DDoS设备、入侵检测设备、负载均衡设备进行管理。

用户可以方便地查询这些资源的总数、占用情况、分配情况、剩余资源情况。

(2)动力设备资源

变压器:上级供电、位置、编号、型号、容量、阈值。

油机:位置、编号、型号、容量、阈值。

低压系统(配电柜):位置、编号、型号、容量、阈值、负载UPS、动力柜。

UPS:位置、编号、容量、阈值、当前状态。

UPS输出柜:位置、编号、当前状态、负载力头柜、所属的UPS。

列头柜:负载的IDC、区域、A/B路输出柜、负载的机列。

动力输出柜:照明、空调等用电系统的负荷情况。

用户可以查看上述设备的实时数据,以及客户实际用电量和合同规定的用电量对比情况。

(3)客户及业务资源

客户信息:客户名称、托管方式(VIP/独享/共享)、带宽、客户级别、联系人、合同、IP地址、所在机列机架、上联端口。

客户设备:客户名称、设备编号、设备类型、所占U数、托管时间、状态、相关联的工单情况。

用户可以查看IDC客户的基本信息及其IDC业务、资源信息。

3.4 业务运维管理功能

(1)IDC业务主动监控及派单

对IDC业务进行主动监控和派单,提高面向IDC业务和服务质量优化的精细化支撑能力。

①告警接入及解析

接入传输、数据、动环相关告警,用于IDC业务告警关联及影响业务分析和派单,具体见表1。

②告警关联及影响IDC业务分析

将告警与IDC业务进行关联及影响范围分析，对告警影响的IDC业务进行影响分析，以客户、业务、机房维度呈现相关告警和故障。

③IDC业务故障派单

实现基于客户及业务的IDC业务故障派单，业务故障工单派单、流转及闭环。

(2)IDC业务集中监控

支持对IDC数据中心机房、网络设备、主机设备等资源进行多种图形化方式集中监控，快速将故障和性能恶化传递给监控和维护人员。

①园区集中监控

支持以图表方式对IDC园区进行集中监控，园区内机房需要在园区内进行打点呈现。

园区监控视图中，需要呈现该园区内机房、网络设备及

主机设备、承载客户和业务统计信息，及运行情况概况（流量统计、故障、投诉处理情况）。

②机房集中监控

支持以图表的方式对IDC机房进行集中监控，机房内网络和主机设备故障需要在机房矩阵上渲染。

机房监控视图中，需要呈现该机房内的网络设备及主机设备、承载客户和业务统计信息及运行概况（流量统计，故障、投诉处理情况）。

③设备集中监控

支持以图表方式对IDC机房内的网络和主机设备进行集中监控，故障需要在设备或主机节点上进行渲染。

(3)IDC拓扑监控

对IDC业务进行机房维度的拓扑监控，提高面向IDC业务运行情况的可视化监控能力。IDC业务机房拓扑监控如图1所示。

(4)IDC业务性能监控

①网络设备性能监控

对路由器、交换机、防火墙等网络设备的接口流量、CPU负载、内存使用量等性能参数进行监控。

②主机设备性能监控

系统通过对服务器的CPU负载、内存、磁盘使用量、I/O性能、服务、进程、网络接口流量等性能参数进行监控，实现对服务器的硬件运行状态，如各风扇转速、机箱内部温度和各CPU温度、电压和CMOS电池容量、电源开关状态、底盘状态等硬件参数监控。

③数据库性能监控

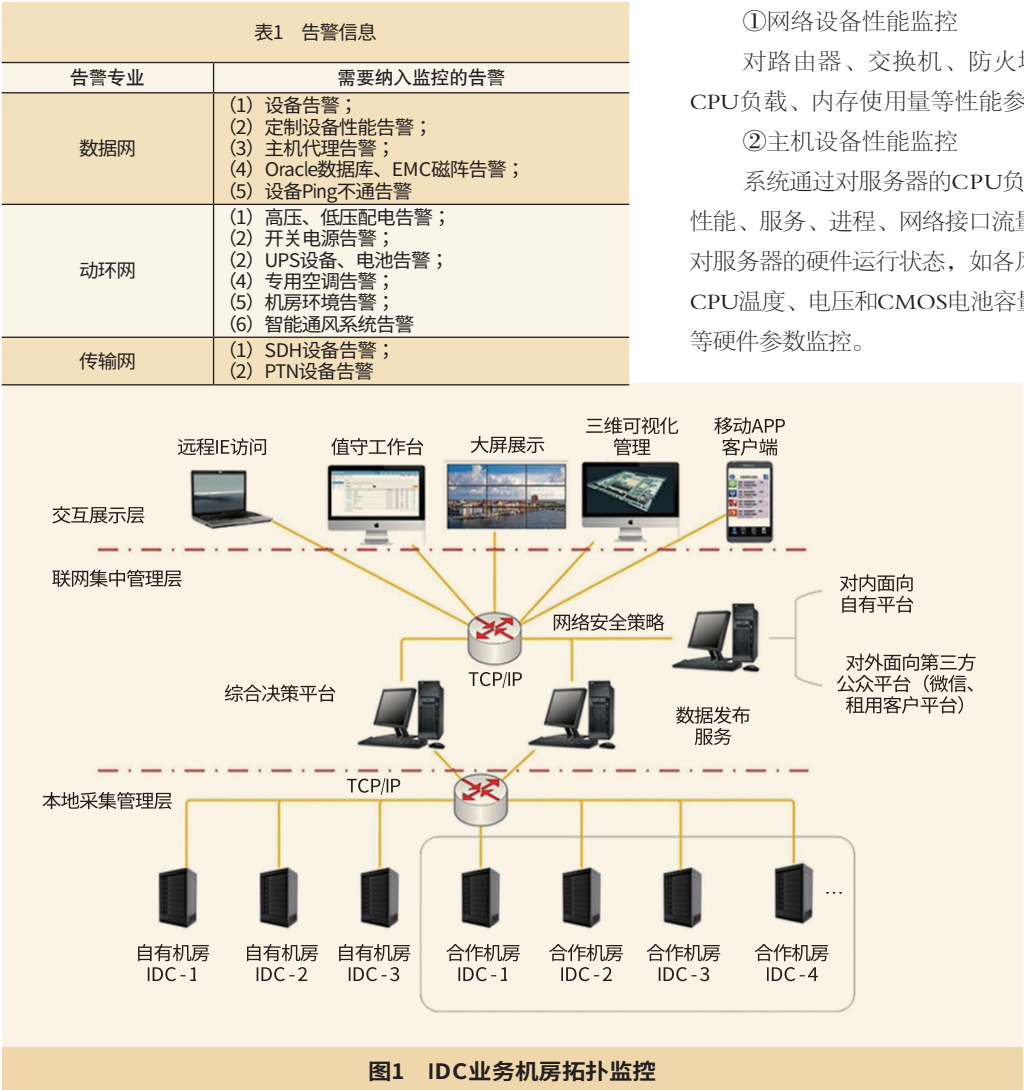
数据库性能监控的范围和指标包括：数据库运行状态、数据库关键性能参数、数据库表空间、数据库空间、数据文件使用状况。

④机房环境性能监控

通过动力环境类型监测器结合环境监控主机和各类探头，实现对机房动力、环境参数（温度、湿度、烟雾、漏水）和UPS等的监控。

⑤性能故障事件管理

系统需要提供对性能指标的事件与告警管理，包括告警阈值定义、告警



方式定义、实时性能监控等。

支持基于阈值、时段、频次等方式任意组合的报警策略，同时需要支持基线报警。

既可对每类对象配置全局的告警阈值和告警方式，也可以针对每个对象配置个别的告警阈值和告警方式，还可以一次选中多个同类的管理对象进行批量配置。

支持多种告警方式，包括推送告警流水窗、告警拓扑渲染、短信，可以灵活设置组合各种报警方式，并可以让不同设备的不同事件复用。

(5) IDC全网流量流向分析

提供IDC分客户、运营商、属地、机房的流量分析。

对IDC资源流量进行分析，将分析结果通过报表形式提供，支持多条件的查询过滤，查询结果可以直接导出到Excel。

对IDC资源节点服务本省业务流量进行分析，将分析结果通过报表形式提供，支持多条件的查询过滤，查询结果可以直接导出到Excel。

对IDC资源节点-网内他省流量进行分析，将分析结果通过报表形式提供，支持多条件的查询过滤，查询结果可以直接导出到Excel。

对IDC资源节点服务网外（按运营商区分）业务流量进行分析统计。

(6) IDC业务质量拨测

提供常见、实用的网络测试工具集，包括支持Ping拨测、DNS拨测、Http拨测、端口拨测、登录模拟拨测任务配置，通过对IDC业务的定期业务质量拨测和优化，有效提升IDC集团客户SLA差异化的、可感知的端到端服务质量保障能力。

(7) IDC业务智能巡检

提供自定义例行作业检查任务，支持定期对设备进行自动化巡检，支持自定义检查项脚本及检查指标项；提供巡检结果汇总一览统计，支持邮件通知，从而减少运维人员登录设备进行繁杂的类同操作。

(8) IDC业务OMC采集接口适配

支持目前主流业务、资源、性能、告警采集接口，如FTP、SNMP、TRAP、Web Service、Corba、ESB、Socket等，支持实时、同步、异步、消息等多种接口功能。

3.5 业务流程管理功能

支持以任务为基础进行投诉、故障处理工作流的管理。

(1) 流程定义

根据IDC投诉和故障处理业务的需要，无需改动程序就可以制定各种投诉和故障处理流程，支持以任务为基础进行工作流的管理。

(2) 投诉/故障闭环管理

所有通过系统创建的投诉工单，通过该工作流下发、返回，每个岗位所做的工作、修改的数据，系统自动记录下来。

故障派单和闭单流程，系统功能根据故障级别自动或手动派单，并跟踪故障处理过程。

系统需要支持任务的完成时限管理，支持指定具体的任务执行人，设定任务的优先级。

(3) 业务开通流程可视化

通过与综合资源管理系统对接，获取IDC业务开通工单及流转环节数据，提供工单查询、业务开通流程图等功能。

(4) 售后流程可视化

通过与EOMS等系统对接，获取IDC投诉、故障工单及流转环节的数据，并与本系统中的投诉故障工单相整合，提供工单查询、投诉故障处理进度流程图等功能。

3.6 报表统计分析功能

统计分析模块对IDC资源及占用情况以及流量、故障、工单、巡检情况进行深入分析，挖掘服务短板，为后续持续不断地提升服务质量提供参考依据。

(1) IDC资源统计报表

① 资源统计报表

对IDC各个机房的机架资源（总数量、在用数、空闲数、预留数）、电源（总量、在用量、空闲量、预留量）、端口资源（总数量、在用数、预留数、空闲数）、IP资源（总数量、在用数、保留/损坏数、空闲数、预留数）、客户（客户、客户设备数）、网络设备数进行统计。

② 机房资源统计报表

机房资源统计报表根据机房的行列占用情况反馈机房中机柜的占用情况。

③ 机柜使用报表

统计机柜使用情况。

(2) IDC流量统计报表

① IDC出口流量及各机房流量统计分析报表

对IDC流量进行统计分析，可以帮助运维管理人员更清晰地掌握IDC流量流向和流量成分的分布，通过统计流经网络的数据业务类型、用户来源、流量流向、区域分布等信息，掌握流量基线、网站访问量和应用排名、路由负载分析以及业务带宽成本分析、网络带宽成本分析，从而对IDC业务的成本和发展情况做出判断，最终为网络优化以及业务发展策略的制定提供科学的决策依据。

