

高层居民小区TD-LTE深度覆盖方案研究

刘方森 包汉波 李寿鹏

中国移动通信集团设计院有限公司山东分公司

摘要 针对高层居民小区TD-LTE深度覆盖不足的问题,结合楼间对打的覆盖模型,提出相应的覆盖细化方案,为解决高层居民小区TD-LTE深度覆盖问题提供建设依据。

关键词 TD-LTE 高层楼宇 深度覆盖

1 引言

TD-LTE的特色业务高速率、低时延,且业务主要发生在室内。根据3G/4G历史数据统计,室内覆盖区域面积约占整个移动通信覆盖区域总面积的20%,但是产生的业务量约占整体业务量的70%。同时VoLTE对TD-LTE的信号强度和um要求比较高。因此TD-LTE的室内深度覆盖良好将是建设4G精品网络的关键所在。目前TD-LTE的建设基本完成广覆盖的目标,但是仍然存在深度覆盖不足的问题。

针对高层居民小区的深度覆盖要求,依据无线传播模型和现有设备的性能参数,针对性提出高层楼宇的典型方案。提出一整套高层居民小区的覆盖方案,旨在对现在进行的TD-LTE精细化深度覆盖建设起到指导性意见。

2 高层居民小区

随着我国城市化进程的不断发 展,高层居民小区林立已经成为现代化城市的重要特征。随着我国大规模旧城区的改造建设,高层居民小区不断增多。高层居民小区通常指楼层大于11层,楼宇数大于两栋的居民小区。现在高层小区多以板楼和塔楼为主,具有楼层高低落差大、同一小区内楼宇结构相似、单层面积大、楼宇较多、楼宇分布密集的特点。楼间距随着楼层数增多而增大,通常在30~100m之间。

高层居民小区楼宇以钢筋混凝土结构为主,移动信号穿透损耗大。对于楼宇数较少的居民小区以宏站覆盖为主;对于楼宇数较多的高层居民小区,由于楼宇密集,楼宇建筑对于无线信号的遮挡严重,现有宏基站无法对小区内部楼宇进行良好的深度覆盖,即使小区内部建设宏站,也容易因为楼宇遮挡,无法全面覆盖。同时,中高层楼宇建设宏站易引起

高站越区覆盖,从而造成严重干扰。

综上,居民小区,特别是对于大型高层居民小区覆盖,通常采用室分天线设置在高层居民小区楼顶和底部对楼宇进行针对性覆盖,即楼间对打方式。同时考虑到高层居民小区一般配置有电梯和地下室,需针对性制定TD-LTE覆盖方案。

3 TD-LTE覆盖方案

3.1 无线传播模型

高层居民小区不同于传统一般城区和密集城区,其小区楼宇结构相对固定,选用室分天线进行覆盖,同时其信号传播通道基本固定。主要传播损耗有楼宇间自由空间损耗和楼板、隔断、墙壁引起的附加损耗。因此选用的室内衰减因子模型,见公式(1)。

$$PL(d)[dB]=PL(d_0)+10n\lg(d/d_0)+FAF \quad (1)$$

其中:

$PL(d)$: 传播路径损耗;

$PL(d_0)$: 距离天线1m处的路径损耗;

n : 衰减因子,与传播环境有关,一般取值在2.0~3.5之间;

d : 覆盖边缘距离天线的距离;

FAF : 附加衰减因子,指由于楼板、隔板、墙壁等引起的附加损耗。

对于TD-LTE覆盖目标区域,附加损耗主要考虑信号到达目标区域需要穿透的楼板材质、隔板材质、墙壁材质及需要穿透的墙壁数量,具体数值见表1。

依据室内衰减因子模型可以相对准确地预测目标区域信号强度数值。

3.2 天线选型及覆盖能力分析

对于高层居民小区，通常分为2~3个单元，每个单元又分为2~5户，楼宇高度一般大于30m。在实际方案制定过程中尽量采用垂直波瓣角较大的天线，能够有效兼顾居民小区不同楼层的信号覆盖需求。同时由于现有独栋楼宇单元数较多，可以兼顾水平波瓣角选择。不同天线根据楼间距可通过传播模型预测其有效覆盖高度和宽度。现在通用的两类高层楼间对打天线为大张角天线和矩形波束天线。具体天线参数和对应不同楼间距的有效覆盖高度和宽度见表2。在实际方案制定过程中，可以通过现场勘察数据选择不同的天线。

3.3 单双面覆盖选择分析

现有居民小区的楼宇分为塔楼和板楼。无论塔楼和板楼，每户内房间通常规则分布在楼宇两侧。因此房间内墙至少有两栋，加上外墙，即至少有4栋墙。按照无线传播模型结合设备输出功率计算，TD-LTE信号在穿过一栋砖混+玻

璃墙和一栋砖混内墙之后，信号普遍已经减弱至-100dBm以下。在楼间对打的信号背面房间内出现弱覆盖比例比较高。因此在高层楼宇方案制定中，需要采用双面对打方式覆盖目标楼宇，及楼宇的两侧都设置专门天线进行覆盖以达到深度覆盖的信号强度需求。

3.4 高层楼宇TD-LTE建设方案

高层居民小区楼宇高度一般为11~33层，楼间距一般为35m及以上。优先选取矩形波束天线、大张角天线，具体方案需依据实际楼宇高度、楼宇间距及楼宇本身宽度合理选择天线类型。在解决高层楼宇覆盖的同时尽量规避室分信号泄露至小区外围。具体方案设置见表3。

3.5 实施和效果

根据上述建设方案，北方某省移动公司制定了具体的居民小区室分系统建设原则，并落地实施。在实际方案实施和测试过程中，该方案能够有效指导现有高层楼宇的室分建设，并且对于降低居民小区整体的MR弱覆盖率起到积极示范作用。

具体实施案例如下。

某市高层小区包含9栋高层，地上17层，地下2层，24部电梯。LTE采用双路建设方式进行覆盖，使用1台BBU、9台RRU。

采用双面对打，实施后的遍历测试显示小区内覆盖效果较好。

表1 FAF参考值

阻挡	材质	穿损(建议值)(dB)
外墙	窗户+混凝土	18
	窗户+砖墙	16
内墙	混凝土	20
	砖墙	15
	玻璃	10

表2 现有天线设备参数及覆盖能力分析

天线类型	天线参数	楼间距(m)	天线有效覆盖高度(m)	天线有效覆盖宽度(m)
大张角天线	频段: 820~960&1710~2690MHz 增益: 10.5/13 水平面波瓣宽度30 垂直面波瓣宽度60	15	17	8
		20	23	11
		30	35	16
		40	46	21
		50	58	27
		60	69	32
		80	92	43
矩形波束天线	频段: 820~960&1710~2690MHz 增益: 11.5/14 水平面波瓣宽度30 垂直面波瓣宽度30	15	8	8
		20	11	11
		30	16	16
		40	21	21
		50	27	27
		60	32	32
		80	43	43
		90	48	48

表3 典型楼宇方案

楼宇类型	住宅典型楼宇	天线可选位置距离范围(L) (m)	天线选型	天线安装位置选取方案优先级(天线正对楼宇安装)	有效覆盖宽度(D) (m)
中等高度居民小区	12层楼宇	25<L<60	大张角天线	此距离范围内： 方案，邻近小高层楼宇楼顶安装； 方案，邻近低层楼宇楼顶安装； 方案，1层单元门口安装； 方案，1层外墙安装； 方案，灯杆安装	13 D 32
		60<L<90	矩形波束天线	此距离范围内： 方案，邻近小高层楼宇楼顶安装； 方案，邻近低层楼宇楼顶安装； 方案，1层单元门口安装； 方案，1层外墙安装； 方案，灯杆安装	32 D 48
	18层楼宇	35<L<80	大张角天线	此距离范围内： 方案，邻近小高层楼宇楼顶安装； 方案，邻近低层楼宇楼顶安装； 方案，1层单元门口安装； 方案，1层外墙安装； 方案，灯杆安装	19 D 43
高层住宅(19~33层)	26层楼宇	45<L<60	大张角天线+矩形波束天线	方案，此距离范围内优先选取正对覆盖目标的小高层或多层，大张角天线安装于1层外墙覆盖中低层部分，矩形波束天线安装于楼顶覆盖高层部分，适用于楼顶和1层都能协调的场景； 方案，此距离范围内优先选取正对覆盖目标的小高层，两幅天线均安装于楼顶，大张角天线覆盖中高层部分，矩形波束天线覆盖低层部分，适用于仅楼顶能协调的场景； 方案，此距离范围内选取正对覆盖目标的多层楼宇，两幅天线均安装于楼顶，大张角天线覆盖中低层部分，矩形波束天线覆盖高层部分，适用于仅楼顶能协调的场景； 方案，此距离范围内新建或利用18m杆，大张角天线覆盖中低层部分，矩形波束天线覆盖高层部分，适用于楼顶和1层都不能协调的场景	19 D 32
		60<L<90	矩形波束天线+大张角天线	方案，此距离范围内优先选取正对覆盖目标的小高层或多层，一幅安装于1层外墙覆盖低层部分，另一幅安装于楼顶覆盖高层部分；适用于楼顶和1层都能协调的场景； 方案，此距离范围内优先选取正对覆盖目标的小高层，两幅天线均安装于楼顶，一幅覆盖低层部分，另一幅覆盖高层部分；适用于仅楼顶能协调的场景； 方案，此距离范围内选取正对覆盖目标的多层楼宇，两幅天线均安装于楼顶，一幅覆盖低层部分，另一幅覆盖高层部分，适用于仅楼顶能协调的场景； 方案，此距离范围内新建或利用18m杆，一幅覆盖低层部分，另一幅覆盖高层部分，适用于楼顶和1层都不能协调的场景	32 D 48
	33层楼宇	55<L<75	大张角天线+矩形波束天线	方案，此距离范围选取正对覆盖目标的12~25层楼宇，大张角天线安装于楼顶覆盖中高层部分，矩形波束天线安装于1层覆盖低层部分，适用于楼顶和1层都能协调的场景； 方案，此距离范围选取正对覆盖目标的12~25层楼宇，两幅天线均安装于楼顶，大张角天线覆盖中高层部分，矩形波束天线覆盖低层部分，适用于仅楼顶能协调的场景； 方案，此距离范围内选取正对覆盖目标的6~11层的楼宇，两幅天线均安装于楼顶，矩形波束天线覆盖高层部分，大张角天线覆盖中低层部分，适用于仅楼顶能协调的场景； 方案，此距离范围内新建或利用18m杆，大张角天线覆盖中低层部分，矩形波束天线覆盖高层部分，适用于楼顶和1层都不能协调的场景	27 D 40

注：18m高的位置覆盖33层楼宇时，由于俯仰角较大，经链路预算，矩形波束天线与覆盖目标之间的直线距离不能超过75m；
对于仅从楼顶安装天线的情况，10层以下楼宇可能存在弱覆盖，可通过微站、灯杆、广告牌天线或建设室分进一步优化补充；
业务量大、高价值用户多的特殊场景，用一般手段解决不理想的，可以考虑3D-MIMO方式

4 结束语

随着VoLTE的业务推广和高层居民小区的不断出现，高层居民小区TD-LTE深度覆盖的建设需求随之增多，解决高层居民小区深度覆盖将是提升用户感知的有效和必然途径。通过对高层小区各项方案的细节进行固化，有利于根据高层居民小区的类型快速制定相应的4G覆盖原则，对于方案快速落地实施，又快又好地建设TD-LTE网络具有重要的指导作用。

参考文献

[1] 3GPP TS 36.231, Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Base Station(BS)radio transmission and reception[S]
 [2] 李频钟. TD-LTE楼间对打场景的规划与优化研究[J]. 信息通信, 2017(1)
 [3] 田艳中, 李毅, 蒋招金. 高层住宅小区LTE网络深度覆盖方案分析[J]. 电信工程技术与标准化, 2015(9)

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

基于堆叠降噪自编码器的情感分类及其并行化研究

王一大

中国联合网络通信有限公司济南软件研究院

摘要 基于深度学习的特征抽取是目前数据降维问题研究的热点，堆叠自编码器是一种较为常用的模型。然而堆叠自编码器模型仅简单学习样本特征，无法对混有噪声的数据进行出色的特征表达。面向微博情感分类，使用堆叠降噪自编码器进行特征抽取，解决样本数据含有噪声的特征抽取问题。同时为解决模型训练时间开销较大的问题，通过基于分布式内存的并行计算方法，提升堆叠降噪自编码器的训练效率。通过使用COAE评测数据集进行情感分类实验，分类准确率和召回率都有所提高。

关键词 深度学习 堆叠降噪 自编码器 情感分类 并行计算

1 引言

深度学习是一类多层神经网络学习算法，近年来在语音识别、计算机视觉等领域中取得突破性进展，引起广泛关注。深度学习通过组合低层特征形成更加抽象的高层表示，以发现数据的分布特征。深度学习概念最早由多伦多大学的G.E.Hinton等于2006年提出。

随着社交媒体的迅猛发展，越来越多的人通过微博等在网上发表评论，而评论的情感褒贬不一。为实现评论内容情感倾向的自动分析，产生情感分析这一研究领域，并成为机器学习领域中的热点，同时衍生出的情感分类带来很大影响。

传统情感分类方法主要依靠人工标注及情感词典，然而网络微博信息量庞大，进行人工标注费时、费力。因此，先使用深度学习对微博信息进行特征提取，再进行情感分类。可以使用卷积神经网络对短文本信息进行情感分类研究，其中针对中文情况，将词级别的词向量转换为字级别的词向量，使准确率有所提高；也可以将堆叠降噪自编码器应用于亚马逊商品评论信息的情感分类研究；还可以使用递归自编码器进行情感分类研究，同时加入情感极性转移，都取得一定的效果。然而由于深度学习模型复杂度较高，因此使用深度学习进行自然语言处理的训练时间开销相对较大。

为防止微博数据中噪声数据对分类器带来的影响，文中选用堆叠降噪自编码器(Stacked Denoising Auto Encoder, SDAE)作为基础模型，同时为解决堆叠降噪自编码器训练开销较大问题，采用基于分布式内存的并行计算方法对模型进行并行化训练，从而提高模型的训练效率。

2 堆叠降噪自编码器模型

Vincent于2008年提出降噪自编码器模型，其结构如图1所示。该编码器先将噪声信息随机加在输入向量 x 上，映射出受“破坏”的向量 \tilde{x} ，再对加入噪声的向量进行编码计算，形成隐藏层的向量 y ，然后对 y 进行解码计算，形成重构后的信息 z ，最终通过最小化 x 与 z 的误差完成训练。

其实现方案如下。

假设输入的样本集合为 $X = \{x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n)}\}$ ，为表达简洁，用 x 表示 $x^{(i)}$ ，其中 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_d\}$ 为输入向量， $y = \{y_1, y_2, \dots, y_b\}$ 为对应的隐藏层向量， $z = \{z_1, z_2, \dots, z_d\}$ 为对应的输出层向量。同时规定网络中各神经元激活函数为Sigmoid函数。

$$f(x) = \text{Sigmoid}(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (1)$$

输入向量通过masking noise随机映射成输入层的“受破坏”向量：

$$x \xrightarrow{\text{masking noise}} \tilde{x} \quad (2)$$

输入层到隐藏层的编码操作为：

$$y = f(W_y \tilde{x} + b_y) = \text{Sigmoid}(W_y \tilde{x} + b_y) \quad (3)$$

隐藏层到输出层的解码操作为：

$$z = f(W_z y + b_z) = \text{Sigmoid}(W_z y + b_z) \quad (4)$$

其中 W_y 、 W_z 分别是输入-隐层、隐层-输出的连接权值矩阵，即 W_y 为 $h \times d$ 的矩阵， W_z 为 $d \times h$ 的矩阵； b_y 、 b_z 分别是隐藏层、输出层神经元的偏置向量，即 b_y 为 h 维的向量， b_z 为 d 维的向量。为减少模型中需要训练的参数，给出如下约束：

$$W_y = W_z = W \quad (5)$$

为使解码后的值接近输入向量，设最小化重构误差目标函数为：

$$\text{ideal reconstruction} = \arg \min_{W, b_y, b_z} [J(x, z)] \quad (6)$$

式中 $J(x, z)$ 即重构输入与原始输入差值的度量，考虑到将深度学习用于分类任务，于是使用Cross-Entropy度量这种差异值，同时为提高处理大规模数据时的学习速率，选取对整个数据集进行Cross-Entropy作为目标函数，即累积一个批量数据的差异后再更新网络权值，此时的目标函数为：

$$J(x, z) = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^d [x_{ik} \lg(z_{ik}) + (1-x_{ik}) \lg(1-z_{ik})] \quad (7)$$

确定优化目标后，通过梯度下降法修正网络神经元之间的连接权值矩阵及偏置向量。其更新规则定义如下（其中 η 代表学习率）：

$$W = W - \eta \frac{\partial J(x, z)}{\partial W} \quad (8)$$

$$b_y = b_y - \eta \frac{\partial J(x, z)}{\partial b_y} \quad (9)$$

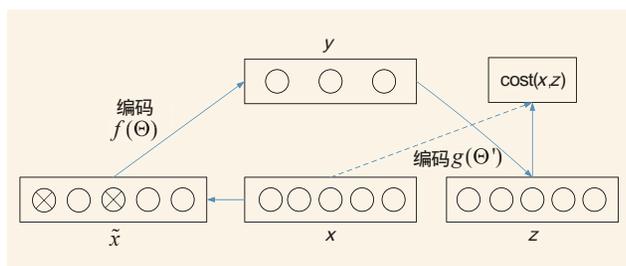


图1 降噪自编码器结构

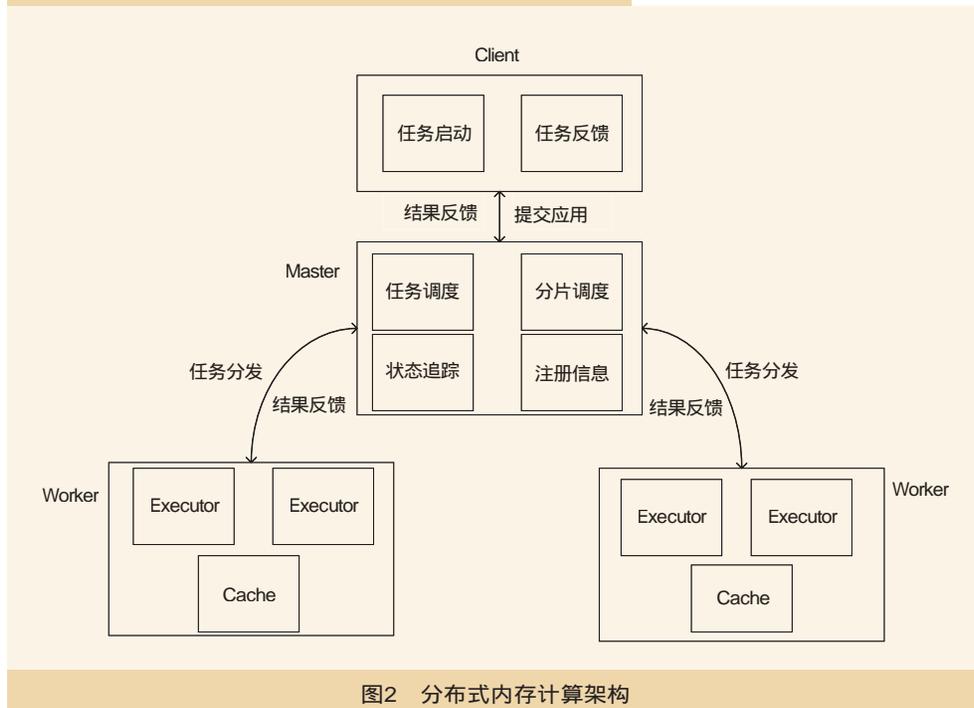


图2 分布式内存计算架构

$$b_z = b_z - \eta \frac{\partial J(x, z)}{\partial b_z} \quad (10)$$

通过不断迭代更新连接权值矩阵和偏置向量，完成网络训练。当模型训练完毕，隐藏层神经元的输出值即降噪自编码器提取的特征值。多个降噪自编码器堆叠在一起，前一个隐藏层的输出作为后一个降噪自编码器的输入，进行预训练，训练完成后再对整体网络进行微调，即构建成堆叠降噪自编码器。

将堆叠降噪自编码器应用于情感分类任务，解决传统基于浅层学习模型方法无法挖掘深层数据特征的问题，同时也会面临模型训练时间开销较大的问题。为提高模型的训练效率，对堆叠降噪自编码器进行并行化训练。针对深度学习模型进行并行化大致可以分为两种方法，一种是采用GPU进行并行加速，另一种是利用分布式集群进行并行加速。其中采用GPU进行并行加速往往受到硬件条件限制，对中小规模深度学习模型有显著提高，但对于大规模深度学习模型效果不佳；采用分布式集群进行并行加速，往往不受硬件限制，即使较为陈旧的PC，通过将多台机器连接起来组成集群，并扩展集群中计算节点的数量，同样能够提高整个系统的训练速度。考虑到以上因素，采用分布式集群方式对堆叠降噪自编码器模型进行并行加速。

3 堆叠降噪自编码器模型并行化

3.1 分布式内存计算结构

分布式系统即一组异构计算机和处理器通过网络连接在一起，通过机器间紧密配合，共同完成一项任务。Google

于2004年提出MapReduce编程模型，极大地简化分布式系统的设计，越来越多的分布式系统被开发出来，其中最具有影响力的要数Hadoop。Hadoop是Apache基金会于2010年开发出来的，然而Hadoop在每次进行Map阶段或Reduce阶段产生出结果后需与存储设备进行读写操作，因此不适于深度学习这种经常进行迭代计算操作的模型。若将Map阶段或Reduce阶段产生的结果存入分布式共享内存中，减少大量的I/O操作，便可提高分布式计算的效率，

因此分布式内存计算可用于迭代计算任务。

分布式内存计算结构主要采用C/S模式，其架构如图2所示，为表达一致，将集群中的机器统称为节点。Client节点主要用于提交应用；Master节点主要用于任务的调度、分片的调度及各阶段状态的追踪；Worker节点主要用于接收Master节点发来的任务，开辟相应的计算空间同时对任务进行计算，最后将计算出的结果及时提交给Master节点。在分布式计算任务中，Master节点主要参与协调调度的工作，而Worker节点主要参与任务计算的工作。

程序在分布式内存计算任务的主要流程为：首先Client提交应用给Master；其次Master通过资源管理器申请资源并分发任务，其中在分发任务之前会通过资源管理器查看每台Worker的闲置情况，根据各个计算节点的闲置情况分发相应的任务；当Worker接收到任务后，对任务进行计算处理，当计算完成后将结果提交给Master，最终通过Master将结果反馈给Client。

3.2 堆叠降噪自编码器并行结构

将堆叠降噪自编码器应用于分布式内存计算框架中，通过并行计算方法，降低模型在训练阶段的时间开销。其并行计算架构如图3所示。

采用数据并行方式对模型进行并行计算，其中数据并行即对训练数据集进行划分，然后每个节点对部分分片数据训练，最后将多个节点产生的梯度参数合并后通过参数服务器更新，进而训练整个网络模型。

模型训练过程如下：首先将预处理好的词向量通过Split方法进行分片，将数据分片存储在磁盘的各个分区中，然后将数据分片提交给模型副本进行训练。其中在模型副本中，每个节点训练各自的模型，节点与节点之间相互独立，多个

节点并行训练模型，每个节点在训练过程中产生大量的网络参数，即权值增量 ΔW 和偏置增量 Δb_y 、 Δb_z ，将参数同步到参数服务器中，由参数服务器对相应参数进行更新。当参数更新后，再通过网络通信传递到相应节点中，从而完成本轮迭代并进入下一轮迭代。同时为实现模型训练的并行化，采用创建多个模型副本的方法，共同完成训练，同时还可以防止部分节点失效对整体模型的影响。

为完成整体模型训练，需进行多次迭代操作，将上次迭代产生的结果传递给下一层网络计算，通过不断迭代更新网络参数，进而使模型达到最优化状态。通过图2与图3发现Master与参数服务器都负责分发数据与调度数据的工作，因此可以将参数服务器置入Master中。同时为保证数据在网络中传递的准确性，将Master节点作为模型的输入层与输出层，因为Master不仅用于分发数据，同时会接收Worker节点计算完成的信息，而将Worker节点作为模型的各隐藏层神经元，完成模型中主要的计算任务。将需更新的网络参数提交给Master中的参数服务器进行更新，当参数更新完成后，Master再将更新好的参数传递给相应的Worker节点。当Worker全部计算完成后，数据将在Master中的Softmax层进行计算，最终将结果以文件的形式写入磁盘。因此在整个网络模型训练过程中，仅数据输入模型及从模型中输出涉及到磁盘的I/O交互，其余操作均在内存中完成。

目前针对深度学习的分布式框架越来越多，其中较为流行的有加州大学伯克利分校研发的Caffe系统、Google研发的DistBelief系统、微软研发的Adam系统、百度研发的PADDLE系统等。

4 微博情感分类应用实验

为测试堆叠降噪自编码器模型及其并行化的效果，将其应用到中文微博情感分类问题中。实验在Eclipse平台上进

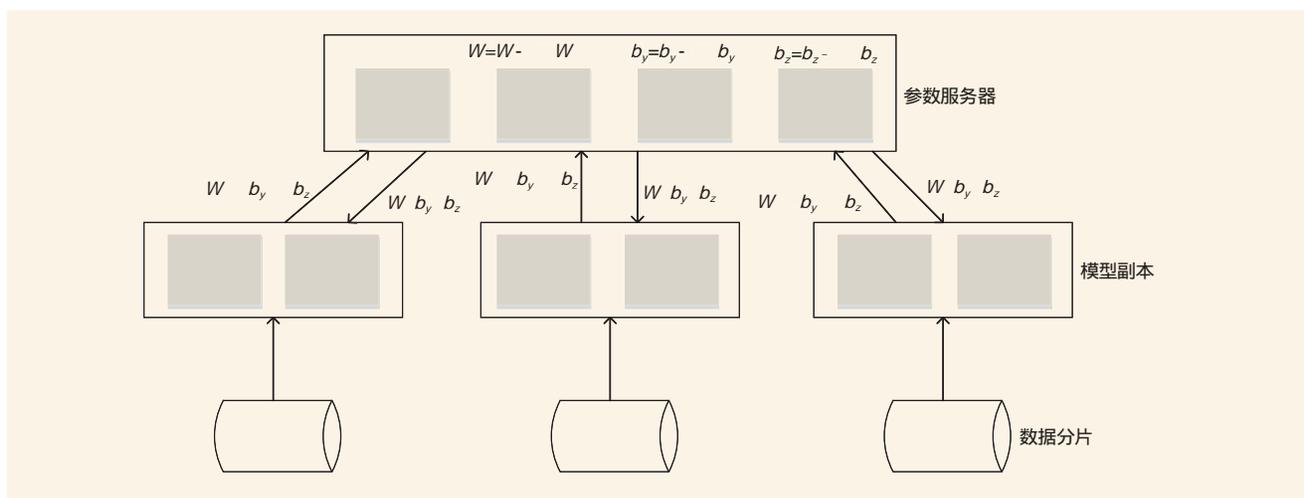


图3 模型并行计算架构

行,用Scala语言实现,运行环境为Linux,实验集群由4台PC组成,其中一台作为Master节点,三台作为Worker节点。实验数据来自COAE2015微博数据测评集,从中随机抽取700条文本作为训练集,600条文本作为测试集。