② 客户流量流向统计分析报表

面向前端部门输出客户流量使用排行统计报表和客户流

量计费数据报表。

③IDC资源流量报表

将分析结果通过报表形式提供，支持多条件的查询过滤，查询结果可以直接导出到Excel。

④IDC资源节点服务本省业务流量报表

将分析结果通过报表形式提供，支持多条件的查询过滤，查询结果可以直接导出到Excel。

⑤IDC资源节点-网内他省流量报表

将分析结果通过报表形式提供，支持多条件的查询过滤，查询结果可以直接导出到Excel。

⑥IDC资源节点服务网外（按运营商区分）业务流量报表。

(3)IDC工单统计报表

①IDC开通情况统计分析

对IDC业务开通情况进行统计分析，包括开通总量、开通中业务开通统计分析，同时支持按照机房和客户维度进行统计分析。

②IDC故障处理情况统计分析

对IDC业务故障处理情况进行统计分析，包括故障总量、处理中故障统计分析，同时支持按照维护单位、机房和客户维度进行统计分析。

③IDC投诉处理情况统计分析

对IDC业务投诉处理情况进行统计分析，包括投诉总量、处理中故障统计分析，同时支持按照维护单位、机房和客户维度进行统计分析。

(4)IDC客户业务运行报告

为客户、客户经理、运维和支撑人员提供IDC客户业务运行报告、IDC机房业务运行报告。

3.7 移动掌上运维功能

为IDC客户经理、维护人员提供掌上运维功能，支持随时随地查询IDC业务运行情况、一键报障等功能。

(1)IDC资源查询

IDC客户、业务查询及拓扑展现。

(2)业务运维支撑

IDC故障查询、流量查询。

(3)工单查询

快速查询IDC售前、售中开通、售后投诉和故障工单实时处理情况和流转信息。

(4)业务质量拨测

针对IDC业务实时发起业务质量拨测。

(5)统计报表

提供IDC资源、流量、工单处理情况报表。

3.8 系统对外接口功能

(1)资源数据接口

从综合资源系统中定期同步IDC客户、业务、资源信息，为上层告警、性能关联应用提供资源基础。

(2)开通工单数据接口

从综合资源系统中定期同步IDC业务开通工单及环节信息，为IDC业务开通状态查询应用提供基础。

(3)告警数据接口

从专业网管系统中实时同步相应的原始告警，用于IDC业务和资源告警关联和影响业务分析。

(4)性能数据接口

从专业网管系统中定期同步相关流量数据，用于IDC业务和端口性能关联和统计分析。

(5)投诉/故障工单数据接口

从EOMS系统中实时同步投诉/故障工单及环节信息，为IDC业务投诉、故障状态查询应用提供基础。

(6)视频系统接口

从IDC机房视频系统中实时采集相关告警和性能数据，用于IDC机房监控。

(7)门禁系统接口

从IDC门禁视频系统中实时采集相关告警和性能数据，用于IDC机房监控。

(8)广播系统接口

从IDC广播系统中实时采集相关告警和性能数据，用于IDC机房监控。

(9)环境监测系统接口

从IDC环境监测系统中实时采集相关告警和性能数据，用于IDC机房监控。

4 数据中心运营管理DCIM系统建设建议

数据中心运营管理DCIM系统建设建议从三个阶段进行推进。

第一阶段：搭建IDC统一运营支撑系统平台基础框架，实现IDC客户、业务、资源数据的存量管理和流量数据、告警数据的采集功能，面向运维部门输出资源使用情况统计报表，面向前端部门输出客户流量使用排行统计报表和客户流量计费数据报表，支撑后端部门的资源集约化监控和前端部门的流量计费争议解决，提升IDC运营效率。

第二阶段：集成IDC其他专业系统在网络、安防和动环方面的监控功能，优化和完善系统在网络管理方面的功能，实现网络故障端到端快速定位和一键式故障修复。

第三阶段：支撑IDC业务转型升级，实现云IDC的虚拟

（下转123页）

市政设施综合管理系统方案研究

徐 进

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

描述在市政设施综合管理系统中,通过对地图引擎、物联感知、网格化管理系统、数据挖掘及预警应急系统的相关研究分析,提出可提升市政设施整体运行状态的数字模拟和智慧化管理,及提高设施管理和运行的效率的系统方案。

关键词

市政设施 GIS 物联网 数据挖掘 模型

1 背景分析

在我国新型城镇化发展背景下,目前各级政府通过对新建城区的信息化投入和建设,助推新型城镇化水平的提升,打造智慧城市的示范标杆。城市管理建设的重心逐步从硬件和网络基础设施建设向应用系统建设以及系统间互联互通、信息资源整合共享转移,因此下面将分析城市管理中的重要组成部分——市政设施综合管理。

市政设施综合管理系统是基于云计算技术、以地理信息为基础的高集成系统,将城区运行信息、视频监控能力、实时环境监测数据和位置信息紧密结合在一起,以空间位置为单元分析和统计,提出全新的以空间为导向的应用系统,为业务创新提供巨大空间。市政设施综合管理的设计需要建立在对城区各种信息探测感知的基础之上,利用物联网技术对城区内地理、建筑、空气、水质、噪声等各种信息进行探测和处理,通过GIS系统创建城区的数字模型。在此基础上建设环境监控、地下管网系统分布信息收集等,将环境、建设等城区运行状态的信息在二、三维数字模型上进行呈现,最终实现对市政设施整体运行状态的数字模拟和智慧化管理。

2 设计原则

2.1 坚持以人为本原则

市政设施管理模式的创建工作,形式上是通过改革和创新城市管理新的体制、机制、手段和方法不断提高城市管理水平和效率,其最终目的必须落实在着力解决市政管理关心的热点、难点问题上,必须落实在市政管理的有效改善上,从而实现管理市政向服务市政的转变。

2.2 加强资源整合原则

整合城市管理相关部门的资源,实现管理信息资源共享。第一个层面是智能化城市管理模式与行政电子监察中心整合,可以更有效地实现智能化城市管理模式的实施目的,强化绩效考核力度,整体提高城市管理水平。第二个层面是整合现有电力、水务、环卫、市政、燃气的巡查管理力量,负责城区主次干道市容市貌、环境卫生、市政公用设施等方面的巡查,及时采集和上报信息。这样既可体现精干高效原则,又可节省运行成本。第三个层面是整合城市主次干道和重点区域设置安装的市政监控设施,同时还可整合已建的污水处理在线监测系统,最大限度地实现资源共享及对城市的立体管理。

2.3 严格规范标准原则

以建立城市智慧市政系统管理公共服务平台为目标,以住建部颁布的相关标准为指导,制定相关的目标管理和技术保障标准体系,确保管理系统顺畅运行。由于市政管理的设施和应用本身是一个巨大而复杂的系统工程,数据来源非常广泛,要服务于多层次(市、区、县)、多类型(政府、各委局、专业市市政设施单位、建设单位、社会公众)的用户,面对差异的需求,均要求信息分类、数据格式、技术流程和设备配置等有一系列相互配套的标准、规范、规程和约定,以确保信息交换共享、系统间互相兼容、系统各个环节和各个部分间上下连接,历史、现时和预测未来的信息相互可比等,达到各个行业资源、各个政府部门以及主管部门和各个权属单位间的数据共享。

2.4 坚持因地制宜和创新提高原则

要结合城市建设和管理实际,制定实施规划和实施方

案。按照先易后难的原则，循序渐进，稳步推进，防止生搬硬套。要不断总结实践经验，改革创新，逐步提高智能化城市管理水平。

3 系统框架

市政设施综合管理系统框架自下而上划分为基础网络硬件层、操作系统及数据库层、支撑平台层、服务层、业务应用层和系统展现层，按照信息系统建设的统一安全保障和标准规范进行建设。市政设施综合管理系统框架如图1所示。

系统包括基于GIS平台的二维地理信息的展示和应用操作、三维地下管道信息的展示、信息查询等，系统可以通过与

硬件设备的智能连接，进行设备温度、环境湿度、管道压力、设备开关状态、管道水流阈值感应等信息的传输和显示等。

3.1 基础地图引擎系统

构建GIS引擎，提供基础GIS地图服务，对范围区域进行三维建模，作为基于GIS的市政设施管理的基础功能和服务。

3.2 市政设施物联网感知系统

利用传感器和物联网对窨井盖、地道积水、地下管道等市政设施状态进行监测，并将数据传输至感知系统进行统一管理。

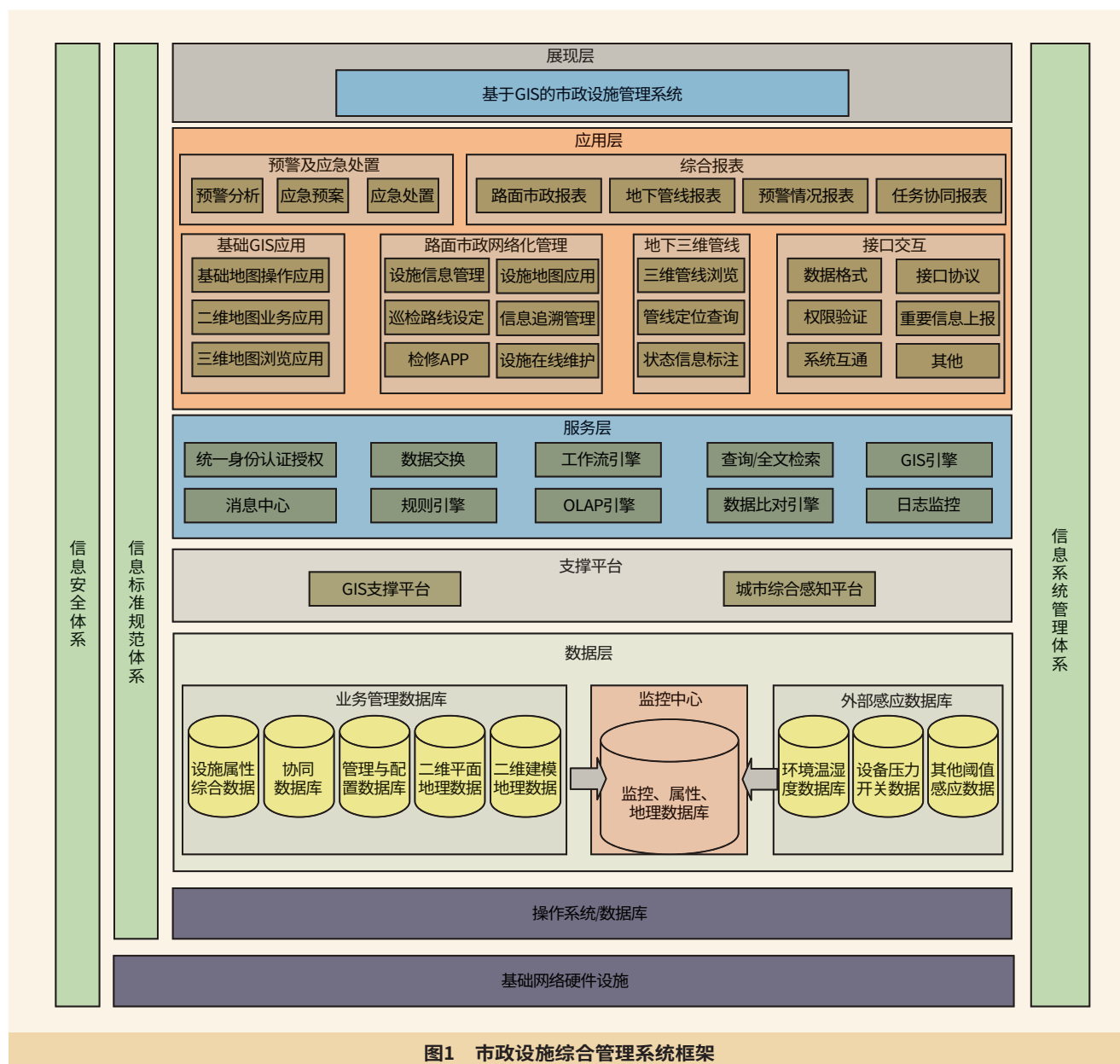


图1 市政设施综合管理系统框架

3.3 市政设施网格化管理子系统

该系统是针对商务区内的路面设施（包括井盖、泵站等）进行网格化管理、信息追溯管理，同时匹配相应的手机APP终端，实现部件事件的发现、检修路线规划、信息实时上传等操作和应用。