4.1 实验系统设计

由于堆叠降噪自编码器仅用于提取输入数据的特征信息并未进行分类,因此需要将提取后的信息输入Softmax分类器中完成分类任务。

为验证基于堆叠降噪自编码器的情感分类及其并行化效果,共设计如下三组对比实验。

实验一:融合堆叠降噪自编码器(SDAE)的Softmax模型与未融合堆叠降噪自编码器(SDAE)的Softmax模型对比,实验验证深度学习模型与浅层学习模型的差异。

实验二:堆叠自编码器(SAE)与堆叠降噪自编码器(SDAE)的对比,以此验证SDAE模型优于SAE模型。

实验三:针对集群中节点数目的不同,观察对模型训练效率的影响,验证并行计算方法对模型的效果。

以SDAE微博情感分类系统为例,其整体架构如图4所示。

实验过程如下。

(1)以不放回方式随机从COAE2015数据集中抽取700条文本作为训练集,600条文本作为测试集。

(2)将文本信息进行分词处理,再将分词后的数据使用 $tf \cdot idf$ 、卡方检验方法初步抽取特征值,根据初步抽取好的特征值,训练数据集和测试数据集分别生成词向量。

(3)将训练集的词向量输入堆叠降噪自编码器模型中进行预训练。

(4)将预训练完的数据输入Softmax分类器中进行分类计算,同时将标签数据输入Softmax分类器中进行监督训练。

(5)Softmax分类器计算结束后,将网络从后至前进行整体微调。

上述架构是一个通用框架,通过分别将SDAE替换成SAE和NULL可完成关于SAE和Softmax微博情感分类的实验;在针对不同节点对模型训练开销的效果实验中,只需改动SDAE模块中计算节点的个数即可。

4.2 实验结果与分析

本实验使用传统分类性能评价指标:准确率(Accuracy)、精确率(Precision)、召回率(Recall)、F-测度值。其计算公式如下:

$$\text{准确率}(A) = \frac{\text{被正确分类的文本个数}}{\text{文本总个数}} \quad (11)$$

$$\text{精确率}(P) = \frac{\text{被正确分类的文本个数}}{\text{实际分到该类的文本个数}} \quad (12)$$

$$\text{召回率}(R) = \frac{\text{正确分到该类的文本个数}}{\text{实际应分到该类的文本个数}} \quad (13)$$

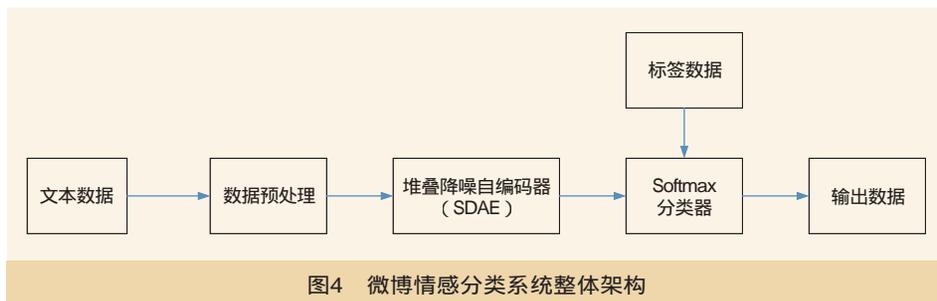


图4 微博情感分类系统整体架构

表1 不同学习模型的实验结果

初始向量维度	模型	褒义			中性			贬义			A
		R	P	F	R	P	F	R	P	F	
3276	Softmax	48.21%	38.57%	42.86%	63.16%	70.99%	66.85%	40.3%	43.04%	41.63%	58%
	SAE+ Softmax	45.07%	43.15%	44.09%	90.09%	61.14%	72.84%	40.56%	41.78%	41.16%	59.5%
	SDAE+ Softmax	47.34%	56.25%	51.41%	97.3%	66.7%	79.15%	43.31%	51.02%	46.85%	64.5%
3173	Softmax	66.15%	46.24%	54.43%	60.31%	58.97%	59.63%	43%	48.14%	45.43%	53%
	SAE+ Softmax	61.62%	51.03%	55.83%	84%	61.17%	70.79%	45.21%	47.13%	46.15%	55%
	SDAE+ Softmax	61.72%	52%	56.44%	87.5%	63.47%	73.57%	43.2%	50.57%	46.6%	60%
2245	Softmax	50%	40.77%	44.92%	43.48%	60.82%	50.71%	41.9%	44.52%	43.17%	58%
	SAE+ Softmax	49.86%	43.81%	46.64%	75.65%	55.77%	64.21%	42.56%	45.12%	43.8%	58.5%
	SDAE+ Softmax	53.57%	46.67%	49.88%	100%	62.5%	76.92%	43.33%	45%	44.15%	65%
1428	Softmax	74.63%	54.35%	62.9%	64.08%	58.24%	61.02%	42.86%	45.88%	44.32%	57%
	SAE+ Softmax	73.73%	55.37%	63.24%	69.39%	57.37%	62.81%	42.86%	47.1%	44.88%	57.5%
	SDAE+ Softmax	72.69%	58.55%	64.86%	70.31%	63.31%	66.63%	47.14%	45.3%	46.2%	62.5%

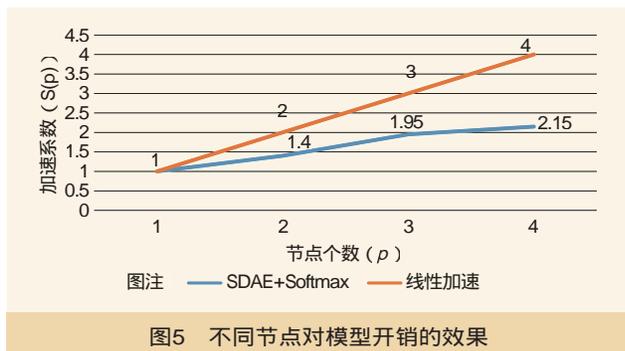


图5 不同节点对模型开销的效果

$$F=(2 \times P \times R)/(P+R) \quad (14)$$

同时为评测并行计算方法对模型的训练效果,使用加速系数,其计算公式如下:

$$S(p)=\text{单个计算节点下所耗时间}/p\text{个并行计算节点下所耗时间} \quad (15)$$

(1)不同学习模型对分类结果的影响

表1是各学习模型在全部实验数据中的结果,其中A表示准确率(Accuracy)、P表示精确率(Precision)、R表示召回率(Recall)、F表示F-测度值。

通过表1可以得出以下信息。

- Softmax模型与SDAE+Softmax模型对比,在初始向量维度为3276时,Softmax的准确率为58%,SDAE+Softmax的准确率为64.5%,整体准确率提高6.5%;不同类别的F-测度值也有所提升,中性的由66.85%提高到79.15%,褒义的由42.86%提高到51.41%,贬义的由41.63%提高到46.85%,表明相对于浅层Softmax模型,堆叠降噪自编码器模型能更紧凑高效地表达显示问题中的非线性特征,对于微博情感分类有更好的分类效果。

- SAE+Softmax模型与SDAE+Softmax模型对比,在初始向量维度为3276时,SAE+Softmax的准确率为59.5%,SDAE+Softmax的准确率为64.5%,整体准确率提高5%;同时不同类别的F-测度值也有所提升,中性的由72.84%提高到79.15%,褒义的由44.09%提高到51.41%,贬义的由41.16%提高到46.86%,表明在使用相同分类器下,相对于堆叠自编码器,堆叠降噪自编码器通过解决数据中噪声带来的影响,提高算法的鲁棒性,从而提高分类的准确率。

综上所述,在不同维度的微博信息中,堆叠降噪自编码器模型抽取出的特征能够更好地表达输入数据的结构特征,深度学习模型能更好地挖掘出原始数据的特征信息,从而更充分地展现出数据的本质。

(2)不同节点对模型训练开销的效果

通过使用基于分布式内存的并行计算方法对堆叠降噪

自编码器模型进行分布式训练,同时针对集群中节点数目的不同,观察对模型训练效率的影响,结果如图5所示。其中,SDAE+Softmax表示基于堆叠降噪自编码器的情感分类系统, $S(p)$ 表示加速系数, p 表示节点个数。

通过图5可以看出,当计算节点增加时,模型训练的加速系数有所提高,因此模型的训练时间开销降低,表明使用分布式内存的并行计算方法能够降低堆叠降噪自编码器模型的训练时间开销,提高模型的训练效率。同时发现模型的加速系数低于线性加速系数,究其原因是在集群中不断增加节点分担任务计算时,节点之间的通信占据一定的时间开销。

5 结束语

微博情感分类研究中,通过使用堆叠降噪自编码器模型解决样本数据含有噪声的特征抽取问题,并解决传统基于人工标注及情感词典费时、费力问题。分类实验表明该模型优于传统浅层学习器模型,同时为解决模型训练时间开销较大的问题,使用基于分布式内存的并行计算方法,通过实验发现训练效率有较好的提升。

堆叠降噪自编码器的并行化方法还有很多地方需要改进,由于计算资源有限,文中仅发现并行计算过程中计算节点与模型训练效率的大致趋势,并未深入探索节点数目与模型训练开销的关系,因此进一步的工作将深入研究如何利用有限的计算节点对堆叠降噪自编码器进行最优化并行设计,从而最大化减小训练时间开销。

参考文献

- [1] Bengio Y, Delalleau O. On the expressive power of deep architectures[C]. Proc of the 14th International Conference on Discovery Science. Berlin: Springer-Verlag-Verlag, 2011
- [2] Dahl G E, YU D, Deng L, et al. Context-dependent pre-trained deep neural networks for large-vocabulary speech recognition[J]. Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on, 2012, 20(1)
- [3] 刘飞龙, 杨亮, 张绍武, 等. 基于卷积神经网络的微博情感倾向性分析[J]. 中文信息学报, 2015, 29(6)
- [4] 梁军, 柴玉梅, 原慧斌, 等. 基于深度学习的微博情感分析[J]. 中文信息学报, 2014, 28(5)
- [5] Doreen L, Galli. 分布式操作系统—原理与实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003
- [6] 骆涛. 面向大数据处理的并行计算模型及性能优化[D]. 中国科学技术大学, 2015

如对本文内容有任何疑问或评论, 请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn.

基于山区自然灾害下的应急通信视频保障系统研究

胡建飞 孙伟林

中国电信股份有限公司丽水分公司

摘要 沿海地区多发台风、泥石流等自然灾害，主要集中在山地区域，而应急通信车辆较大，越野能力有限，遇到灾情很难深入灾区。为了开展应急通信保障便捷化，可以将移动式全球眼和视联网运用在应急通信保障中，同时，为完善应急通信视频保障系统，将无人机视频监控、手持式视频终端纳入应急通信视频保障系统，使得应急通信保障系统更灵活多用、视角广阔。

关键词 应急通信 视频保障 移动式 集中式

1 研究背景

着眼国家下达的重要通信保障任务或由国家应急指挥机构负责领导、指挥、协同的通信应急保障任务，应对沿海地区台风、泥石流等自然灾害的频繁发生，联合抢险救灾行动指挥通信保障的需要，根据上级领导主导、地方党政机关配合的思路，完善省市县联合指挥通信保障的方法和手段，规范组织实施，提高应急通信保障工作质效。

面对自然灾害频繁发生，特别是台风季节，作为责任重大的应急通信队伍，势必做到快速响应，及时到位；现场指挥，有条不紊；设备先进，技术强硬。因此，基于山区自然灾害下展开应急通信保障系统的研究势在必行。

2 视频系统在应急通信保障中的研究

2.1 全球眼在应急通信保障中的研究

全球眼视频保障系统基于网络进行图像远程监控、传输、管理和储存。在山区自然灾害应急通信保障中，可以借助全球眼系统实现跨区域监控，实时将受灾现场传输给上级领导，便于通过现场实时情况展开抢险救灾工作。因此，可以组建一支移动式全球眼视频保障队伍，应对山区突发自然灾害，及时将现场受灾情况实时传送，有利于后期开展应急抢险工作。

(1)有线接入方式

全球眼系统如图1所示。当发生山体自然灾害时，应急通信队伍可以及时在受灾区域架设移动式全球眼设备，将交换机、硬盘录像机、摄像头集中到统一的移动式机柜，便于及时响应并迅速展开应急通信保障工作。用于应急通信保障的全球眼系统设置单独的应急通信保障全球眼域，通过公网

将现场受灾情况实时传送到远端桌面或手机终端，远端指挥抢险救灾的人员根据相应权限可以实时查看现场抢险救灾工作，并及时做出指挥调度。

(2)无线接入方式

将手持式视频终端纳入应急通信视频保障系统，可以迅速展开单边应急通信视频保障工作，借助中国电信强大的4G网络或无线Wi-Fi，通过全球眼系统或海康平台将受灾现场及时传送到远端，便于后期开展应急抢险工作。