3.4 地下管线三维GIS子系统

利用三维技术展现地下管线（包括雨水、污水、电力、煤气、信息管线等）展示功能，实现可视化显示和查询等。

3.5 综合感知信息预警与应急处置子系统

利用GIS可视化技术，建立预案指挥模型，对地面、地下管道潜在的安全事故进行应急预案和指挥分析，应对安全突发事件、信息阈值预警的指挥协调和实时处置应用。

4 主要建设内容与方案

4.1 地图应用

通过采用先进的ArcGIS Server的API框架，为创建GIS应用提供可调用的解决方式。在客户端可以轻松利用JavaScript API调用ArcGIS Server所提供的服务，实现地图应用和地理处理功能。支撑平台采用B/S架构，需要使用中间件技术。对于其中的专题GIS功能，利用JFreeChart和WebGIS技术相结合，可产生满足市政市容业务需要的动态的可视化的专题效果。数据库应用中将采用异构数据库访问等技术。

空间加速引擎是指切片支撑技术，切片主要用来提高地图访问速度，将地图中稳定的地理要素预先进行切片。通过预切片技术可提高地图显示性能，缩短地图显示时间，对放大、缩小和常规查询分析提供地图缓存功能，避免因后台频繁调用数据库影响系统速度；地图切片查询与索引子系统，用地图切片查询与索引可针对具体范围内的地图进行查询，并返回范围内的切片信息，加快系统中地图导出和打印的效率。

地图基础功能包含以下4个方面。

(1) 地图显示操作功能，包括放大、缩小、全图、平移、鹰眼、图层显示控制、视图切换、测量距离、测量面积等功能。

(2) 地图查询功能，定位利用点图、框选、圈选、多边形等多种地图交互方式查询范围内的业务信息。

(3) 地图定位功能，指系统能够提供准确信息和模糊地址匹配，以便于实现业务信息上图功能，主要包括门牌号匹配和图层匹配；查询结果的当前页会在地图上以图标分布的方式显示出来，并且通过数字一一对应。

(4) 地图打印与导出功能，根据“所见即所得”的原则，可将地图在界面所显示的部分进行导出，导出的内容可

保持为图片或直接进行打印，获取纸质地图。系统需要支持三种地图保存方式，以满足用户对地图使用、空间分析等结果的使用需求。

4.2 设施物联网智能感知

(1) 窨井盖监测

窨井盖监测与控制系统可实现井盖开关状态的监测，并安装有电子锁，可进行远程开关控制。井盖开关状态显示：可通过GIS系统查看井盖的位置，同时可显示井盖的开关状态。井盖打开告警：当井盖被异常打开，传感器监测到井盖状态，将井盖打开信息传递至市政设施管理平台，平台可结合GIS系统在地图上井盖所处位置进行系统告警，提醒管理者处理。告警可以通过多种途径通知相关人员。

(2) 地道积水监测

通往地下出口通道，遇雨季，雨水容易顺着隧道积聚在隧道地势低洼处，车辆通过时造成安全隐患。需要在地道内部署积水监测传感系统，探测地道内的积水状况，并实时传输监测数据。当隧道内积水达到警戒值时，通过GIS管理平台进行告警，以便进行应急处理。传感设备布设的设计原则：在隧道地势最低处布点，布一个水位测点；由于隧道侧壁下有台阶，需要将积水引至水位传感器垂直向下位置，将传感器探头用三脚架支出略多于台阶宽度的距离，以便探头可“看到”水。

(3) 管道状态监测

区域内市政管网上的状态监测传感设备采集的数据以接口交换或数据库访问的形式传递给市政设施管理系统，系统可在GIS系统上结合管道的位置展示管道的状态参数，同时在参数异常时能够进行告警。

由于涉及管道传感器的安装需符合各类公用设施自身的技术标准和施工安装规范，需要进行管道状态监测的，所需的传感终端部署由管道的建设管理方负责，传感器所采集的数据需通过数据接口方式或数据库存储方式传给GIS系统，GIS系统可对数据进行处理、告警、展现等。以供水管网为例，对供水管道和增压泵站的状态实施监测，保障供水压力平衡、流量稳定，及时发现和预测爆管事故的发生。其中管道监测应包括如下几个方面。

- 采集管网压力、流量、流向、电池电压等数据。
- 将采集数据主动上报，支持定时上报和监测数据超限上报。
- 支持多种供电方式：大容量可充电电池供电、太阳能供电、市电供电。
- 支持有线、无线通信方式。
- 现场可存储、显示、查询压力、流量等数据及工作参

数,存储数据 ≥ 1 万条。

- 数据存储间隔、数据上报间隔可以设置。
- 支持远程升级设备程序、设定参数。

(4) 消防栓监测

考虑到消防栓的非法用水现象时有发生,缺乏有效的管理与监控手段,造成一定的经济损失,甚至会造成消防栓的损坏,影响突发的火灾灭火取水。依靠人力的巡查难以及时有效地发现问题,而且需要投入大量的人力成本。

消防栓由开启传感装置、数据通信模块和后台监控系统组成。当消防栓有开启或关闭动作发生时,消防栓监测端及时将信息通过通信模块发送至后台监控系统,后台监控系统发出报警,结合GIS系统进行定位并通知具体负责人员及时巡查,及时取证,同时能够提供用水时间和用水量的统计,便于后期处理,有效控制消防栓的非法使用。监测端设备安装在消防栓内,不影响消防栓的正常使用并考虑到防盗。设备需要有自监测功能,故障能够自动告警,具有IP67防水等级,能够在 $-80 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 的环境下稳定工作。

(5) 水位监测

设立一个一体化雨量积水水位监测站用于降雨、积水水位自动监测,具有数据智能采集,长期固态存储和远距离传输功能。监测数据可通过GPRS或CDMA通信方式传输到具有监测与预警功能的GIS服务平台。

监测站由太阳能电池板、内置电池、遥测终端机、雨量计、水位计、立柱等组成,提供多种电源管理模式,可实现低功耗工作模式下的双向通信;监测站需要一体化结构并具有出色的防雷特性,适合野外恶劣环境,是性价比高的雨量自动监测系统终端。

监测系统功能设计要求如下。

- 一体化结构,体积小,无需集成,安装简便,成本低廉。
- 雨量计分辨率任意可选,采用增量控制、定时控制两种数据发送触发机制。
- 具有大容量Flash存储,雨量数据可以存储5年。
- 采用太阳能供电方式,极低功耗控制,在无日照情况下能正常工作3个月。
- 支持GPRS/CDMA等通信方式。
- 支持自报、自报-确认、应答三种通信方式,三种通信方式可混合组网。
- 支持掉电、休眠、永久在线三种电源管理模式,可实现低功耗工作模式下的双向通信。
- 支持远程唤醒,响应中心命令。在监测站休眠状态下,中心可以随时唤醒监测站进行数据采集、读取任意时段自记数据或修改监测站配置信息等工作。
- 可实现对设备电源电压工作环境温度及系统状态信息

的实时监测。

4.3 网格化管理系统

(1) 基础地理数据管理

基础地理数据管理主要是针对加工区范围内基础设施图层(井盖、路灯、管线及信息基站等基础图层)、规划图层(功能区块图层、地籍图层等)的叠加应用、查询等相关操作应用。具体功能模块如下。

- 基础设施图层、规划区块图层叠加(分类分层图层叠加控制);
- 地图基础操作(针对地图的缩放、平移、量算等地图操作);
- 图层信息查询(对每类地理空间要素的属性信息查询和显示)。

(2) 设施地图服务应用

设施电子地图服务模块主要是针对商务区的路面基础设施进行分布、查询、浏览;对各个设施点按区域进行统计;重要里程碑的提醒和提供对设施点的在线编辑功能。具体功能模块如下。

- 设施点分布、信息TIP显示(图层在地图上分布显示、点击查询及TIP浮动窗口显示)。
- 不同颜色区分各个区域内的设施点统计(如数量型统计、维修率统计或者使用年限统计等)。
- 重点设施里程碑提醒功能(设置不同的里程碑节点,以闪烁图标方式自动进行重点管理项目的里程碑提醒)。
- 设施点图层在线编辑模块(对图层的空间图形要素进行编辑,包括位置、各个顶角位移、增减节点以及属性信息的编辑等)。

(3) 网格责任管理

将区域划分不同的责任块,每个责任块内所有监管设施点与监管干部进行挂钩,应用“一表式”登记模式,可以快速实现综合监管任务,检测或维修各类设施等,同时监管领导可以准确快捷地分派新增主体到相应的责任块进行负责监管。管理分派的功能可以分责任块划分、工作任务分派等功能应用。

系统的电子地图以4条道路围成的街坊为最小监管单位,监管区域可以由1个、2个或多个监管单位组成,每个监管区域与责任组设定挂钩,可以快速实现综合监管任务。在系统中每块区域以红线钩边,并显示责任人的姓名,通过GIS点图查询即可查询当前责任人监管的所有主体信息等。

系统会自动检索出区域内需要检测的设施点,并提醒监管领导。监管领导可在电子地图上确定主体所在区域后,分派给相应的监管干部。将市政设施巡检管理与GIS系统结

合,实现基于GIS的市政设施的巡检。通过系统实现巡检自动化:编制巡检计划,下发巡检计划,按计划检查设备,上传巡检结果数据、巡检统计报表,管理人员查询分析;整个巡检流程都通过应用系统进行管理;同时巡检人员不需要再填写各种巡检表格,可通过巡检终端记录巡视人员、时间、设备、巡视情况等信息,并按照要求查询、打印报表,真正实现巡检工作的无纸化;巡检员巡视设备时,如果设备当前的监测数据超过规定的上下限,移动终端会立刻报警,提醒巡检员重点检查。移动巡检终端还是一个便携式专家库,系统会自动提示巡视人员要巡视的条目;另外还可通过对位置、RFID标签的跟踪,及时了解巡检人员的巡检进程,发现人员不到位、漏检等问题。

市政设施巡检管理方案设计分为两个部分:移动巡检终端和后台管理系统。设备巡检人员可通过手机等移动设备收集设备的状态、参数、描述等信息,并通过无线网络即时把数据传回后台管理系统。管理人员可通过后台管理系统即时查看巡检人员采集的信息,可以发通知或任务给巡检人员;通过对设备数据、巡检记录数据的统计分析实现对设备巡检精细化管理。

(4) workflow 管理

工作流引擎通常包括三大主要部分,即工作流定义模块、业务流转模块、工作流程监控子系统模块。

工作流定义模块。该模块通常由系统管理员负责管理和维护,根据业务特点,在系统中对工作流元素进行定制。

业务流转模块。该模块主要由业务办理人员使用,系统采用用户管理模式,根据业务办理人员的权限定制系统的界面,只允许办理有权限的相关业务,并在工作流控制数据的支持下实现业务的批转、回退、移交、查询等一系列功能。

工作流程监控子系统模块。该模块由监督部门或部门领导使用,主要用于查询和统计业务办理部门和责任主体的业务办理情况,对超期或重要业务进行督办。该模块生成的统计结果可以供综合评价子系统使用,作为工作效率评价的依据。

工作流引擎。工作流引擎是工作流系统的核心,管理员通过工作流定义工具实现工作流相关元素的定制;根据其角色为业务办理人员列出相应的工作列表,由工作流引擎根据选定的任务调用相应的子系统来办理相应的业务。工作流引擎集成业务流程流转规则设定、业务流程的角色配置、用户工作任务角色设定、工作任务列表等功能,为具体的一项工作任务实现自动化调度。将业务系统和工作流系统紧密结合在一起,从而实现工作任务管理和业务办公的一体化。

应急预案可根据事件类型自动提示该类事件的处置预案,为快速高效地作出处置提供决策参考。应急预案通常由应急知识库积累形成。应急事件的处置统计可根据终端单位按事件类型,以周、月、季度、年为时间尺度对其进行统计

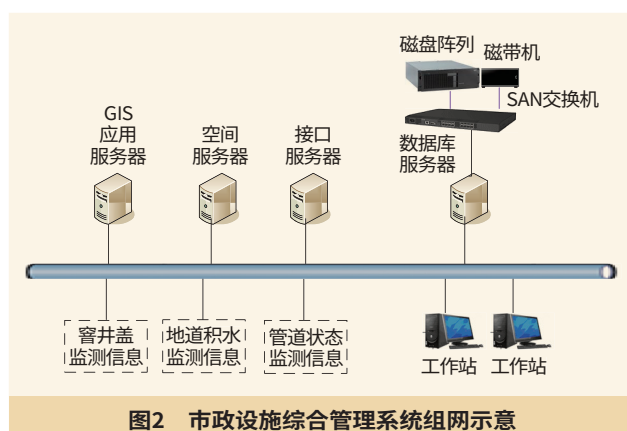


图2 市政设施综合管理系统组网示意

分析,用统计图、表、GIS专题图等进行表示。

4.4 数据挖掘分析

(1) 大数据挖掘服务子系统

市政管理综合运行调度中心整合国土、公安、城管、排水、供水、环卫、路灯、桥梁、应急、消防和人防指挥等各部门数据资源。这些数据代表着种类繁杂的业务状况,有着难以统一的应用规律。

大数据挖掘服务子系统通过提供灵活可视化的操作方式,在为综合运行调度中心及专项应用系统提供数据挖掘和报表分析支撑能力的同时,使缺乏IT技术背景的业务人员充分利用权限内数据资源,快速进行数据挖掘,构建所需报表成为可能,通过提供多种多样的展示形式,这些报表能够适应不同场景的应用,解决统计分析功能难以适应城市管理业务发展和数据结构、数量变化的难题。

(2) 城市事件空间分析子系统

将城管、市政、环卫、人防等城市事件以地理信息手段直观展示,并以大数据的手段分析利用,根据行业、类别对数据进行分类以观察其分布、密度情况,根据最近邻算法预判同类事件的多发位置;依据频繁项集产生的强关联规则进行聚类,挖掘不同类别事件之间的关联,达到预判问题的发生,服务于城市联合调度工作的开展,为城市决策提供支撑。

(3) 市政管网安全评估子系统

在市政设施普查数据基础上,结合城市基础地理空间数据、市政、城管等业务数据进行分析和挖掘,对市政管网进行风险隐患分析,建立市政管网风险分析模型,提前预防管网事故的发生,实现城市地下管线的安全运行。

4.5 组网逻辑构架

市政设施综合管理系统由管理终端设备、中央局域网、

(下转123页)

城市4级通信消费商圈梳理模型构建思路

沈楠 谢昊洋

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

探索有效地梳理城市四级通信消费商圈，形成可指导、可操作的工具模型，锁定城市主要商圈，支撑运营商优质渠道拓展。

关键词

4级通信商圈 商业业态 数理模型

1 “3+1”4级商业体系将成为发达城市的主要商业服务形态

商圈是辐射一定范围，坐落于一条或多条街道路段，聚集一定数量、足够规模和多种业态的店铺群。

纵观城市商圈发展趋势，以上海为例。上海经历淮海路、南京路为代表的商圈1.0模式，徐家汇、五角场为代表的商圈2.0模式，到万达、宝龙广场为代表的商圈3.0模式，在上海一般呈现多种形态，有多个大型商业体组成的市级/区级商圈（如徐家汇、五角场等），有单个商业体为核心的区级商圈（如宝山万达、周浦万达等），有沿街分布为主的社区商圈或乡镇商圈等。上海市未来将以“3+1”4级商业体系作为主要的商业服务形态，在全市构建“市级商业中心、地区级商业中心、社区级商业中心、特色商业街区”为核心的“3+1”实体商业体系。

2 梳理模型构建思路

商圈梳理模型主要是根据上海市商业分布特点将商圈区分为市区级商圈、大中型综合商圈、居民消费商圈、居民消费街区4级，大部分的商圈是商业综合体、综合商场、生活消费型超市（大型如沃尔玛、家乐福，中型如联华、华联，或小型郊区连锁超市）、品牌连锁快餐店（如麦当劳、肯德基、星巴克、必胜客等）、家电、手机类销售门店（国美、苏宁、迪信通等），中国电信、中国联通或中国移动营业厅，若干手机小销售门店等业态的不规则排列组合，因此，商圈模型主要规则如下。

- 市区级商圈沿用市商委公布的核心商圈；
- 大中型综合商圈主要是以大中型综合体为中心，通

常辐射范围较大，围绕大中型综合体一般会形成一定规模的商圈；

- 居民消费商圈主要是服务周边居民，通常辐射周边2~5km的居民，主要是依托大中型生活超市，如沃尔玛、家乐福、乐购等，围绕超市形成一定范围内的商业聚集效应，可以定义为居民消费商圈；

- 居民消费街区分布范围更广，规律性更不容易把握，由于上海居民消费能力较强，通常分布在大中型商圈的知名连锁门店（如肯德基、麦当劳、必胜客、星巴克等），逐步从大中型商圈向消费街区转移，结合生活消费类超市（联华、华联、农工商等）可以对居民消费街区进行界定。

2.1 基于4级商圈业态构成特征，明确需要搜集的商业业态种类和相关信息，形成全量商业业态详表

基于前面假设的商圈主要业态构成模型，初步搜集整理商圈包含的生活消费和通信消费类的各类门店信息，包括大中型商业综合体（以万达、宝龙广场为代表）、大型综合超市（以沃尔玛、家乐福、乐购为代表）、连锁性消费门店（以肯德基、麦当劳、星巴克、必胜客为代表）；通信类商业门店信息包括运营商专营门店、通信销售中小门店、家电连锁门店、手机连锁门店、厂商门店等。

成熟商圈具备丰富的商业业态，以上业态均可归属到不同的各级商圈中，信息收集方式可以选择品牌官网、大众点评网或者工商注册上查询营业状态“正常”的关联公司等；在业态信息收集内容上要包括商业类型、品牌、门店名、地址等基础信息，最终形成不同类型商业门店的全量表。

2.2 基于4级商圈体系，与商业全量表格进行地址匹配，形成4级商圈全量表

由于具备现有资料与商圈范围，最高层级的市区级商圈是最容易梳理的一部分，但其余部分就需要借鉴商业信息归纳及收敛法进行梳理。

(1)以街道为最基本的地理划分维度，确保全市社区/乡镇商圈不重不漏，并与街道建立地理映射关系（部分社区商圈跨多条街道，需进行人工判定修正）。以上海为例，目前全市共有215条街道，有明确的地理边界，定义为215个商圈所处的地理单元。

(2)基于社区/乡镇商圈模型假设，通过网络爬虫和外部信息获取等方式将搜集的各类生活消费类及通信消费类店铺地址信息进行归纳处理，并收敛至道路、街道两级。

(3)将生活消费类和通信消费类门店的收敛道路结果进行交叉分析，并进行去重补漏，形成一份全面的商圈可能存在道路列表并导入地图系统，系统判定店铺所在的街镇区域和路段，并将交叉的道路归并到同一潜在社区商圈进行考虑，形成道路列表清单。

(4)将道路清单与市商委公布的商圈道路进行交叉比对，去除了在市级/区级商圈范围内的道路。经过处理后，最上层的市区级商圈清单与各商圈内的商业网点及主要道路清单即可生成。

(5)以大中型综合体为中心，如宝龙、万达等大型商业综合体，在电子地图系统上判断商圈辐射能力，以商业不发达道路进行范围切分，确定商圈范围，最终形成第二层级的大中型综合商圈，并形成相应的商圈清单及商圈商业网点明细。

(6)将依托大中型生活超市为中心，如沃尔玛、家乐福、乐购等大型生活超市，依照上一级商圈梳理流程，最终形成第三层级的居民消费商圈，并形成相应的商圈列表清单及商圈商业网点明细。

(7)消费街区第4层级商圈，是分布范围更广的商圈，规律性更不容易把握。由于上海居民消费能力较强，通常分布在大中型商圈的知名连锁门店（如肯德基、麦当劳、必胜客、星巴克等），逐步从大中型商圈向消费街区转移，结合生活消费类超市（联华、华联、农工商等），将生活消费类和通信消费类门店的收敛道路结果进行交叉分析，并进行去重补漏，形成一份更为全面的列表。将所有门店位置信息导入地图系统，系统判定店铺所在的街镇区域和路段，形成列表清单，并将道路清单与市级及区级商圈的道路进行交叉比对，去除了上面三级商圈内的道路，可以对居民消费街区进行界定。

2.3 基于4级商圈列表及相关信息，针对通信消费能力进行商圈类型划分，进行标签化管理

由于之前搜集全量通信销售业态信息，并已经通过技术

手段关联到各级商圈，因此可以基于统计的通信类门店和生活消费类门店明细和数量，将全量商圈区分为通信消费型商圈和综合消费型商圈，主要规则如下。

情况1：商圈范围内，通信类门店总数达到一定数量即可判定为通信消费型商圈。其中，该类商圈中的“通信集中街区”是通过门店地址集中情况进一步判定。如果商圈内通信业态门店数量大于一定数量，而且集中在商圈中道路的某一段、某一段与1~2条其他道路的交汇处，则判定为“通信集中街区”。

情况2：商圈范围内，通信门店总数略少于情况1，但其中具有手机销售能力的通信类型门店较多的商圈亦可判定为适合通信消费型商圈。

情况3：不符合上述特点的商圈判定为综合消费型商圈。

2.4 基于4级商圈列表及覆盖范围，通过网络爬虫等技术手段获取商圈租金水平

针对形成的商圈列表及确定的商圈大致范围，通过外部资料和网络爬虫相结合的方式确定商圈的租金大致范围、交通情况等，为运营商进行渠道拓展提供参考。其中商圈租金代表运营商开拓商圈的最直接成本支出，可作为辅助参考依据，获取方法采用网络爬虫解析网站页面，根据商业租赁网站定制化获取信息。主要获取思路和步骤如下。