手持式视频终端利用4G网络接入到全球眼系统，将现场视频传送到显示器上，具体如图2所示。

手持式视频终端利用4G网络接入到海康视频系统，将现场视频传送到显示器上，具体如图3所示。

通过手持式视频终端，可以在山区发生自然灾害时深入

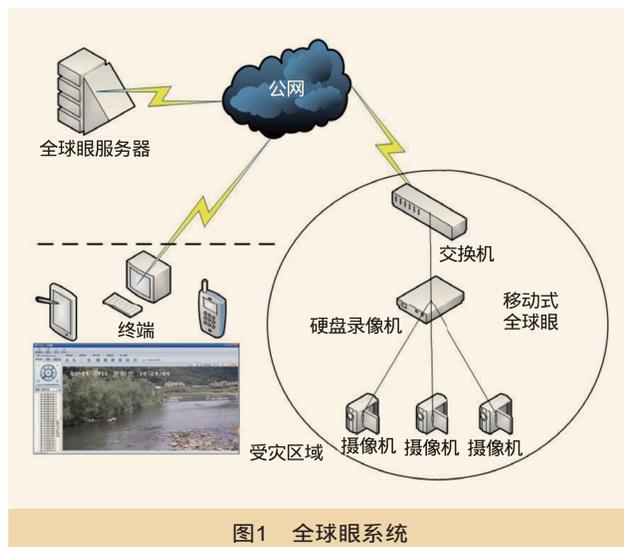


图1 全球眼系统

受灾区域，及时将受灾情况传送到指挥中心，便于后期开展抢险救灾工作。

在智能手机上安装全球眼系统，在网络连接的情况下，可以随时随地查看受灾现场及抢险救灾工作的开展情况，具体如图4所示。结合手持式视频终端的多角度、多方位视频



图2 手持式视频终端接入全球眼平台



图3 手持式视频终端接入海康平台

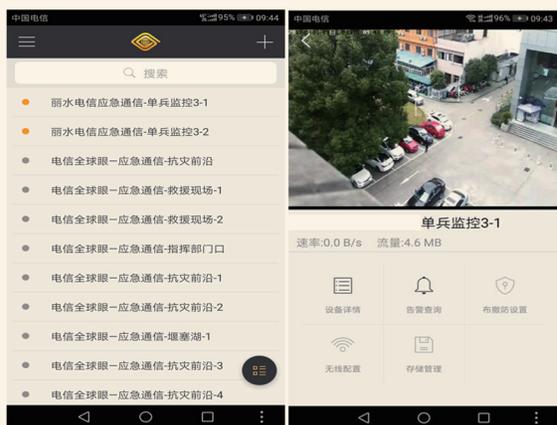


图4 手机终端查看全球眼视频

接入，手机终端根据账号权限随时随地查看现场视频，可以更加灵活便捷地开展应急通信抢险救灾工作。

2.2 视联网在应急通信保障中的研究

视联网作为网络发展的重要产物，是互联网的高级形态，是一个实时网络，能够实现全网高清视频实时传输，可以实现多区域多会场进行高清视频会议。因此，在山区自然灾害发生后，便于各级党政军机关开展应急指挥、应急抢险工作，可以将视联网会场延伸到山区受灾现场。视联网系统示意如图5所示。

当发生灾情时，应急通信前线队员可以第一时间通过移动视联网迅速展开移动式视频指挥平台，便于省市县各级党政军机关汇报现场受灾情况和抢险救灾工作的开展。通过手机终端可以灵活建立小会场，机动性强，便于在会议过程中随时随地了解受灾现场情况并有效展开抢险救灾工作。手机终端接入视联网系统如图6所示。

3 无人机在应急通信保障中的研究

在山洪暴发、地震灾害等紧急情况下，无人机可对受损线路或潜在危险进行勘测与紧急排查，能勘测到人眼的视觉死角，对于迅速开展工作很有帮助。同时，可以借助无人机进行存在危险性的应急通信保障工作。

无人机系统如图7所示。无人机飞行时，通过微波将拍摄画面实时传送到地面。当出现洪水、泥石流等自然灾害时，由于存在危险性，应急人员根本无法进入危险区域拍摄现场视频。为了将受灾情况和影响范围及时传送到指挥中心，可以利用无人机进行全方位视频拍摄并将现场环境传送

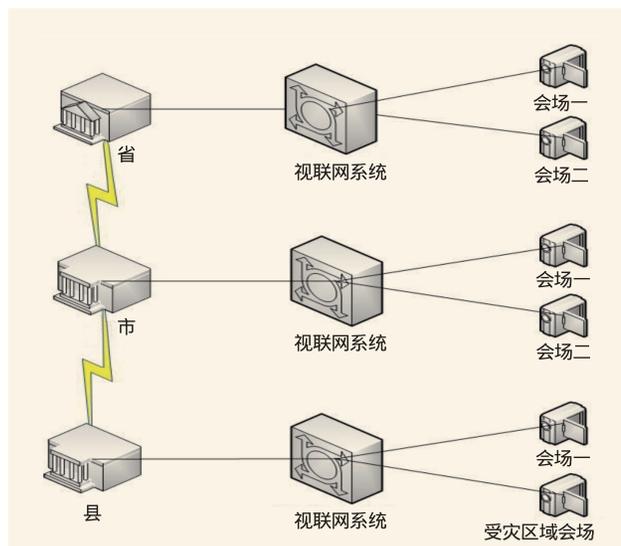


图5 视联网系统示意



图6 手机终端接入视联网系统



图7 无人机系统

到指挥中心，便于后期部署应急抢险工作。

4 视频集中系统研究

将相对独立的视联网和全球眼视频保障系统联合，在此基础上进一步扩展视频接入方式，组成一套能迅速应对自然灾害应急抢险视频保障的系统。

将视联网和全球眼设备集中安装在一个可移动的机柜中，具体如图8所示。当需要应急通信保障时，可以将移动式机柜运送到受灾现场，迅速开展应急通信保障工作。

集中式应急通信视频保障系统如图9所示。在集中视联网和全球眼的基础上，增加无人机和手持式视频终端。通过



图8 集中式视频保障移动式系统

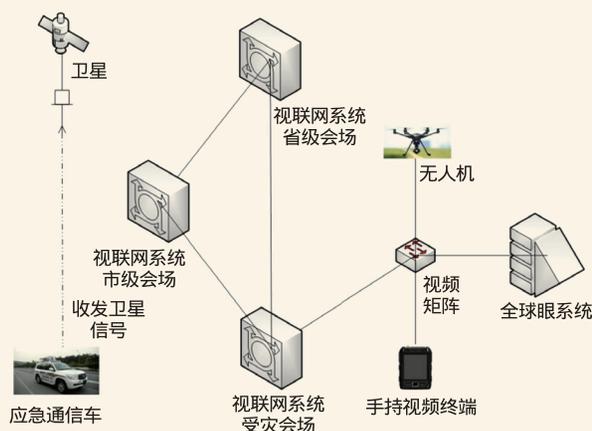


图9 集中式应急通信保障系统

多种视频接入方式不断完善视频保障系统，提升应急通信保障能力。集中式应急通信保障系统可以多画面、多系统相互穿插，将受灾区域的实时画面传送到指挥中心，便于党政军和各方抢险救灾工作者部署应急抢险工作。

5 结束语

在新形势下，应急通信保障越来越举足轻重，沿海地区每年均遭受台风和泥石流等自然灾害的影响，为了应对山区未来不可预测的自然灾害，在全球眼和视联网应急通信保障的基础上，不断完善视频保障系统。随着无人机、手持式视频终端的引入，大大提升山区应急通信保障的能力，完善应急通信视频保障系统。利用这套行之有效的集中式应急通信保障系统，必将为党政军及广大人民群众提供强有力的应急通信保障。

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

数字经济时代GDP核算问题研究

高晓雨¹ 王涛¹ 闫德利²

1.国家工业信息安全发展研究中心

2.腾讯研究院

摘要 当前,数字经济作为一种新的经济形态,正成为转型升级的重要驱动力,也是全球新一轮产业竞争的制高点。理论上,每一次技术变革都会推动GDP更快增长,然而事实则是全球主要国家的经济增速呈明显放缓态势,和数字经济不断提速发展的状况相悖。这看似矛盾的事实可能是由于传统的GDP核算方法无法准确衡量数字经济下一系列新型运营方式的价值和规模导致。从数字经济下的多种新型运营方式及其特征出发,展示和分析数字经济对准确核算GDP的影响,并提出相应的建议。

关键词 GDP核算 数字经济 价值核算

1 引言

数字经济是指以使用数字化的知识和信息作为关键生产要素,以现代信息网络作为重要载体,以信息通信技术的有效使用作为效率提升和经济结构优化的重要推动力的一系列经济活动。农业经济是围绕农业生产和农产品交易的价值创造和价值增值过程,工业经济变为围绕工业产品生产与交换的价值创造和增值过程,数字经济则变为围绕数据内容生产和服务的价值创造和增值过程。数字经济是复杂经济系统中的一种层次,是与农业经济、工业经济并存的一种新型经济形态,只要在价值创造的过程中,有数据发挥了作用,这部分经济就是数字经济。随着信息技术在经济社会各领域的广泛渗透和融合,数字经济的内涵和外延将不断延伸,其范畴也将随之扩大。这种数字经济的发展不仅不会否定农业经济、工业经济、服务经济的存在,相反会促进这三种经济的素质通过信息化大幅提升,导致不可触摸的信息型经济取代可以触摸的物质型经济,并在整个经济中居于主导地位。数字经济的定义如图1所示。

当前,数字经济作为一种新的经济形态,正成为转型升级的重要驱动力,也是全球新一轮产业竞争的制高点。根据埃森哲战略与牛津经济研究院关于数字化投资和GDP增幅的研究报告,未来几年,数字化投资“增长倍增器”的效应将逐步显现。按照新的数据统计模型,涉及数字技能和数字化资本的数字经济在世界经济的占比将达到22.5%,成熟经济体的数字技术将贡献28%。2016年,我国数字经济规模首次超过20万亿元人民币,达22.4万亿,增速高达16.6%,占GDP的比重达到30.1%。目前我国数字经济规模位居世界第二,

和美国11万亿美元的规模仍有较大差距,占GDP比重低于美国、英国和日本,但增速位居世界第一。

2 数字经济时代GDP核算问题

数字经济作为复杂经济系统中的一种层次,虽然在形式上是一种相对独立的经济形态,但并不孤立于传统经济;相反,其与传统经济紧密地联系在一起,并具有虚拟性、高附加性、高渗透性、价值增值性、边际成本递减、外部经济性等有别于传统经济的经济特性。正是这些数字经济的经济特性造成GDP核算的失真。GDP是指一个国家或地区所有常住单位在一定时期内生产的所有最终产品和劳务的市场价值。也就是说,从概念上讲,GDP的核算包括所有的交易类型和方式。但是现行的国民经济核算体系是否纳入并准确反映数字经济下所有产品和服务的交易情况才是问题的关键。

(1) 电子商务促进非正式交易量的急剧增长

电子商务是数字经济的主要部分,然而大部分网络交易并没有纳入现行的国民经济核算体系,由此造成GDP和价格指数的失真,数字化的普及在扩大电子商务规模的同时也加大GDP的核算误差。尽管数字经济带来淘宝、爱彼迎等一系列新型线上服务平台,但这些新事物的本质并不新鲜。私下租赁房屋、汽车和出售二手品等个人交易自古就有,这些交易虽然无法被有关部门记录,但因为规模太小可以忽略不计。数字经济为这些传统的个人交易提供便捷的交易平台并因此显著加大交易规模,飞速增长的互联网计算能力和运行速度促进此类服务的快速发展。在淘宝上,一个卖家的客户群甚至可以大到超过很多小公司;2016年,爱彼迎估值达到

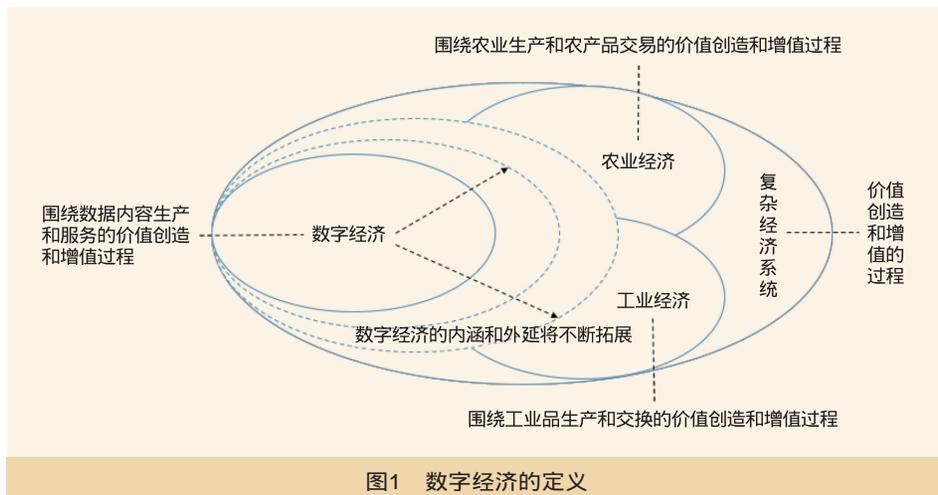


图1 数字经济的定义

255亿美元，甚至超过全球最大的连锁酒店希尔顿集团。这些线上服务平台大力推动着C2C交易的发展，在减少进入壁垒、提升市场规模同时指数倍的加大此类并未包括在国民经济核算体系内的个人交易规模，从而GDP被显著低估。