(1)明确需要获取商业租赁网站的网址，从初步整理成果看，安居客、房天下和租铺客网的信息质量较高。

(2)通过网络爬虫解析网站页面，不同网站由于页面编码字段格式不同，需要通过定制化抽取获取名称、租金、面积、地址及每平方米价格等信息，并对各级商业租赁信息进行采集。

(3)数据比对和整合，通过和地块进行比对，获取地块平均租金。比对方式为商圈需包含路名以及门牌号范围，通过爬取地址的比对落入，确认此地址落入商圈范围，再次整合计算所有此商圈门店租金的平均价。

(4)基于技术手段，给出所有门店的基本信息报表，并给出各级商圈租金均价，最终形成的商圈全量清单。

3 实施建议

随着产城融合发展、多中心布局、郊区新城、大居的进一步完善，基于“3+1”4级商业体系，基于人口大量导入的重点区域形成的次商圈，推动消费“就近”。因此，围绕消费行为集中发生的场所，运营商在向终端销售引领模式的转型要求下，为更多拦截移动新增或换机客户，面向各级商圈进行渠道布局将显得尤为关键。因此，本模型对运营商具有十分重要的指导意义。

该模型的应用范围可以扩展到众多发达城市及需要实体渠道拓展的行业。在商业快速变幻的今日，在缺乏城市全量商圈权威信息指引的情况下，本模型可以帮助客户快速梳理一套适合自身特点的渠道拓展清单，提升客户的渠道拓展效率。本模型具有较大的市场拓展空间，后续可以再探索基于更加先进的技术手段提升模型的效率和精度，并且基于商圈内的销量、销售潜力、人流量构建商圈消费潜力模型，是商圈模型后续可以优化的主要方向。

参考文献

- [1] 上海市商业网点布局规划(2014—2020年)[Z].上海市商务发展研究中心,2014
- [2] 金毅.中国重点城市商圈分析与商家选址参考[M].北京:化学工业出版社,2016

(上接120页)

现场设备、GIS平台、应用软件等构成。管理终端设有多个席位，放置在工作站。工作站采用一机两屏（一屏显示GIS，一屏显示数据），中心机房是整个系统的后台，放置服务器以及存储设备，用于部署各类软件和存储各类数据；同时，远端的监测信息可以通过网络传输至系统后台。市政设施综合管理系统组网示意如图2所示。

5 结束语

建立统一有机的市政设施综合管理系统是智慧城市建设的基础任务之一，为市政管理者提供智慧管理的驾驶舱，可以从容应对市政运营的各方面挑战。

参考文献

- [1] 王丽娜,周彦灵,马小宁.智慧市政理念及其在规划中落实的研究

(上接115页)

化支撑，即对IaaS、PaaS、SaaS组合业务的多样化支撑，建立面向IDC网络、业务及客户的立体化分析模型，实现IDC智能化运营。

5 结束语

DCIM统一运营支撑系统的出现与发展，必将促进数据中心信息技术和设施管理的综合集成，将成为数据中心管理的主流趋势，对数据中心有效的综合管理具有非常积极的作用。随着运营商对DCIM认可度的不断提升，DCIM必将在

出版社,2016

- [3] 齐晓嵩.城市商圈发展概论[M].上海:上海科学技术文献出版社,2007

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

作者简介

沈楠

毕业于哈尔滨工程大学，产业经济学硕士研究生学历，国家注册咨询工程师（投资），主要研究方向为运营商渠道运营和管理优化，运营业务和模式创新等领域。

谢昊洋

硕士在读，现就读中国人民大学企业经济学，专注运营商市场营销规划、渠道体系构建等研究方向。

- [A].中国城市规划协会.城乡治理与规划改革——2014中国城市规划年会论文集[C].北京:中国建筑工业出版社,2014

- [2] 刘洋.对智慧城市中智慧市政的展望[J/OL].城市建设理论研究:电子版,2013(18)

- [3] 张小平,庄宝玉.智慧城市对传统市政基础设施规划的要求——以天津市文化中心周边地区市政基础设施规划为例[A].城市发展研究编辑部.生态城镇·智慧发展——2013城市发展与规划大会论文集[C].北京:中国城市科学研究会,2013

- [4] 江爵伟.市政管理信息化规划的探讨[J].现代计算机,2005(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

徐进

硕士，毕业于同济大学，高级工程师，长期从事电信行业业务网技术咨询工作，多次参与电信运营商相关技术和规范研究。

国内数据中心行业获得更大的发展。

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

丁聪

工程硕士，毕业于同济大学，高级工程师，主要从事数据中心机房的勘察设计工作。

沈巍

工程硕士，毕业于同济大学，高级工程师，主要从事数据中心机房的咨询规划工作。

运营商新型ICT业务案例探讨

仇月芳

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要 分析传统ICT业务瓶颈,提出新型ICT业务的转型方向,通过对运营商新型ICT业务案例的分析,提出LSN云数据中心端局模式,带动ICT业务产业链发展。

关键词 ICT LSN系统 Spine-Leaf 大二层网络架构

1 引言

在ICT业务寻求转型的背景下,电信运营商推出基于区域智能信息服务云节点LSN(Local Service Node)理念的云网融合统一平台,提升双创园区服务能级,带动上海地区ICT产业链发展。该平台将专业电信服务及应用延伸到用户桌面,为双创企业提供以租代建、按需扩展、即开即用、通信及IT服务一体化服务,使创业创新者无需单独开发信息化网络系统,无需设立专门的IT及网络管理员,大幅降低信息化运营成本。

LSN是区域的综合信息服务节点,通过将运营商传统端局升级重构为云化vDC,点面结合布局ICT综合服务能力,可以为企业用户提供属地化的政企业务和行业解决方案。对企业用户可以提供一站式的各类云服务,如基于云桌面的无盘、基于云统一通信的可视电话、云视频会议,以及云打印等企业业务。

2 新型ICT业务转型方向

运营商ICT业务将向如下几个方向改变。

(1) 打造优质网络平台

网络是运营商ICT业务的基础,优质的网络平台不仅可以提升ICT业务的质量,还是解决宽带短板问题的关键。因而必须通过技术创新,积极跟踪世界通信技术的发展方向,抓紧传统宽带通信网络的升级,实现通信网向宽带化、综合化、智能化的融合信息网络过渡,加快打造一个高覆盖的优质网络平台。

(2) 完善运营服务机制

ICT业务运营过程是一个包括需求分析、资源整合、产品研发、推广实施以及客户服务等多个环节在内的闭环体

系。由于电信运营商的前后台执行链条较长,极易产生信息不对称、职责不清晰的情况,常常造成业务整体运作效果降低,因此电信运营商在ICT业务运营过程中可以引入产品经理对产品的运营过程进行管理。产品经理应该对产品实行全程管理,既可以保证产品研发的速度,又可以保证产品定位的准确性。产品经理在产品开发管理过程中组织一个强大且专业的团队,使各个职能部门的责任能够有效地对接,减少部门协调的时间和精力,从而有效提高产品运营的效率。

ICT业务的专业化特征决定ICT业务涉及电信运营商的市场营销和业务办理、网络规划和设计、网络建设和安装、定价和收费、网络管理、客户服务等多个职能,因此ICT业务项目小组应该由客户经理、业务专家、技术人员、服务人员共同组成。ICT项目小组要实现跨单位跨部门前后联动,在全网范围内有机协调资源,提升服务效率和服务质量。

(3) 加快支撑平台建设

电信运营商应加快ICT业务支撑平台的建设,建设和完善网络监控管理系统、账务系统、数据采集系统、客服系统、认证系统等网络信息平台,使其能够保证和支撑各种ICT业务所有环节的顺利实施,对复杂而又个性化的集团客户需求做出快速的反应。使业务支撑系统从简单的花费账单出单工具,变成运营商实现ICT业务综合管理的支撑平台,进而以ICT业务支撑平台为基础,提高部门之间的组织协作能力。

(4) 提升业务管理水平

ICT业务的不断成长需要不断规范业务操作,制定相关规定及章程,以实现ICT业务的规范化、体系化运营,保证ICT业务的健康发展。同时,由于客户需求的规模越来越庞

大,业务量在不断上升,对市场的进一步挖掘和对现有业务信息的管理都要求运营商必须不断加强基础数据的管理。将摸底工作变为一种长效机制,提升潜在客户的基础数据质量,以保证对客户信息的准确把握,促进ICT业务的进一步发展。为了提高管理效率,应加强对各类工作过程的量化管理,如各类时限标准、产品上线和系统上线的验收标准、工作推进效果的定量评估标准等。

创新行业解决方案定义ICT及行业市场竞争新格局。未来,IT支出的增长将主要由基于第三平台、新的高价值的创新型解决方案驱动。这些下一代“杀手级”应用将主要聚焦于特定行业,借助社交化、移动计算、大数据以及云计算等,提升企业开发竞争力产品与服务以及创新业务模式的能力,帮助企业转型、扩张及创新。

3 运营商新型ICT业务案例分析

LSN通过本地化云数据中心为家庭和企业用户就近提供综合信息服务,是ICT业务模式的创新。LSN系统充分利用现有电信运营商的光纤宽带接入网络,基于NFV(Network Function Virtualization,网络功能虚拟化)、SDN(Software Defined Networking,软件定义网络)等网络技术构建多租户云数据中心。通过综合统一的接入方式,采用大二层网络技术,将LSN云数据中心、电信运营商光纤接入汇聚网络、CPN有机集成为承载综合ICT服务的网络基础设施架构。向区域内企业、家庭、社区、个人等客户提供端到端的一揽子综合信息服务解决方案。

3.1 系统建设目标

功能目标:实现承载企业用户及家庭用户应用的端局综合信息平台,提供公网接入能力、VPN专线接入能力、语音接入能力与GSN互通能力。

业务目标:实现1000户小型企业用户LSN业务承载能力,提供云主机、云存储、网络接入、云路由器、云防火墙、云负载均衡、云监控、云门禁、云迁移、云镜像、统一通信及协作平台、统一办公桌面及管理平台、办公自动化、信息化服务等云服务。

3.2 用户接入方式整合

(1)用户接入组网现状及存在的问题

家庭和企业用户综合业务接入的网络总体架构现状:用户多业务通过光网综合接入,在汇聚交换机处通过不同端口上联到城域网中不同的业务终结设备实现业务分流以及VLAN终结。

这种多边缘组网在宽带多种业务需求旺盛、网络设备

能力有限的特定历史时期曾经非常好地支撑上海电信公众上网、IPTV和NGN话音、企业专线等典型宽带业务的实现。但是随着用户需求的更新、网络技术的演进和设备能力的发展,这种组网方式日益呈现如下问题。

- 运营成本的挑战。家庭和企业用户几乎所有的业务访问流量都要穿越城域骨干网,导致当宽带业务提速时,城域骨干网需即时大规模扩容,带来成本的大量消耗。同时,城域骨干网的快速膨胀也带来更大的运维风险和压力。

- 业务发展的挑战。一些业务需要端到端二层组网(如无盘等),而现有组网无法为用户提供一个高性价比的端到端二层vDC通道。

- 市场竞争的挑战。越来越多的互联网内容提供商开始做虚拟运营,为互联网用户提供多种宽带服务,对电信运营商形成巨大威胁。类似于互联网内容提供商提供的宽带网络及内容,上海电信虽然拥有最后一千米的强大优势,所提供的宽带综合业务却几乎不具备任何差异化竞争优势。

(2)用户接入组网解决方案

家庭和企业用户综合业务通过LSN系统接入网络总体架构。如果在本地端局建设LSN节点,利用现有城市光网可以为家庭和企业用户提供尽可能多的本地化业务访问。家庭和企业用户基于光网接入LSN的组网总体架构如图1所示。

引入LSN节点后,为了尽可能利用旧有网络及其资源配置,现有城市光网业务仍延续原有业务逻辑和流程,而将LSN新型业务部署在LSN节点中,为用户提供本地内容访问。

与现有家庭/企业的宽带综合业务提供模式相比,图1中的LSN组网模式具有如下优点。

- 运营成本的降低。可以在本地局端部署服务,可以通过LSN节点为家庭和企业用户提供,避免相关业务访问流量穿越城域骨干网,降低骨干网成本。同时,有限的宽带流量进入城域网,在一定程度上保证城域骨干网的安全、健壮性。

- 适应新业务的需求。通过在局端部署基于大二层技术的LSN节点,可以为用户提供一个从光接入网到LSN的高性价比端到端二层vDC通道,满足二层通道类特定业务的承载需求。

- 打造差异化的竞争力。上海电信利用最后一千米的优势,将尽可能多的信息化服务就近提供给用户,灵活便捷地实现高带宽承载和本地化服务,用户心理感觉、使用感知都得以大幅提升;尤其对于企业客户,通过提供本地化综合信息服务,使用户可以一点申请和接入,全部业务开通和提供,在业务开通效率和用户使用体验方面形成差异化竞争优势。

- 符合国际主流运营商网络发展趋势。ETSI国际标准化组织中大量主流国际电信运营商参与主导的NFV标准,提出家庭综合信息服务本地虚拟化、企业用户虚拟CPE接入等

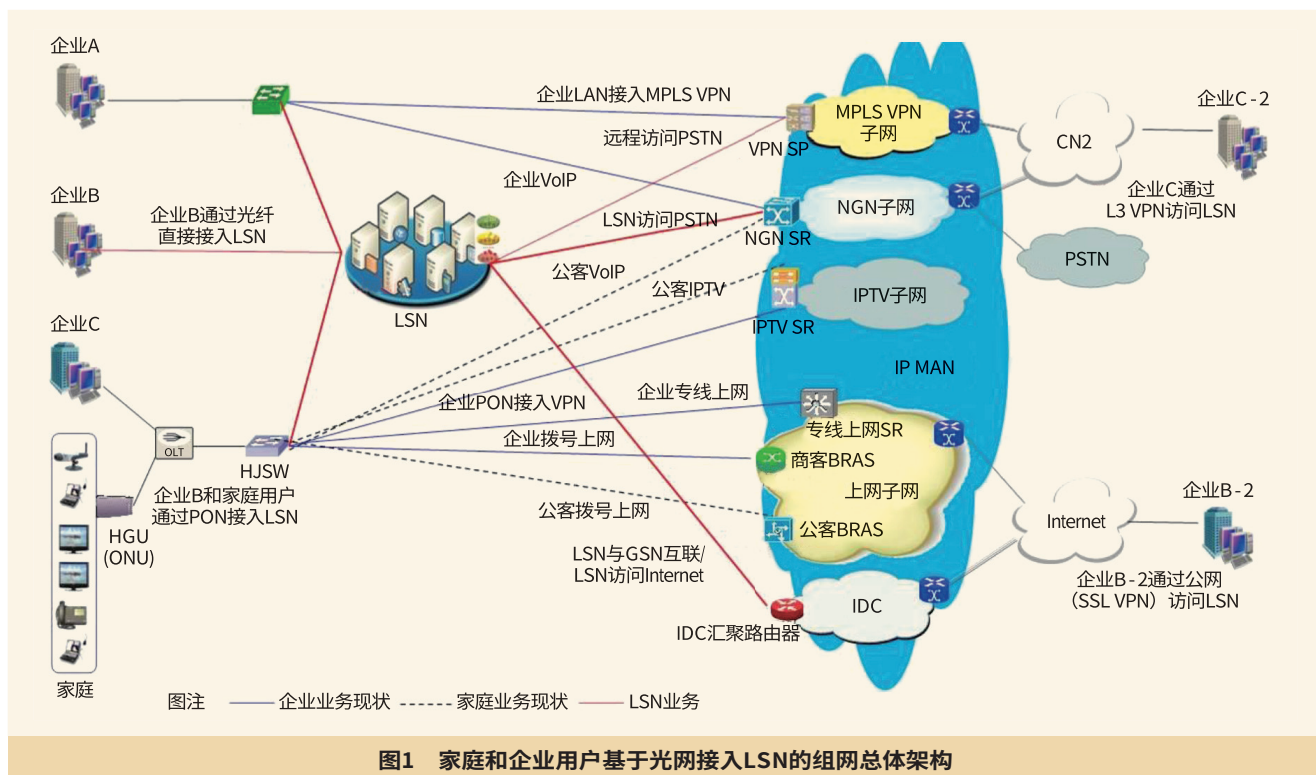


图1 家庭和企业用户基于光网接入LSN的组网总体架构

网络功能虚拟化应用场景需求，反映国际上家庭和企业用户综合信息化业务需求的发展趋势。

3.3 LSN内部组网创新

LSN本质上是一个vDC本地化实现。由于二层网络的简单、安全、对无盘及虚拟机实时迁移等新型智能信息化应用支持更好，因此适应NFV应用场景要求的vDC二层组网已是业界公认。

从组网架构来看，传统的IDC组网由核心、汇聚、接入三层组网架构实现。但是随着DC中云计算的引入，高密度的虚拟机部署需要更高的网络安全、更快的虚拟机迁移和访问提供，因此需要更加扁平化、健壮性的网络架构。Spine（骨干）-Leaf（叶子）的二层组网架构，可以实现任意两点之间任意时间的一跳可达，是目前业界公认的适于云计算部署的vDC组网架构，如思科、VMware、Arista、华三、Pluribus等虚拟化厂商都以Spine-leaf架构为主推vDC组网架构。

从技术流派选择看，目前vDC的Overlay二层组网技术，主要有VxLAN、SPB-M、NVGRE等。但综合标准成熟度、技术经济性、现网改造难度等因素考虑，VxLAN是目前较为适于现网部署的技术。目前，已有华为、思科、VMware、华三、Arista等厂商可提供VxLAN解决方案。

综上所述，LSN组网采用基于VxLAN技术实现内部交换的Spine-Leaf组网架构。

3.4 虚拟化网络功能引入

采用LSN接入方案之后，用户CPN与LSN之间是二层互联，因此可以通过SDN/NFV对用户提供服务。原有CPN侧实现CPN与外网访问的三层及以上功能都可以由对应NFV模块加载在LSN内的计算资源上实现，如企业CPN出口网关上的NAT、DHCP Server、三层路由转发功能模块以及如防火墙等其他三层以上的网络服务等功能模块，企业CPN的内网三层路由转发功能模块、LBS负载均衡功能模块、防火墙等其他三层以上的网络服务等功能模块。

参考文献

- [1] 吴志明. 面向ICT服务的电信网络架构及其技术实现[J]. 电信科学, 2014(8)
- [2] 朱正辉. 通信运营商ICT业务问题与策略探讨[A]. 北京联通系统集成中心. 2009年信息通信网络技术业务发展研讨会论文集[C]. 北京: 北京联通系统集成中心, 2009

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

仇月芳

本科，毕业于上海理工大学，工程师，主要从事上海电信城域网、上海电信区域云等的设计工作。

智慧城市信息基础设施规划浅析

刘冬宇

上海邮电设计咨询研究院有限公司

摘要

主要结合智慧城市和信息通信技术的发展趋势,阐述信息基础设施规划新的内容、思路,最后以上海为对象研究与城市规划体系相对应的信息基础设施规划分层体系。

关键词

智慧城市 信息基础设施规划 融合设施 城市规划

1 引言

以信息技术为基础设施的智慧城市建设,有利于解决城市发展问题,提升城市信息管理水平,促进高端产业发展创新。信息服务已然成为城市发展的推动力和关键要素,利用信息要素建立城市信息服务体系,提升城市的管理水平,是提高城市综合竞争力的重要途径。建设高效可持续的智慧城市信息服务体系,对于提升城市管理水平、推动城市管理信息化和智慧化的快速发展具有非常重要的现实意义。

信息基础设施是推进城市信息化的重要基石,是城市承载力的重要体现。信息基础设施作为重要市政基础设施之一,为区域各主体的通信和信息化应用提供基础设施层面的保障。一是信息基础设施要满足城市总体需求,与城市规划(总规、控规等)相适应;二是信息基础设施的建设不可避免地需要土地、地下空间(管位)、电力配套等城市公共资源的支撑,从合理利用资源的角度出发,需要在城市规划的统筹下与其他专业规划相互协调;三是通过市政专项规划与城市规划的有效对接,可加强各类基础设施要素的落实,有利于后续开发建设的落地。因而智慧城市建设的首要任务就是制定新的通信基础设施规划标准,最大程度上确保通信基础设施有足够的用地空间。

2 未来信息基础设施发展趋势

信息通信行业技术发展变革迅速,支撑网络发展的信息基础设施无论从内涵外延、物理形态尺寸,还是以空间布局特性都发生显著的变化。短短的几十年时间,信息基础设施从服务于传统的固定电话和窄带上网过渡到支撑移动通信、光纤宽带以及数据中心的快速普及,其内涵和种类、服务的

对象得到扩展。可以预见,为未来趋于融合的信息通信、互联网、物联网的多种业态及智慧城市建设提供服务的融合泛在的信息基础设施将是大势所趋。

随着智慧城市建设的推进,通信行业技术体制的变革,移动互联网、物联网的蓬勃发展,跨行业的融合发展,信息基础设施从内涵定义、承载方式、配置要求都将发生显著的变化,信息基础设施从单一的服务于通信行业这一角色转变为为城市各类信息化需求提供承载和支撑,服务于最终用户和社会。

传统意义上的通信机房、公用移动通信基站、基础通信管线、数据中心等设施将不仅仅服务于现有的行业,借助高速无线技术、物联网传感技术、云计算技术,其服务对象可能扩展至其他各领域。随着智慧城市建设的推进,对信息化有较大需求的物流运输、电力能源、工业制造业及政府各专用职能领域(公安交通、环境、水务、环境、教育、医疗、民政等)原有封闭的基础设施将迈向开放,在技术经济可行的条件下与传统的信息基础设施发生集约化融合,达到节约资源,减少对公共空间资源占用的目的。从长期发展的角度来说,任何与城市信息化相关的有源无源设施都有可能纳入城市公用信息基础设施的范畴。

3 信息基础设施发展及布局趋势分析

信息基础设施发展的预测离不开对过去不同发展周期的分析和总结。我国的信息通信行业从改革开放以来,经过垄断经营时期,到引入竞争,政企分开,并在2008年深化电信体制改革后形成电信市场全业务竞争的格局。进入21世纪后,随着技术、应用和行业体制的变革加速,传统固定通信正在逐渐退

出舞台，移动通信、高速宽带、互联网云计算时代已经来临，并且正向未来智慧城市演进，信息基础设施的内涵、种类、空间布局特性、建设规模都在发生显著的变化。

3.1 信息基础设施布局发展分析

从设施的内涵种类、空间特性、建设规模角度分析，信息基础设施服务于传统的通信网络，受限于设备集成度和接入技术能力，对通信局所普遍占地较大、传输线路占用较多的地下通信管位或架空线，随着移动通信、光纤高速宽带、互联网云计算的发展，移动通信基站和数据中心的需求显著上升，单位设施的颗粒度明显下降，机房面积需求减少，数据中心规模上升。可以预见的是基于泛在融合、智慧城市的背景，信息基础设施的空间尺度会继续变小，规模变大，但是部署灵活度和融合度会提升。