除此之外，金融业开始出现此类问题。近年来，P2P借贷已经成为一种普遍的新型融资方式。P2P借贷作为一种债权融资，借款人借助第三方机构使用信用贷款的方式将资金贷给贷款人。由于银行可提供金融服务的多样性，如ATM机、无风险存款等，银行所提供的各类金融服务利率相对较高。因此，一方面，借款人利用P2P借贷寻求更高的回报；另一方面，贷款人通过这种方式得到低成本的资金。目前，P2P业务的发展已不容小觑，2013年普华永道仅在美国的P2P营业额就有1.63亿美元。然而，在公众通过这种方式参与到金融业生产性服务中的同时其交易信息并未被纳入各类统计数据、监管体系和GDP核算中，这就加大金融风险 and GDP的核算误差。

(2) 自助服务让消费者变成“生产者”

“数字化”衍生各类自助服务的普及让传统国民经济核算体系内的市场活动变为消费者可以自助的非市场活动，减少GDP的核算内容，造成GDP的增速放缓。随着互联网的普及，家庭生产在自用、市场、消费和休闲之间的传统界限越来越模糊，普通家庭开始参与到原本的生产经营活动中。换言之，普通家庭活动逐渐“取代”国民经济核算体系中所包括的经营活动。例如，之前订机票需要通过专门的旅行社，而现在大家在旅游网站上就可以自行订票。除此之外，ATM机、网上银行和自助超市等都让消费者成为“生产者”。从概念上讲，国民经济核算体系中不包括洗衣、做饭、打扫卫生等自用的非市场活动，也就不包括此类自助服务。随着传统中介服务不断被“取代”，GDP的核算内容越来越小。目前，也有一种理论认为由于这些服务都可以由第

三方提供，所以都应该包括在生产活动的核算范围内。但是，即使此类自用、自助活动被纳入国民经济核算体系，准确估值依然为亟待解决的问题之一。

(3) 免费产品加大价值核算的难度

数字经济具有外部经济性的经济特征，主要体现在两个方面：一是为了吸引用户访问，很多服务提供商都向用户提供免费的数字服务；二是数字提供商在提供服务的同时可以搜集到用户

的海量数据并进行商业利用。因此，如何衡量这部分免费数字服务和海量数据的价值成为GDP核算中长久以来的难点之一。

如百度等免费搜索引擎和各种免费手机应用的运营方式都不是直接向消费者收费而是通过广告融资和盈利。在此种商业模式下，生产者和消费者之间并未发生交易，而是和第三方——发布广告的公司之间存在明确的交易。发布广告的公司为了收回成本就会提高产品售价，因此虽然消费者并未直接向服务提供商支付费用，但通过购买和消费广告产品向服务提供商进行了间接支付。因此，一种观点认为在其他条件相同的情况下，免费产品的价值等同于广告价值，只是消费者的消费模式不同；但是，另一种观点认为由于消费者并未向服务提供商付款，只是享受到产品的外部性和消费者剩余，所以免费服务的价值依然被低估。

除广告以外，免费产品的另一种盈利方式是收集和商业利用数字产品用户生成的海量数据。这种模式与广告模式相似，都是消费者和生产者之间并无直接交易，但会有第三方参与其中。在这种情况下，如果涉及到第三方购买数据并向数据提供商支付费用，就能对此数据服务的价值准确核算，否则将只是对数据库市场价值的增值进行估算，依然会存在估值困难等问题。

总的说来，免费产品的估值困难是数字经济的外部性加大消费者剩余。从概念上来说，一方面，GDP作为衡量生产的指标，并非福利和消费者剩余，本就未将外部性等因素纳入核算的考虑范围；另一方面，国民经济核算的原则是总供给与总需求相等，单纯通过广告或数据库价值的估值都是属于单方面的生产者估值，不一定和消费者估值的结果相等。因此，对免费产品价值估算和数字经济所加大的消费者剩余都使得GDP核算的难度增加，准确性降低。免费产品和交易三角如图2所示。

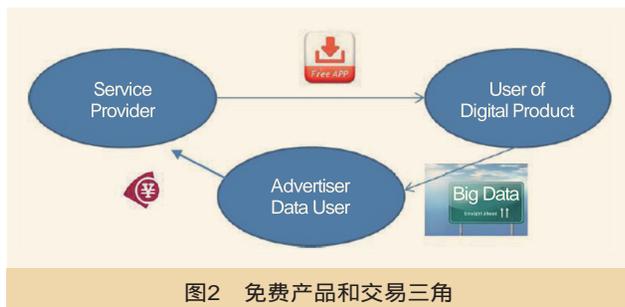


图2 免费产品和交易三角

(4) 知识产权跨境流动带来“搭便车”问题

数字产品的主要投入是技术，每一样数字产品都包含着大量的知识产权。但是由于知识产权的虚拟性和高附加性，未被监管到的知识产权跨境流动会导致其附加值在各国错误统计，造成国际上的GDP核算误差。2008年的国民经济核算体系将知识产权资产分为5类：研究和开发、矿产勘查和评估、计算机软件和数据库、文学和艺术作品以及其他知识产权资产。由于知识产权资产的高附加性，除矿产勘查和评估外，其他知识产权资产都受到严格的国际贸易限制。然而，由于公司内部的信息和资源共享，跨国公司的全球扩张让知识产权资产在全球多个国家跨境流动并产生高附加值，并且往往知识产权的所有者（研发者）和实际使用者（产品生产者）并不隶属于同一国家。被“转移”知识产权资产的附加值会被纳入各国各自的国民经济核算，但并未被记录在跨境国际贸易统计数据中。这就会造成产品研发部门所在国的GDP被低估而生产部门所在国的GDP被高估。

(5) 数字化定制服务背后的数量和质量差异

数字产品大多以数字化的形态存在，并不像工业产品那样会有实体，再加上数字产品的主要投入为技术，知识成本目前无法准确核算，而且技术的壁垒造成供求双方的信息不对称，进而完全冲破传统经济学中的线性供求关系，因此数字产品定价并不遵循传统经济学的市场定价策略。除此之外，与传统经济产品生产边际成本递增所不同的是，数字产品具有边际成本递减的特点，即每生产一单位的产品，其生产成本逐步减少。因此，数字产品的虚拟性和可复制性导致数字产品的单位价格难以核算，从而影响GDP核算的准确性。随着数字经济逐渐普及的个性化定制就是例子之一。随着各类产品和服务越来越独特，不同质量产品的估价变得更加复杂。尽管欧盟统计局和OECD提出大量的定价建议，包括合同定价、定价模型、组件定价和特征方法等，准确的估价仍然较为困难。例如，根据2013年发布的数据，通过Airbnb租一套公寓比住酒店便宜20%，租一个房东家的单间能便宜50%。考虑到厨房等设施，Airbnb的房屋条件甚至可能优于酒店，这是Airbnb近年来成长如此迅速的原因之一。

因此使用酒店价格对类似的Airbnb短租房屋进行估价就会存在显著偏差。除此之外，可复制性和边际成本递减也加大单位价格的核算难度。在许多互联网和移动服务的定价模型中，基本版本可以免费使用，增强版只提供给付费用户使用并且大多没有数量限制。例如，对于订阅无限下载电影服务的消费者来说，下载5部还是10部电影是无差异的。这意味着货币交易即使记录下来也无法反映数字产品的数量，也就是说无法对单位价格进行观测。

3 结束语

当前，全球数字经济发展正处于全面普及、深度融合、加速创新、引领转型的新阶段，对各国的增长动力、经济社会运行、生产生活方式产生了根本性、全局性影响。数字经济作为一种新的经济形态，正成为转型升级的重要驱动力，也是全球新一轮产业竞争的制高点。我国数字经济凭借强大的后发优势，增速是发达国家的数倍。未来几年，在我国数字经济高速增长背景下，数字经济在推动我国经济社会发展、构建全球竞争新优势的重要作用将快速凸显。但是，对于上述问题，应该结合自身实际，提前谋划、部署应对之策。

第一，改进数字经济测算模型，加大国民经济核算口径。正如前面所说，从概念上来讲，GDP的核算包括所有交易类型和方式，问题的关键是现行的国民经济核算体系中未纳入并无法准确核算数字经济下的全部交易。例如，活跃于电子商务的个人交易、取代传统中介职能的自助服务以及流媒体等纯虚拟服务都未纳入国民经济核算体系并给核算增加了难度。从发展的角度来看，改进数字经济的测算模型，加大国民经济的核算口径，将数字经济下逐渐普及的新兴产品和经营模式纳入其中，有助于为决策者提供完整的数据指标支持，有助于推进数字经济健康快速发展。

第二，深度挖掘平台数据，提高统计数据收集能力。目前我国统计数据的收集工作基本还以层层上报的传统收集方式为主，这种方式并不适用于交易量大、交易分散且大多为个人一对一交易的数字经济。但是，数字经济虽然给数据统计带来新问题，也提供了新的解决方案。淘宝、爱彼迎等新型线上服务平台在加大交易规模的同时规范个人交易市场并提供了大量的交易信息和数据。因此，为了适应数字经济带来的新挑战，统计部门应妥善利用数字经济带来的便利，改进数据采集方式，普及电子采集技术，提高采集效率，降低原始数据的错漏率。

第三，参考其他福利指标，全面解读国民经济现状。由于数字经济具有外部经济性的经济特性，数字经济不仅改变生产经营的方式，也显著加大消费者剩余，提高消费者从产

(下转26页)

互联网电视业务质量保障方案研究

张立伟

中移铁通有限公司

摘要 通过对互联网电视内容提供商的合作模式、网络结构和运行维护等方面的探究,提出铁通互联网电视业务的质量保障方案。方案介绍互联网电视业务在铁通互联网内的网络部署模式,明确相关质量指标以及保障质量达标的具体措施,并在运维监控方面提出合理建议。

关键词 互联网电视 网络 部署 保障

1 前言

随着互联网技术的发展,尤其是光纤接入技术的应用,宽带业务的竞争已逐渐从接入型向内容服务型转变,以宽带网络为载体的互联网电视业务已经成为国内电信运营企业尝试互联网内容服务的重要方式。

铁通公司把互联网电视产品作为提升竞争力的重要手段,然而互联网电视业务作为新业务形态,对网络带宽和质量要求相对苛刻,必须从网络结构、带宽保证、运行维护等多方面进行研究,制定合理、有效的质量保障方案,才能使用户认可铁通互联网电视业务并获得优质的应用体验。

2 互联网电视业务开展模式

随着7家拥有互联网电视运营牌照的牌照方推动,互联网电视业务步入快速发展阶段,各电信运营商充分利用自身优势,着力打造具有电信运营商特色的互联网电视业务。互联网电视业务的发展有三个要素:内容、网络 and 用户,丰富的节目内容是业务开展的关键,可靠的宽带网络是服务质量的保障,庞大的用户群体是业务推广的基础。因此,铁通公司将与牌照方合作发展互联网电视业务,互取长处,实现共赢。

在合作模式中,牌照方主要负责内容生产和存储工作,铁通公司将发挥用户资源优势,负责网络支撑和服务质量保障工作。

3 质量保障方案设计

3.1 组网结构和保障关键点

铁通互联网电视业务网络由节目源、内容分发节点、骨干省干互联网、接入网和终端机顶盒组成,组网结构如图1

所示。

网络中相关环节都将对业务质量造成影响,在质量保障方案中应对关键环节着重考虑。节目源质量是业务质量保障的基础,内容分发节点合理部署将提高网络效率,干线网络足够的带宽将保证内容顺利传送和回源,接入带宽是保障用户体验的关键,业务体验指标是进行质量评判的标准。

3.2 节目源质量标准

为保证互联网电视节目源质量,依据当前互联网视频基本质量要求和用户主观感受,对牌照方的节目内容源质量指标建议如下。

(1) 停播率

直播节目停播率 $\leq 0.01\%$,点播节目停播率 $\leq 0.01\%$ 。

(2) 业务请求成功率

指终端向平台侧发起业务请求获得正确反馈的百分比,要求大于等于99%。

(3) 节目源质量感受指标

视频质量:连续4h内无画面停顿、画面跳跃、异常中断等现象出现。

音频质量:连续4h内无声音停顿、异常中断等现象出现。

3.3 内容分发节点部署

内容分发节点的分布决定互联网电视业务的全国架构,是质量保障方案的关键之处。根据铁通互联网现有结构,建议互联网电视业务节点部署采用大区节点、省级节点、地市节点三级架构。

(1) 大区节点

根据网络结构、用户分布和牌照方的基本情况,大区规

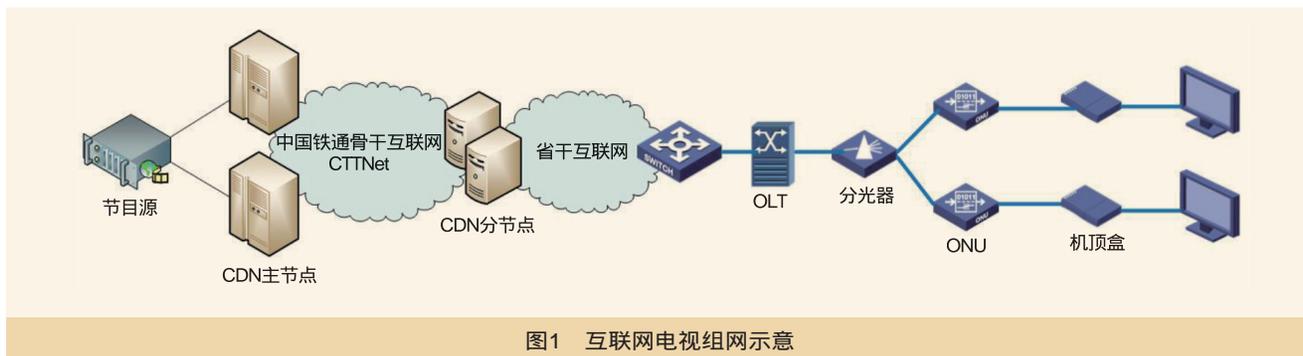


图1 互联网电视组网示意

划应侧重中东部，节点设置的具体城市应综合考虑互联网核心节点与内容平台节点所在地。建议将全国划分为北方、华东、南方、中部4个大区，每个大区设置两个核心节点。大区规划见表1。