从设施服务的行业、特征及城市空间布局角度分析，信息基础设施的服务对象从固定电话广播网络逐渐向新一代通信网络（固定+移动）、互联网、物联网、行业专网角度转移，可以预见在未来会成为智慧城市公共承载的一部分，设施特征经历单一化至异构专用、重复割裂的过程，融合集约成为未来的发展趋势。从城市空间布局角度来讲，信息基础设施逐步从平面化向互联化、高密度、扁平化发展，国际化、立体化、面向社区化是信息基础设施的主要发展趋势。

综合上述对关键技术/应用的分析，未来信息基础设施的发展将呈现如下4个特点。

(1) 基站形态多样化，总量结构发生变化

随着下一代移动通信技术的发展，将新增大量新形态的移动基站（包括小蜂窝、微蜂窝）。宏站规模保持平稳并逐步下降，小微基站规模增加。WiMAX、卫星等无线通信，下一代Wi-Fi以及光通信等通信技术，公共场所和城市热点地区的Wi-Fi对站址的需求也会快速增长。

(2) 传输技术发展，末端承载方式多样化

物联网等应用的普及带来较大的数据传输需求，推动接入网、城域网、骨干网的进一步发展。城市骨干通信网络以光缆网络为基础，末端接入网络传输技术多样化。骨干通信管道规模基本保持平稳，末端接入管道需求有所增加。

(3) 接入技术多样化，空间布局规律变化

承载多种接入技术的综合接入点需求有所增加。大中型局房数量保持平稳，小型接入点机房布局趋于合理。

(4) 数据中心需求大，建设布局 and 模式具有不确定性

智慧城市发展对数据中心的需求越来越大，由于土地及供电等客观限制，部分特大城市（如上海）建设大型数据中心受限，宜鼓励发展高端数据中心。

3.2 融合设施发展趋势

通过将遍布城市的摄像探头、微基站、信息发布亭、广告牌、路灯整合在一个灯杆载体上，在资源节约、集成、共享的基础上，可形成智慧城市建设的创新载体，肩负起承载智慧城市多元应用功能实现的重要作用，同时还可以通过与区域特色历史文化的结合，成为城市一道亮丽的风景，提升城市发展的活力和内涵。

从空间布局和建设进度安排角度出发，融合设施近中期重点在于中心城区景观道路、新建重要道路试点，远期结合市政道路设施改造完善，逐步更新替换原有市政设施。

4 信息基础设施规划内容及思路转变

4.1 整体思路的转变

信息基础设施与城乡规划原属两个不同的专业领域，信息基础设施规划呈现用户需求至网络需求至基础设施需求的思路，城乡规划从综合平衡公用资源的角度需要对各类要素进行通盘考虑，进行一定的合理控制。两种思路在信息通信技术发展迅速、城市快速发展的背景下发生碰撞，从长远发展的角度分析，需要开创需求与规划要素控制相结合的双向融合规划新思路，最大程度上降低规划建设思路上的刚性与技术需求发展不确定性之间的矛盾。

4.2 规划思路的转变

移动互联网时代的去中心化效应对信息基础设施的规划思路产生决定性的影响，来源于传统通信网络分级分区的思路将发生明显的转变，融合的网络、融合的传送接入、融合的泛在终端带来的扁平化特点，对信息基础设施的要素布局提出扁平化、普遍服务、泛在融合化的要求。从规划思路角度来说，需要逐步打破原来国际、省际、城乡、中心城区、郊区差异的概念，形成符合未来发展的规划思路。

4.3 基础设施建设布局思路创新

借鉴国内外的先进经验，积极探索实践在重要的商业商务区、公园绿化景观区、城市风貌保护区域，实现智慧城市信息基础设施与市政设施的融合（路灯杆、电话亭、指示牌、广告牌等）。

基于未来统一开放的智慧信息基础设施发展趋势，积极发掘通信网络承载设施、物联网设施、各类智慧城市应用系统承载设施的共性需求，加以整合集约化，节约资源，推动通信、广电、电力通信等存量资源的充分共享融合。

借助视距波或非视距波技术，探索实践打破存量驻地网中红线内外的藩篱瓶颈，即市政主干道路有线传输+无线中继传输+驻地网有线接入。

表1 专项规划体系

对应城市规划体系	信息基础设施规划体系	规划内容
城市总体规划	上海市信息基础设施总体规划	(1) 确定通信业务普及率指标,预测全市通信业务总量; (2) 确定信息基础设施中机房的等级与层次; (3) 确定一类、二类机房的布局与数量; (4) 确定市域道路管道布局; (5) 确定基站布放密度; (6) 绘制信息基础设施总体布局图,编写信息基础设施总体规划说明书
城市分区规划	信息基础设施分区规划	(1) 确定分区通信业务普及率指标,预测分区通信业务总量; (2) 确定分区一类、二类机房的布局与数量; (3) 确定分区市域、干线道路管道布局; (4) 确定区内各场景的基站布放密度; (5) 绘制区域信息基础设施总体布局图,编写区域信息基础设施总体规划说明书
控制性详细规划	信息基础设施控制性详细规划	(1) 确定详细规划区中各类用户的通信业务需求指标并进行通信总量预测; (2) 确定详细规划区各类机房的数量及其位置; (3) 布置详细规划区内各类道路上的通信管道的分布、管孔总量及分配; (4) 确定详细规划区移动基站的数量、位置; (5) 绘制信息基础设施控制性详细规划图,编写规划说明书
修建性详细规划	工程设计内容	(1) 确定规划区中各类用户的通信业务需求指标并进行通信总量预测; (2) 确定规划区各层次机房的数量、位置、面积、机房内布局安排等详细建设方案; (3) 布置规划区内各类道路上的通信管道详细建设方案; (4) 确定规划区移动基站的详细建设方案; (5) 投资概算(预算); (6) 绘制信息基础设施建设方案图,编写设计说明书

规划(电力、环卫等),构建专项规划体系,具体见表1。在层次及内容深度上有效对接城市规划体系,保证信息基础设施逐步逐层纳入城市规划。

6 结束语

基于对智慧城市发展背景下的信息通信技术、政策、行业环境等因素影响的研究,结合城市规划体系元素,分析几大主要信息基础设施的布局规律,分析面向未来的信息基础设施发展趋势及布局特点,构建符合未来发展趋势的分类分层规划

体系,提升信息基础设施在城市基础设施发展中的地位。

参考文献

- [1] 张永民.智慧城市总体方案[J].中国信息界,2011(3)
- [2] 吴志强,柏咏.欧洲智慧城市的技术实践[A].中国城市科学学会、天津市滨海新区人民政府.2014(第九届)城市发展与规划大会论文集—S08智慧城市、数字城市建设的战略思考、技术手段、评价体系[C].中国城市科学学会、天津市滨海新区人民政府,2014
- [3] 李德仁,姚远,邵振峰.智慧城市的概念、支撑技术及应用[J].工程研究—跨学科视野中的工程2012(4)
- [4] 鲁胜阻,杨建武,刘江日.当前我国智慧城市建设中的问题与对策[J].中国软科学,2013(1)
- [5] 王广斌,张雷,刘洪磊.国内外智慧城市理论研究与实践思考[J].科技进步与对策,2013(19)
- [6] 巫细波,杨再高.智慧城市理念与未来城市发展[J].城市发展研究,2010(11)
- [7] 陈柳钦.智慧城市:全球城市发展新热点[J].青岛科技大学学报(社会科学版),2011(1)
- [8] 逢金玉.“智慧城市”——中国特大城市发展的必然选择[J].经济与管理研究,2011(12)
- [9] 卜子牛.智慧城市信息服务体系建设研究[D].长春:吉林大学,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

刘冬宇

硕士,毕业于上海交通大学,高级工程师,长期从事面向政府客户的信息基础设施规划和智慧城市规划工作。

4.4 规划工作思路创新

融合泛在的基础设施发展特点将使其要素发生与城市其他领域的交集,除了坚持控制性详细规划与专项规划的融合方法之外,需要从规划方法上进行创新突破,如专项规划与城市设计结合,建筑景观设计规划与分布式景观化基站的规划的结合,专项规划与其他设施规划的融合考虑(道路交通规划、全市商业网点规划、环卫设施规划、加油站规划),充分实现城市空间资源要素的综合有效利用。

5 以上海市为对象的信息基础设施规划分层体系

5.1 城市规划与信息基础设施

城市规划发展是信息基础设施建设的最直接推动因素和规划的主要依据,区域定位、建设用地规模、人口规模、容积率等因素对信息基础设施有较大影响。由于信息通信需求主要来源于居民和政企客户,因此从城市规划角度来说,几大主要因素如人口布局方向、产业布局、重点区域开发、重大工程基础设施建设,对信息基础设施布局影响较大。

在城乡规划体系中明确信息基础设施是城市关键基础设施的重要组成部分,结合城市规划时必须为信息基础设施留出与其他公共设施公用或信息通信专用的公共设施用地,制订信息通信基础设施建设专项规划,并将专项规划融入城市建设总体规划框架,使之有效衔接和同步实施。

5.2 信息基础设施规划体系构建设想

结合上海城市规划体系特点,并有效借鉴其他市政专项



CDN下沉对城域传输网络的影响

胡 昱

中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司

摘要 研究CDN技术的特点,并在此基础上分析现网对CDN下沉需求,并分析城域传输网络对于CDN下沉的应对措施。

关键词 CDN 下沉 城域传输网络

1 引言

随着“互联网+”国家战略层层推进,CDN(Content Delivery Network,内容分发网络),正扮演着越来越重要的“互联网产业加速器”角色,快速推动互联网产业的发展。在业务需求层面,随着VR/AR、4K/8K视频业务的兴起,用户对业务体验的要求越来越高。用户体验的提升是吸引终端用户并提升运营收益的重要因素:网络延时每缩短100ms,网站访问流量将增加2.25%,收益将提升1%。面对用户体验的高要求,CDN部署在核心层的传统组网方式已经不能满足需求,因而需要考虑CDN下沉至汇聚层甚至边缘,以解决网页浏览慢、视频卡顿、缓冲慢等问题。CDN的下沉势必对传输网络提出巨大的挑战,下面将对传输网络如何应对CDN下沉的举措进行阐述。

2 CDN技术特点

CDN由源站、缓存服务器、智能DNS、客户端等几个部分组成。CDN通过推进内容源与用户之间的距离,减少用户获取内容所经过的网络设备数量,降低时延。其基本特点可以总结为:在不同的地点缓存内容,通过负载均衡技术,将用户的请求定向到最合适的缓存服务器并获取内容。相对于传统网站访问,CDN的部署有如下几个优势。

(1)提升访问速度。CDN在用户和服务器之间增加缓存层,将用户的访问请求引导到最优的缓存节点而不是服务器源站点,从而加速访问速度。

(2)解决网站高流量、高并发问题。部署CDN后,用户可直接从CDN上获取缓存数据,无需从源站点获取数据,可减少流量,降低并发率。

(3)提升数据来源可靠性。当源站点出现故障时,用户可以从CDN缓存中获取数据,提升数据来源的可靠性。

3 现网对CDN下沉的需求

目前,CDN的主要应用场景有:提升静态网页浏览速度,提升大文件下载速度,直播网站动态加速,手机APP动态加速。随着未来5G业务、4K/8K、VR/AR等技术的广泛应用,大带宽与超低时延要求将是CDN部署以及城域网络构建的关键。

视频流量增长后,如果CDN依然部署在核心层,将导致内容远离最终用户,业务流经过的网络设备众多,占用大量的网络资源。与此同时,相应的端到端网络设备都需要扩容,汇聚层次越多,收敛比越低,同步扩容的端到端设备规模就越大;并且经过的设备数量越多,出现瓶颈、发生拥塞的概率越大,端到端时延也会增加。

CDN的部署对网络时延与下载速度的影响如图1所示。

可见,传输距离越远,时延越大,下载速率越小。内容源部署于本市,下载速率比部署于本省提升250%,对于高流量的应用提升效果尤其明显和必要。

因此,为了保障业务的体验感知,需要适当对CDN进行下沉,减少网络跳转节点,内容CDN逐步向用户侧贴

近,真正做到网络扁平化。CDN下沉驱使网络架构发生的变化如图2所示。未来CDN将由现在的两层架构逐步向三层架构建设,即CDN逐步下沉至地市汇聚层。部分热点地区,也可按需部署至OLT节点,通过独立CDN设备或者OLT集成mini CDN方式,完成区域热点资源存储。

未来,传送网将引入SDN/NFV技术,实现网络云化、资源池化。CDN的部署与流量调度,可通过全网的控制平面实现,也能通过控制平面检测到用户行为及流量趋势,按需将CDN精准定投到热点区域,实现最佳、最短路径访问。

4 CDN下沉对城域传输网络的影响

CDN下沉将对城域传输网的网络结构、基础资源、网络智能化等方面均产生深远影响,下面将分别进行阐述。

首先,从业务的发展角度来看,需要CDN承载的业务有相当一部分是高清视频、VR/AR等大带宽、低时延的业务。随着这些大颗粒业务的发展,以及承载这些业务的CDN下沉,必然导致各层网络所承载的流量大幅增长。为满足CDN下沉后带来的流量增长,传输网容量应逐步提升,满足带宽需求。接入层部署10GE PON和10GE PTN等

设备,并对业务密集区域OLT下沉优化,缩短接入距离,减少单OLT所带用户数,提升宽带接入质量,实现接入环从GE至10GE的升级;汇聚层部署100GE大容量OTN/PTN设备,汇聚环相应升级为100GE/200GE环路;核心层部署400GE超大容量OTN设备,并升级至400GE环路。

其次,CDN的下沉将使网络向扁平化的方向发展。从CDN下沉的角度考虑,网络趋向扁平化的动力来自两个方面。一方面,CDN从核心层下沉至汇聚层甚至边缘,大量业务不再需要通过汇聚层与核心层的层层收敛与转发,只需要东西向的调度即可完成业务的传送,因而南北向流量占比减少,东西向流量占比增加,使得城域传输网流量流向更加复杂,需要网络结构向扁平化的方向发展,简化传统的网络层次和网络结构。另一方面,CDN所承载的业务对于时延的要求比较苛刻,只有扁平化的网络才能满足低时延的要求。从网络角度来讲,时延的产生主要来自两个方面,一是由于距离产生的光在光纤的传输时延(光在光纤传输时产生的时延);二是设备在转发时引入的转发时延。

业务E2E时延计算公式如下:

$$E2E\text{时延} = \text{两端应用时延} + \text{两端设备时延} \times 2 + \text{光纤时延} \times 2。$$

以高清视频为例进行计算,选取应用时延单端2ms,设备时延单点60μs,光纤时延10μs/km,可得出要保证业务时延在10ms以内,经过的光纤距离不得超过328km,并且满足一跳直达的要求。为了应对东西向流量快速增长、网络时延降低的情况,城域传输网需要在骨干汇聚层,甚至普通汇聚层引入Mesh组网,满足各地区各个流向的业务承载需求,避免节点之间通信需要通过核心节点转接的问题,增加东西向流量的传输路径,实现多路径通达,减少跨节点跳数,降低传输时延,完善传输网络功能。此外,城域传输网络可考虑采用全光交叉,减少交叉的处理时延,并大幅增加交叉方向和交叉处理能力,满足汇聚层Mesh组网的要求。

再次,CDN下沉将对城域传输网络的基础资源提出更高的要求。CDN的下沉将对原有的汇聚机房甚至接入机房的条件提出更高的要求。为保障下沉的CDN设备和传输设备正常工作,机房的必须具备容纳新增设备的能力;电源必须能满足新增的负载要求并提供符合要

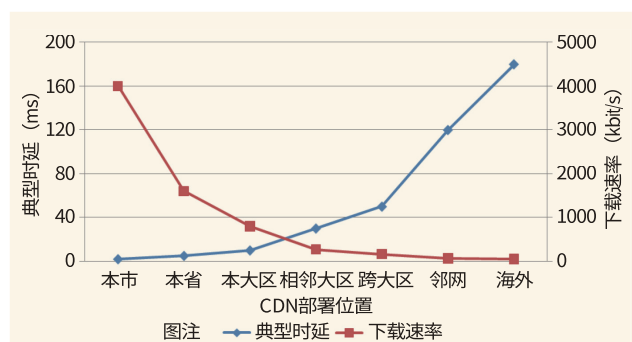


图1 CDN部署位置对典型时延和下载速率的影响

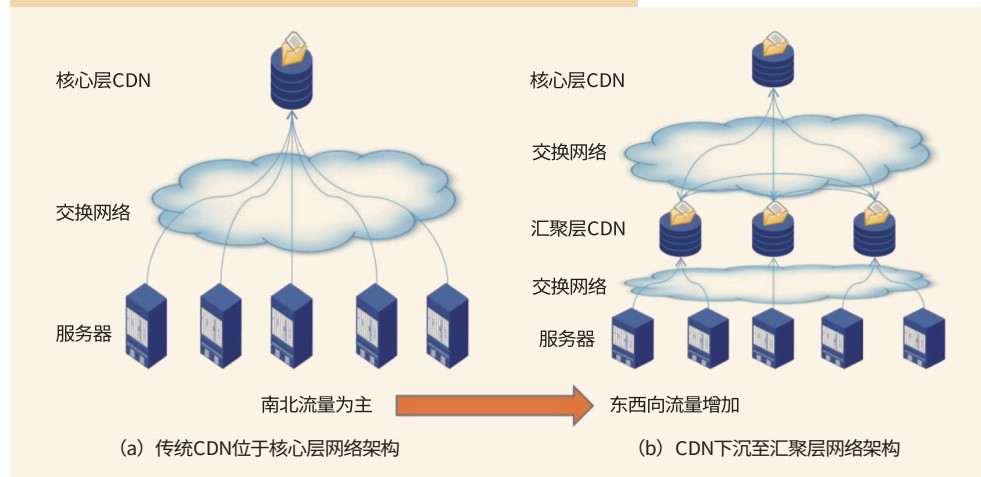


图2 CDN下沉驱使网络架构发生的变化

求的后备电源保障时长；空调制冷效果应当满足新增设备的需求，不会导致机房空间工作温度上升；机房进出的路由应当满足机房光缆的敷设，从而确保机房出局路由资源能满足组网需求。

最后，在CDN部署下沉的后期，可引入SDN/NFV等技术，搭建智能网络。一方面，通过流量监测对流量负载均衡调配，减少网络拥塞发生几率，降低丢包率；另一方面，在网络发生拥塞时，能快速便捷地计算调度路径，及时疏通网络，应对流量突发的状况。最终实现网络集中管控和资源虚拟化，流量深度感知和资源端到端的动态调配，保证网络可靠性。

5 结束语

未来CDN等原核心设备将逐步向地市汇聚层下沉，一方面可以大范围解决目前核心机房的空間问题，另一方面可以让内容更贴近用户侧，提高用户体验感知。CDN下沉能够有效应对未来业务“高速率、快增长”的诉求。

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

作者简介

胡昱

博士，现就职于中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司，高级工程师，主要从事城域传输网等技术的研究。

迪普科技“攻防实验室”助力贵州移动培养网络安全人才

随着网络规模的不断扩展，网络安全问题日渐突出。黑客、攻击、赎金、敲诈勒索等仅在2017上半年的时间，已有数百万数据泄漏并在暗网出售，大量的黑客工具和零日漏洞出现在人们的视野中，被实践于各种各样的攻击活动中。

贵州移动拥有不同职能、数量庞大的业务平台和系统，各类安全漏洞很容易导致网络访问阻断、用户信息泄露等问题。保障业务系统的安全运行，做好全网的安全防护一直是贵州移动的重点工作之一。安全问题需要技术与管理并重，贵州移动经过多年的实践，逐步认识到安全建设的重点所在，除了部署各类网络安全设备，运维团队的安全意识和技能水平也是决定安全防护效果的重要因素。因此，贵州移动积极引入外部资源，通过安全培训来帮助运维团队提高安全意识，增强安全技能，从而面对日益严峻的网络安全挑战。通过多方比较，贵州移动最终选择迪普科技攻防实验室培训平台为安全运维人员提供系统的安全培训。

迪普科技攻防实验平台采用真实的安全设备、网络设备以及主机系统，高度还原真实的业务场景。学员在这一实验室中能够了解各类网络攻击的原理，模拟具体过程，掌握正确的防护手段。平台采用初、中、高级阶梯教学，帮助学员循序渐进地掌握信息安全技术。其中初级课程主要内容是对网络、系统、应用常见的工具进行介绍，能够了解每个工具用途、利用方法及原理，能够发现漏洞和加固漏洞。中级课程重点对于攻防思路、常见漏洞的利用方法进行介绍，并对应急响应过程中的跟踪溯源进行讲解。高级课程主要是对二进制、协议分析等领域设定精品课程，使学员通过学习具备漏洞挖掘

能力。

与此同时，迪普科技根据业内技术的不断演进，定期对课程进行更新，及时跟进各种攻防技术，确保攻防实验室课程的实用性。通过迪普科技攻防实验室课程，能够帮助学员建立系统的网络信息安全知识体系，加深对网络信息安全知识及其应用的理解，真正将理论知识转化为实际业务能力。

在攻防实践中，人才是最关键的因素。迪普科技作为运营商在网络安全领域的重要合作伙伴，通过富有针对性的安全知识和操作培训课程，帮助企业打造专业安全维护团队，助力企业不断提升网络安全防护能力。未来，迪普科技将继续在网络、安全及应用交付领域进行持续投入，努力为客户创造更大价值。

迪普科技全线安全产品成功入围中国船舶工业集团采购名录

近日，迪普科技包括防火墙、入侵防御系统、漏洞扫描系统等在内的安全产品成功入围中国船舶工业集团信息中心最新的安全设备名录。获得用户认可的背后原因，是迪普科技安全产品在业内取得的好成绩和实力。在IDC安全产品排名报告中，迪普科技位居国内厂商技术实力前列；在运营商行业，迪普科技安全产品连续5年全面入围，在全国运营商50个以上数据中心成功应用；在电力行业，迪普科技安全产品连续两年全线中标，全面应用于国网、南网总部及下属所有二级单位和电力公司；在政府行业，迪普科技安全产品为18个部委、1000多个省级政务网提供服务。除此之外，迪普科技安全威胁态势感知平台还可以帮助用户实时、直观地了解网络安全状态以及安全威胁趋势，做到对安全状态可视、可管、可控。