(2) 省级节点

省级节点作为本省的节目内容缓存与对用户服务节点，设置于省级互联网核心层，通过共享骨干网带宽或专线方式与大区节点互联，大区节点所在省不再单独部署省级节点。省级节点主要包括直播、点播服务器和配套管理服务器。

(3) 地市级节点

地市级节点负责为本地市用户就近提供服务，以地市为单位部署，设置于用户较多、流量较大的地市城域核心层。节点内部结构与省网层节点相同，容量略小。原则上达到5000互联网电视业务用户的地市应设置地市级节点。

3.4 干线网络质量保障

互联网电视业务在铁通网内原则上是基于公共互联网传输的业务，各级节点之间的连接应以共享既有公共互联网资源为主。

3.4.1 网络质量指标

(1)为保证网络质量，各级服务节点之间以及省、地市级节点至用户之间应保证链路利用率处于一定标准，综合考虑投资和服务质量，本方案建议使用的利用率指标见表2，各级链路应确保在运行中不高于指标上限，确保干线网络的充足带宽。

(2)根据各家牌照方提供的数据，为保证全部节目正常传送，从节目源服务器至终端机顶盒的端到端时延 $\leq 50\text{ms}$ ，丢包率 $\leq 0.1\%$ 。各省级节点应在网管等支撑系统建立互联网电视网络质量监测方案，采用抽样节点的监控方式，对每地市不少于10个终端测试点进行实时监控。

3.4.2 质量保障措施

(1)为减小对网络带宽的需求，提升业务质量，牌照方所提供的90%以上点播节目内容应在省级或地市级节点缓存。

表1 大区规划

大区	节点	是否互联网核心	是否内容平台节点
北方	北京	是	-
	沈阳	是	是
华东	上海	是	是
	杭州	-	是
南方	广州	是	-
	长沙	-	是
中部	武汉	是	是
	成都	是	-

表2 链路利用率标准

链路级别	利用率上限	扩容启动门限
骨干互联链路	70%	50%
省干互联链路	75%	50%
城域链路	75%	56%
接入链路	80%	70%

(2)如牌照方因特殊原因暂时无法在铁通网内设置内容分发网络节点，应由节点所在省以互联网专线方式将其接入铁通骨干互联网。

(3)在网络质量监控中，如发现公共互联网无法达到上述质量指标，且短期不具备优化条件，应在劣化区段紧急开通传输通道，以传输专线方式与上级节点直连。

3.5 接入层质量保障

3.5.1 接入带宽标准

本方案根据目前牌照方提供的片源质量进行实验室流量测试，通过对不同牌照方内容源测试进行比较，获得带宽实际数据。

(1) 实测数据

根据不同内容源监测数据，直播节目播放码率为1~2Mbit/s，720P节目播放码率为2~4Mbit/s，1080P节目播放码率为2.5~8Mbit/s。

(2)测试主观感受

4Mbit/s接入带宽可实现直播和720P点播的流畅播放，点播1080P片源时会出现不定时缓冲等待的情况。10Mbit/s接入带宽可流畅播放目前所有节目。

(3)接入带宽建议

为保障用户获得较好使用体验，原则上应选择10Mbit/s及以上的高带宽用户优先发展。业务发展初期，为加快业务推广、促进用户提速，可选择4Mbit/s xPON用户发展业务，但应对用户说明业务体验方面的差异，并建议用户升级为更高带宽。

xDSL接入方式以及4Mbit/s以下用户不应再发展互联网电视业务。

3.5.2 带宽保障措施

(1)用户开通互联网电视业务之前，应进行至省网核心层下载速率与质量测试，确保达到带宽要求并满足质量指标。对于不符合条件的，应整改达标后再开通。

(2)省级公司应根据用户数量与流量特点合理配置各级网络带宽。省级节点或地市级节点至用户之间的各级网络带宽，原则上可按照平均每在线互联网电视业务用户不少于3Mbit/s带宽的标准设置链路。

(3)宾馆等集团用户需考虑其与普通家庭用户行为习惯的差异。如在线率高于家庭用户、有更集中的同时上网需求等。应根据用户体验情况适当增加接入带宽并提高接入的网络层级。

3.6 业务体验质量指标

业务体验指标为主观指标，如正常播放节目时视频无马赛克、声音流畅、无停顿、无唇音不同步现象；节目定位播放时无马赛克，图像帧显示清晰；可在点播节目播放中流畅进行暂停、定位播放、退出等操作。

业务体验指标综合考量用户体验和系统支持能力，应取得兼顾的平衡数值。这里参考现行的IPTV技术指标及测试数值，综合制定铁通互联网电视业务质量指标。

- (1)现行IPTV的指标见表3。
- (2)抽取三个牌照方和机顶盒进行主观测试。
测试条件：接入带宽10Mbit/s。
测试结果：具体见表4。
- (3)最终确定的业务体验质量指标值见表5。

4 运维监控

在业务发展初期，建议铁通公司以积累维护经验为主，不建设互联网电视业务对应的支撑系统，这就要求开展互联网电视业务合作的牌照方应具有相对完善的业务监测和管理

表3 现行IPTV的指标

项目	IPTV指标
播放响应时间	<2s
频道切换时间	<2s
返回首页时间	<1s

表4 测试结果

项目	A样本		B样本		C样本	
	时间	感受	时间	感受	时间	感受
播放响应时间	2.5s	很好	3.2s	较好	3.0s	较好
频道切换时间	2.8s	较好	2.2s	较好	2.5s	较好
返回首页时间	1.2s	很好	1.0s	很好	1.0s	很好
视频卡顿	2h无	很好	2h无	很好	2h无	很好
音频卡顿	2h无	很好	2h无	很好	2h无	很好

表5 最终确定的业务体验质量指标值

质量要求	要求值	说明
请求成功率		
直播、点播业务请求成功率	99%	用户通过机顶盒设备在PPPoE正常拨号后，进行直播、点播业务请求成功的统计概率
响应时间		
直播、点播业务响应时间	<3s	从遥控器按钮点击EPG直播频道、点播某部节目到开始播放
直播频道切换时间	<3s	在直播业务中，直播频道与直播频道之间的切换时间
直播、点播服务返回EPG页面的时间	<1s	从直播、点播服务返回EPG页面的时间
视音频质量		
直播业务视频质量	连续2h内无画面停顿、画面跳跃、异常中断等现象出现（接入带宽不小于10Mbit/s）	
直播业务音频质量	连续2h内无声音停顿、异常中断等现象出现（接入带宽不小于10Mbit/s）	

系统，并能通过分权分域的方式为铁通维护单位提供系统使用权限，系统应具备运行状态、质量监测，以及业务数据分析等基本功能。

4.1 维护分工

根据常规合作模式，业务合作方整体负责互联网电视业务系统的监控与维护，铁通公司应具有监控系统运行状态、获取统计数据的相应系统操作权限。

4.2 监控方式

省级网管中心在监控各级网络运行状态的基础上，还应通过合作方提供的业务管理系统监测互联网电视业务系统主要软件进程与硬件设备的运行情况，逐步切入业务监控，包括在线用户情况和业务层质量情况的监控。

(下转26页)

多线程Web应用中Web Worker池的管理方案与性能研究

王 硕^{1,2} 王 晶^{1,2} 沈奇威^{1,2}

1. 北京邮电大学

2. 杭州东信北邮信息技术有限公司

摘要 提出一种Web Worker池动态管理方案,本方案使开发者无需在程序运行之前确定最优的Web Worker运行数量,而是使程序在运行时自动调整Web Worker数量,从而保证程序的最优性能。该方案解决了运行多线程Web应用时需要提前获知运行环境信息的缺点,同时也解决运行时环境不确定性带来的问题。

关键词 HTML5 Web Worker JavaScript 多线程 Web应用

1 引言

HTML5规范提供丰富的HTML元素和接口,对JavaScript有了更好的支持,使得基于硬件加速的浏览器能够更高效地运行Web应用。HTML5的强大功能避免一些第三方库的使用,同时让Web应用的性能更接近原生应用。

Web Worker是HTML5提出的新功能,可以让JavaScript代码运行于独立的线程之中而不影响主线程的运行。Worker线程和主线程之间通过事件机制通信。开发者可以利用Web Worker创建多个线程执行任务,利用多核CPU的优势,加快任务的执行速度。

由于JavaScript语言单线程的特点,Web应用在同一个线程上完成UI交互、I/O操作以及数据计算等任务,因此Web应用的性能在一定程度上受到限制。如果在主线程中运行繁重的任务,UI将会受到影响而变得卡顿。因此,开发者可以将一些繁重的任务放到后台线程中执行,从而提高Web应用的整体性能。一些高度并行的Web应用,如图像/视频处理程序,可以通过创建多个并行的线程同时进行计算任务。

然而,当使用多个Worker时,浏览器本身并不会根据性能情况动态管理运行的Web Worker。因此,开发者需要根据可用硬件资源情况,估算出合理的Worker数量。在Chrome和Safari等浏览器最近发布的版本中,可以通过API获取到硬件信息,比如逻辑内核数量,但是无法得知资源是如何被共享的,而且各个浏览器内部实现不同的引擎内核,因此,很难确定硬件状态对多线程Web应用性能的影响。

此外,Web应用通常运行在个人设备上,设备本身的系

统负载具有不确定性。所以开发者即使可以得到设备的逻辑内核数量,也不能确定在程序运行时有多少可用的资源。Web Worker的数量往往在程序运行开始时就已经确定,然而系统的可用硬件资源会随着其他应用的运行而发生改变,此时已经固定的Worker数量可能不能保证Web应用的最优性能。

以下提出一种在多线程Web应用中动态管理Web Worker池的方案,可以在不考虑执行环境硬件状态的情况下,动态管理运行的Worker数量,以保证程序高效运行。

2 背景

Web应用运行在主线程上,主线程负责UI绘制和交互响应。因为DOM操作具有较高的复杂性,且不支持在独立的线程中对其进行异步操作,所以在Worker线程中无法获取DOM节点。因此,通常将一些繁重的非DOM操作任务放在Worker线程中独立运行,以提高主线程的效率和用户体验。

Web Worker分为两种:第一种是专用Worker,一个专用Worker仅可以被生成它的脚本使用;第二种是共享Worker,一个共享Worker可以被多个脚本使用,即使这些脚本被不同的Window、Iframe或者Worker访问。

无论是专用Worker还是共享Worker,都有如下的执行模式。

单例Worker:所有的计算任务均由一个Worker线程独立完成。例如在Web游戏中,主线程在绘制UI和响应交互的同时,Worker线程负责处理AI和物理碰撞的计算工作。

异步Worker:大型且持续性的工作负载被分配到多个

并行的Worker中处理，如语法检查程序。任务被拆分为多个子任务，这些子任务之间不存在顺序依赖，可以采用异步并行的方式处理。当一个Worker完成当前任务后，会通知其父线程并传递计算结果，这时如果有新的任务，该Worker会接过新任务并继续执行。

同步Worker: 将可以并行执行的任务分解为多个子任务，但是子任务之间存在相对依赖，需要按照一定的顺序依次进行处理。例如图片/视频处理程序，在使用Web Worker时，需要一种同步机制确保执行顺序，可能会出现当一个或多个Worker完成任务时，需要等待另一个Worker完成任务以后才可以继续处理新任务的情况。

3 Web Worker池动态管理算法

在很多计算机学科领域中都存在对线程池管理的研究，线程池管理的目的是为了统一管理线程，按需取出或归还线程，避免过多创建或销毁线程所带来的性能消耗，同时避免系统资源被耗尽的问题。

3.1 方案

Web Worker池动态管理方案由一个算法负责决定当前运行的Worker数量。该算法会根据程序性能的变化决定增加或减少Worker的数量。为了避免反复创建Worker带来的性能消耗，开发者需要在程序开始的时候初始化一定数量的空闲Worker。当程序运行之后，算法会根据程序的运行情况决定是否增加新的Worker以提升性能。

当程序开始执行之后，该方案会持续跟踪应用的性能情况，一个性能测试队列将被用来计算当前的平均性能。不同的应用可能会使用到不同的性能计算方法，将自定义的性能计算方法与性能测试队列相结合，就可以得到实时的程序性能情况。当性能测试队列被装满之后，取出队列中的性能测试数据并计算平均性能，然后与前一次平均性能进行比较，决定是否需要增加运行的Worker数量。

3.2 算法参数配置

表1列出了算法中用到的参数。这些参数的默认值基于本文的实验调试得到。不同的多线程Web应用可能需要通过实验或其他方式得到更合适的参数值，关于参数的调优不在本文的讨论范围之内。

QueueLength定义性能测试队列的最大长度，当队列中的元素个数到达这个值时，取出队列中的所有统计结果用以计算平均性能。当QueueLength较大时，性能测试结果对于异常波动较不敏感；相反，当QueueLength较小时，性能测试结果对于异常波动较为敏感。根据本文实验的运行结果，

QueueLength为5时足以保证测试数据的准确性。

参数 α 定义了增加Worker所需要的阈值系数，当前平均性能大于上一次平均性能乘以 α 时，增加一个Worker；当前平均性能小于上一次平均性能乘以 β 时，减少一个Worker。第二种情况往往是由于同时运行的应用抢占了系统资源。对于 α 和 β 来说，更大的值意味着需要更为显著的性能变化才能触发算法，这会使得算法的行为更加保守；相反，更小的值会让算法对于性能的改变更加敏感，这会使得算法的行为更加活跃。表1中 α 和 β 的默认值基于本文的实验得到。

3.3 算法

下面介绍Web Worker池动态管理算法的伪代码以及相关变量的含义。图1为伪代码，表2为相关变量的含义。该算法对应的代码需要在程序运行时以一定的时间间隔不断重复执行，例如每隔0.5s执行一次，以保证算法能够持续监测应用性能并管理Web Worker池。

PerformanceQueue是装载性能测试单元结果的队列，其最大长度由QueueLength定义。当该队列未满载时，Web Worker池动态管理算法不会被执行；当一次性能测试单元执行完毕后，会将结果放入队列；当队列被装满时，清空队列并取出所有性能测试单元结果，然后计算当前的平均性能，最后算法被执行。

算法首先比较CurPerformance和PrevPerformance，如果CurPerformance大于PrevPerformance乘以 α ，那么将ActiveWorkers加1，一个闲置的Worker会被激活为可运行状态。主线程通过ActiveWorkers变量控制当前可运行的Worker数量。相反，如果CurPerformance小于PrevPerformance乘以 β ，那

表1 算法参数配置

参数	默认值	描述
QueueLength	5	性能测试队列的最大长度
	1.05	增加Worker的阈值系数
	0.9	减少Worker的阈值系数

```

Algorithm: Dynamic Web Workers Pool Manager
Require: CurPerformance ← Avg(PerformanceQueue)
If CurPerformance > (PrevPerformance *  $\alpha$ ) then
  ActiveWorkers ++
  PrevPerformance ← CurPerformance
  Clear(PerformanceQueue)
else if CurPerformance < (PrevPerformance *  $\beta$ ) then
  ActiveWorkers --
  PrevPerformance ← CurPerformance
  Clear(PerformanceQueue)
end if
    
```

图1 Web Worker池动态管理算法伪代码

么将ActiveWorkers减1,此时Web Worker池并不会真正关闭一个Worker,而是简单地将一个可运行的Worker设置为闲置状态,以避免重复创建或关闭Worker带来的性能开销,同时也避免系统降低对运行中应用资源分配的问题。

操作系统负责调度各个应用使用的CPU资源,当某个Web应用中运行的Worker数量减少时,操作系统会发现该应用所需的CPU资源降低,相应地减少其CPU使用率,导致该应用的性能降低。因此,实验中并不会真正关闭已经开启的Worker,以避免操作系统降低对Web应用的CPU资源分配。

当算法调整ActiveWorkers之后,会将PrevPerformance更新为CurPerformance以用于后续的性能比较。此外,PerformanceQueue将被清空,用以计算下一次平均性能。

4 实验与性能评估

4.1 实验环境

实验中使用2014年产15英寸MacBook Pro作为测试机器,机器配2.2GHz四核Intel Core i7处理器(Turbo Boost最高可达3.4GHz),配备6MB共享三级缓存,内存配置为16GB 1600MHz DDR 3L主板集成内存,硬盘配置256GB主板集成PCIe固态硬盘,图像处理方面配置Intel Iris Pro Graphic图形处理器,操作系统为macOS Sierra 10.12.6。

浏览器使用Chrome和Safari两款主流浏览器进行测试。其中Chrome版本为61.0.3163.100(正式版本64位),Safari版本为11.0。

4.2 基准测试框架

对于Web Worker来说,没有标准的基准测试程序,本实验使用一个基于Canvas的图像处理程序,该程序将一张图片进行像素级别的扫描并进行颜色提取,从而生成一张“虚化”的图片,效果如图2所示。

图像处理程序执行时,主线程负责初始化Worker池并加载原图片,同时生成一个同等大小的Canvas作为之后输出图像的画布。当原图片加载完毕后,将图片切分成大小为 20×20 的 N 个区块,并为每一个区块生成一个新的Canvas以读取图片像素信息,将像素信息连同图片位置、大小和像素个数等信息封装为任务对象,将任务对象、任务回调函数以及Worker脚本作为参数生成一个Worker任务。其中,任务回调函数将返回的图像处理结果绘制在之前准备好的Canvas之上,并调用基准测试函数以记录程序的性能。Worker脚本则是图像处理的关键部分,其中包含提取图片颜色的相关代码,由于需要对每一个像素点进行扫描并计算。当图片尺寸较大时,颜色提取工作会消耗大量的CPU资源,如果在主线程中进行,则会严重影响主线程完成其他工作,故将这部分

工作移交给Worker异步执行。

当Worker任务生成完毕后,会被发送给Worker池进行处理,Worker池判断当前空闲的Worker数量,若存在空闲Worker,则将任务分配给该Worker执行;若不存在空闲Worker,则将此任务加入到任务队列等待执行。当一个Worker执行任务完毕之后,程序会检查任务队列中是否存在等待执行的任务,若存在,则取出该任务并执行;若不存在,则将该Worker设置为空闲状态。当一个任务被执行完毕之后,会将执行结果通过构建Worker任务时传入的回调函数返回给主线程。主线程在收到结果之后,会执行相应的图像绘制工作,使用Web Worker池动态管理算法计算程序的执行性能,并根据性能的变化动态调整Worker池的大小,以保证图像处理程序在高性能的情况下运行。

4.3 实验结果

实验共分为两个部分,下面将分别对其结果进行分析和说明。实验使用Macbook Pro作为测试机器,分别记录程序在Chrome和Safari浏览器中的运行结果。

在第一部分实验中,采用图片颜色提取程序作为基准程序来评估性能,每100ms进行一次性能采样,当图片处理完毕后,计算平均性能作为最终结果。实验中没有使用Web Worker池动态管理算法,而是为Worker池设置固定

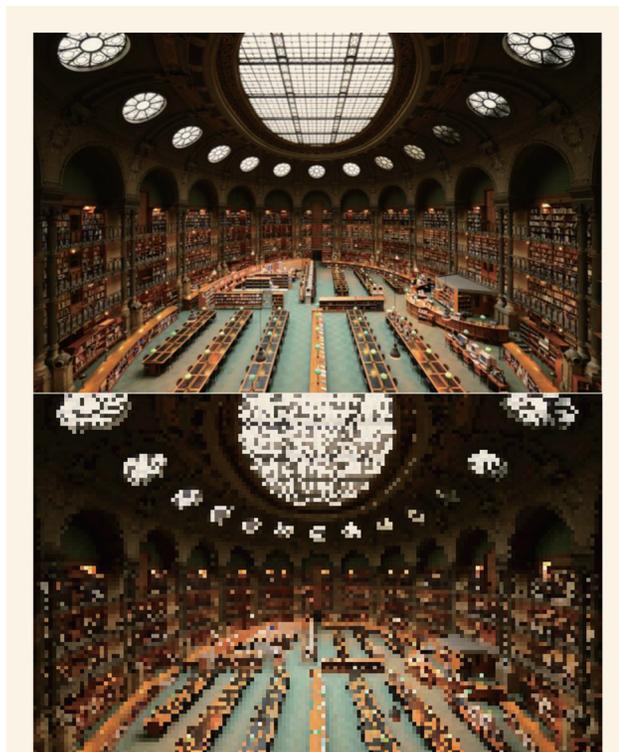


图2 基准测试程序运行效果

的大小，总共记录在1~20个Worker情况下程序的平均性能，每次实验均采用同一张图片进行处理，图片的尺寸为2880 × 1800。实验结果如图3所示。

图3中绿、蓝两条线分别代表在Chrome和Safari下的实验结果。图中Y轴代表性指标，以每秒钟处理的图片区块数量作为基准，X轴代表运行的Worker数量。

从实验结果上来看，在不同的浏览器中程序的整体性能存在较大差异，但是数据变化的趋势基本相同。当只有1个Worker运行时，由于无法利用多核CPU的优势，程序性能最低。当Worker数量逐步提升时，程序性能随之提升，当Worker数量从1个提升至4个时，程序性能基本按线性提升；这之后变为缓慢提升，直到Worker数量为7~8个，程序性能不再提升，在Chrome中甚至出现Worker数量提升但性能略微下降的现象。出现这种现象的原因是当运行的线程增加到一定数量之后，线程间的硬件资源共享会出现更多的冲突，这时候如果再增加Worker的数量，程序性能并不会明显提升，甚至会出现下降。

在第二部分实验中，同样采用图片颜色提取程序作为基准程序来评估性能，每100ms进行一次性能采样，实验中使用Web Worker池动态管理算法，Worker池的大小初始值为1，QueueLength设置为5，故每500ms清空性能测试队列，然后计算并记录平均性能。实验结果如图4和图5所示。

图4和图5中绿、蓝两条线分别代表在Chrome和Safari下的实验结果。图4中Y轴代表性指标，以每秒钟处理的图片区块数量作为基准，X轴代表程序运行时间。图5中Y轴代表运行的Worker数量，X轴代表程序运行时间。

从实验结果上来看，当程序开始运行之后，由于Worker池的大小为1，无法利用多核CPU的优势，故程序性能最低。然而，由于采用Web Worker池动态管理算法，所以程序每500ms会对Worker池的大小做出调整。

以Chrome的实验数据为例，在500ms时，算法对性能测试队列中的统计项进行计算，得到CurPerformance等于570.35，此时PrevPerformance等于0（初始值），算法检测到CurPerformance > PrevPerformance × α，因此Worker池的大小从1增加到2，最后将CurPerformance赋值给PrevPerformance，之后以此类推，直到Worker数量增长到4个便不再增加。Safari的实验数据则与Chrome稍有不同，Safari中Worker池的大小最终稳定在5个。这与Web Worker池动态管理算法中α的大小有一定关系，当α较大时，需要显著的性能提升，Worker数量才会增加；相反，当α较小时，微小的性能提升就会导致Worker数量增加。

虽然算法对于程序的影响在不同的浏览器中有不同的表现，但Worker池和程序性能的变化趋势基本相同，首先

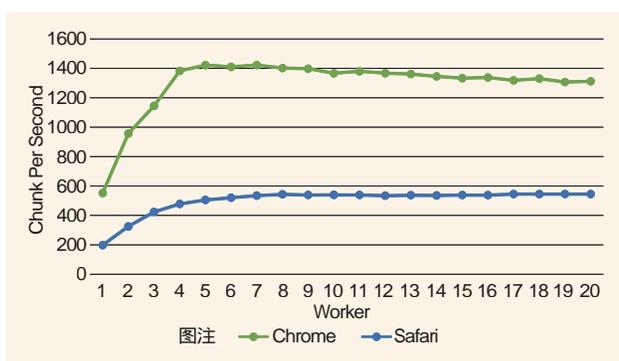


图3 程序性能与Worker数量的关系

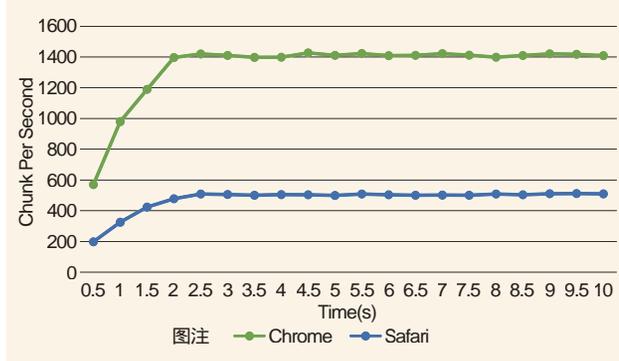


图4 程序性能与时间的关系

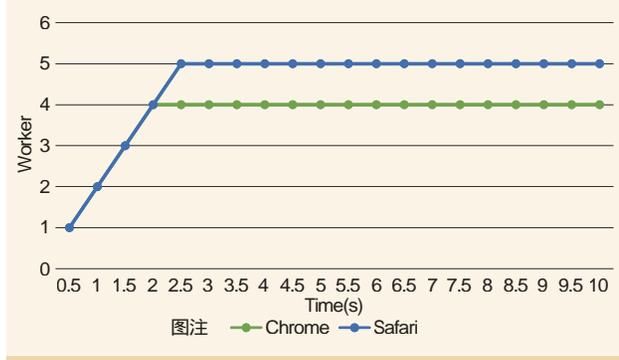


图5 Worker数量与时间的关系

Worker池的大小持续上升，程序的性能随之上升，之后程序性能会达到一个相对较高的水平并稳定维持，Worker池的大小不再增长。

5 结束语

利用Web Worker技术开发多线程Web应用时，往往难以确定合适的Worker数量以维持较高的程序运行性能，要做到这一点，需要对硬件资源的结构和状态有所了解，例如CPU的内核数量以及有多少硬件资源可以被共享，还需要了解不同的浏览器引擎如何优化Web Worker的相关代码。此外，操作系统后台运行的程序也会影响多线程Web应用可以利用的系统资源，这会对直接确定最优Worker运行数量带

来困难。综上,想要多线程Web应用运行之前就确定最优Worker运行数量是很困难的。

以上提出针对多线程Web应用的Worker池动态管理方案,其目标是在程序运行时动态管理Worker的数量,即使在不同的运行环境中或是运行环境发生改变的情况下,维持最优Worker运行数量,即维持程序的最优性能。实验中使用目前市场上比较主流的两款浏览器进行测试,且实验结果较为相似,证明该方案能够通过动态管理Worker池的大小,将多线程Web应用的运行性能维持在一个较高的稳定状态。

基于本文所提出的方案,最终的结论是:在开发多线程Web应用时,开发人员如果想要更有效地利用系统资源,无需关注特定平台系统的底层细节,而是应该通过Worker池和

(上接18页)

品中得到的福利。然而,GDP作为衡量生产总值的指标,并未将外部性等福利因素纳入核算范围。因此,政策决策者在评估国家经济现状时,不应以GDP作为单一的衡量指标,应参考各福利指标综合判断,全面解读国民经济和生活现状,从而制定更准确的发展方针和改进措施。

总之,发达国家发展数字经济产业的成功经验表明,数字产业本身具有巨大的经济潜力,能够带动一系列产业的发展,是现代服务业新的增长点。政府需要从政策层面支持数字经济的发展,完善相关行业法规、技术编制和统计口径,在推动数字经济快速发展的同时,夯实国民经济的核算基础。

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

(上接21页)

为便于集中监控,需要将各业务节点的交换机/路由器、服务器设备纳入网管统一管理,并对节点内各服务器的流量情况进行监控。

省级网管中心应设置至少一台监控终端,由网管人员主观监测本省节点的服务质量。

5 应用效果

互联网电视业务在铁通互联网的合理部署和专项保障,向用户提供专业化服务,带给用户全新的电视应用体验,全面提升视频服务感知。同时互联网电视业务使公司深入探索

动态管理算法,进行性能调优。

参考文献

[1] Zakas,Nicholas C.Professional JavaScript for Web Developers[C].//Wrox Press Ltd,2012

[2] Kim H W,Lee Y W.Single and multiple thread programming for geo-visualization by using WebGL with Web Workers[J].Lecture Notes in Engineering& Computer Science,2013,2207(1)

[3] Galpin M.Creating mobile Web applications with HTML 5,Part 4:Using Web Workers to speed up your mobile Web applications[J].2010

[4] Green I.Web Workers Multithreaded Programs in JavaScript[J].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

高晓雨

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

王涛

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

闫德利

硕士,现就职于腾讯研究院,研究方向为数字经济、互联网+等。

运营商与内容提供商新的合作模式,充分发挥各方优势,在给互联网用户带来高质量服务的同时,实现合作共赢。

参考文献

[1] 梁雄建,孙清华,张静,等.通信网规划理论与实务[M].北京:北京邮电大学出版社,2006

[2] 梁洁,陈戈,庄一焱,等.内容分发网络(CDN)关键技术、架构与应用[M].北京:人民邮电出版社,2013

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

基于大数据分析的B2I流量分布及预测研究

郑正广 袁 鹏
中讯邮电咨询设计院

摘要 随着B2I用户规模的增长,其数据流量快速增加,给现有网络资源带来较大冲击,用户感知保障压力较大。采用多视角研究B2I流量分布特性及其增长趋势,对于聚焦热点高负荷区域扩容投资具有较大的实际意义。

关键词 B2I 大数据 流量分布 预测

1 前言

随着移动互联网市场的竞争加剧以及全网通双卡终端的快速普及,为了抢夺第二卡槽,扭转局面,中国联通与其他互联网企业进行优势业务互补战略合作,先后推出一系列B2I号卡产品。其资费低廉、流量高、可享受免费专属流量的特点紧贴时下年轻人爱视频、好直播等需求,自发行伊始便受到广大年轻用户的青睐。B2I产品不仅体现中国联通一贯的业务经营创新风格,更是贯彻落实国家提速降费的重大举措。

B2I用户的快速发展对于扭转中国联通4G网络用户颓势起到积极作用,开创新的流量经营模式。然而,B2I用户规模高速增长的同时,对于网络资源的冲击与日俱增,热点区域用户感知保障压力较大。因此,研究B2I用户流量分布特性对于聚焦热点区域具有较为重要的实际意义,而B2I流量的增长趋势则直接关系到网络扩容投资预算。下面着重对南方某省联通B2I用户月度账单进行数据挖掘,从用户、产品、时间等多维度分析B2I用户流量分布特征,而后以某地市为例进行用户规模发展趋势数学建模,进一步预测流量增长情况。

2 B2I流量分布

与常规套餐产品相比,B2I产品的最大特色在于资费低廉,且可享受免费专属流量,为集团统一指导发行的线上推广产品。这一颠覆性4G套餐率先打破市场上固有流量经营模式,深受年轻用户喜爱,为中国联通4G用户规模的快速提升做出积极贡献。然而,随着B2I用户规模的增大,其对现有网络资源带来严峻挑战,因此,研究B2I用户流量分布及其增长趋势对热点聚焦区域扩容具有较为重要的现实意义。

2.1 用户维度

通过对2017年5月B2I用户月度账单进行统计分析,可知该群体偏年轻,平均年龄为25岁,以男性为主,占比高达78.5%。B2I产品为中国联通打破局面、拓展市场而与众多互联网厂商联合推出的创新产品,通过定制专属免费流量,率先颠覆传统流量经营模式,为4G用户规模的快速增长做出积极贡献。其中存在84.0%的用户来自友商,为中国联通扭转弱势局面奠定良好开端。B2I用户DOU(月均使用流量)高达12.5GB,同期非B2I用户DOU只有1.8GB,两者相差约6倍。进一步对用户DOU进行统计分析,发现存在12.9%的用户流量低于0.5GB,对应流量占比0.1%;高于40GB的用户占比5.9%,流量占比19.9%。

2.2 产品维度

B2I产品按照不同互联网合作厂商可分为腾讯王卡、蚂蚁宝卡、滴滴王卡、哔哩哔哩、淘宝等,其中腾讯王卡用户规模最大,占比高达80.1%,流量占比92.8%,DOU为14.5GB,对于现有网络资源冲击最大。不同号卡产品情况见表1。

2.3 终端维度

在开发伊始,B2I产品的主要目标群体即设定为高流量用户,通过统计可知,超过96.1%的用户为中国联通4G终端,双卡终端占比72.3%,人均通话时长(MOU)为97.9min(其中主叫64.3min),DOU为12.5GB,可见B2I产品在抢夺第二卡槽方面取得良好效果。主流十大品牌终端用户数占比89.1%,对应流量占比92.3%,如图1所示。

2.4 时间维度

统计B2I用户及常规用户（非B2I）在周四0:00至周日23:00时间段流量使用情况，并进行归一化处理，如图2所示，可知B2I用户行为习惯与常规用户存在显著差异。在时

表1 不同号卡产品情况

互联网企业	用户占比	流量占比	ARPU (元)	DOU (GB)	MOU (min)
腾讯王卡	80.1%	92.8%	34.7	14.5	78.6
蚂蚁宝卡	9.3%	2.3%	44.4	3.1	128.4
滴滴王卡	6.5%	1.4%	62.5	2.8	308.3
哔哩哔哩	2.6%	3.0%	18.0	14.7	25.7
淘宝卡	0.3%	0.1%	43.0	4.1	144.1
招行卡	0.3%	0.1%	48.6	3.5	183.7
滴滴橙卡	0.3%	0.1%	41.8	4.2	225.9
微博卡	0.2%	0.1%	22.1	5.2	66.3
阿里卡	0.2%	0.0%	20.6	1.1	88.2
其他	0.2%	0.1%	44.0	3.6	150.7

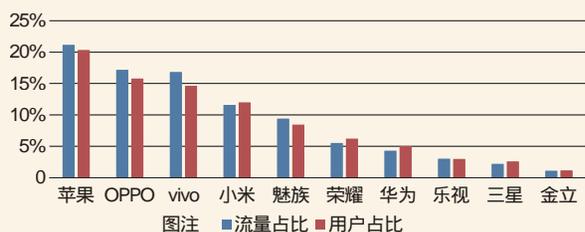


图1 TOP 10终端品牌流量/用户数占比

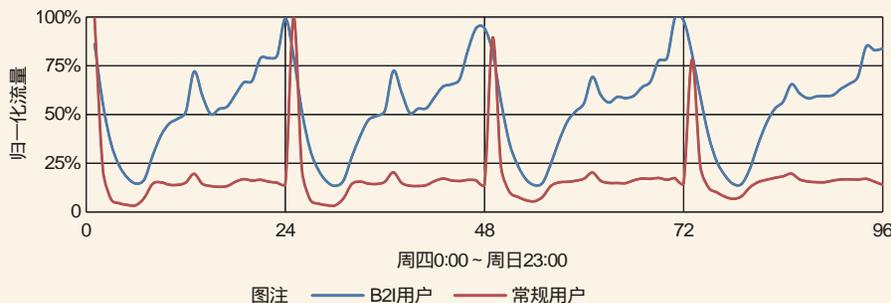


图2 B2I用户及常规用户不同时段归一化流量

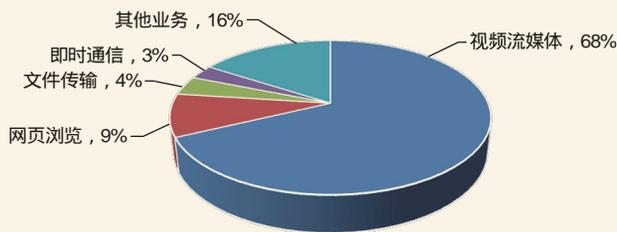


图3 腾讯王卡用户主要业务流量占比

间维度上均存在两个波峰，B2I用户为12:00和23:00，常规用户为0:00和12:00。B2I用户自5:00开始，使用流量便呈上升趋势，直到23:00峰值后下降；常规用户在7:00至23:00保持小幅波动，而后急剧上升，形成尖锐的脉冲信号走势。B2I用户在周四至周日期间使用习惯并无较大差别，而常规用户的波峰则逐渐下降。

2.5 业务维度

B2I产品为中国联通与互联网厂商针对各自优势业务互补实行战略合作推出的创新产品，且可免费享受相应的专属流量，因此，不同套餐产品的业务应用分布将存在较大差异。以腾讯王卡为例，用户可以免费试用腾讯系列应用产品，如微信、腾讯视频、熊猫直播等。通过统计不同业务使用流量可以看出，腾讯王卡视频流媒体业务占比最高达到68%，其次为网页浏览9%，如图3所示。

2.6 地理维度

对4G网络逻辑站中的B2I用户进行统计，可知B2I用户主要集中在珠三角以及交通干线等区域，且与传统区域相比，存在明显以原有热点为中心向外围辐射拓展的趋势。主要原因在于B2I用户的使用群体多为对资费较为敏感的重流量年轻人，以中专技校和工业园区为主。为进一步细化位置场景，将全省按照所属区域和行业划分微网格，并按照逻辑站点归属网格汇总得到不同场景下的用户占比和流量占比，如图4所示。工业园区、城市开阔地和城中村占比最高，而校园中则是中专技校排名第一。

3 B2I流量预测

B2I产品的推出带动4G网络流量的急剧释放，为流量创新经营提供范例。与此同时，高流量对现有网络资源带来较大冲击，这种影响将随着B2I流量的增加而增加，将加快热点区域的扩容投资步伐。因此，B2I流量预测对于评估网络扩容投资需求极为重要。通过分析B2I用户的消费行为习惯可知，B2I流量的增加更多地取决于B2I用户规模，而非后期流量使用习惯的培育，因此需对B2I用户规模进行预测，然后结合DOU变化情况预测总数据流量。

3.1 用户规模

与传统号卡产品相比，B2I产品为中国联通与其他互联网厂商进行战略合作后推出的创新业务，可享受免费专属流量，以副卡为目标群体，且采用线上推广。因此，B2I在发展初期便受到广大年轻用户的喜爱，规模迅速提高，但该类

产品有其自身的发展规律，用户数并不会始终呈直线上升趋势。与其他畅销品轨迹类似，包括初期、中期和后期三个阶段。初期阶段，产品推出伊始市场知名度有限，用户规模增量较小；中期阶段借助品牌效应及口碑传播，规模快速提升；后期阶段产品步入相对稳定期，增长乏力，总体发展轨迹大致表现为缓慢、加速、再减慢的S型非线性过程。事实上B2I用户规模绝对值增量已经开始下降，主要原因在于：一是随着B2I产品的推广普及，潜在目标用户规模减少；二是市场竞争加剧，中国电信和中国移动相继推出互联网等高流量套餐产品；三是本地化套餐产品涌现，B2I为集团指导发行的全国统一定价产品，难以匹配所有地市的发展形势，而本地化产品更为灵活。

以南方某地市为例，当前该市B2I用户尚处于加速发展的成长阶段，近似表现为不断提升的线性变化过程。以B2I用户规模（万户） U 作为因变量、时间序列 t 作为自变量，建立S型函数，见公式（1）。其中 A 为稳定期B2I用户数。

$$U = A / (1 + \beta e^{-kt}) \quad (1)$$

首先选取2017年1月、3月及5月数据求解方程组可得稳定期用户规模为 $A=74.3$ 。而后依据2016年10月至2017年5月数据进行对数线性回归，可得 $\beta=220.7653$ ， $k=0.7101$ 。最后可得B2I用户规模发展趋势如图5所示。

3.2 流量预测

B2I用户具有高流量低ARPU等特点，且用户偏年轻，使用业务多为流媒体，整体DOU仍稳步增长，平均每月增长0.77GB。根据上节用户规模预测结果以及用户DOU变化趋势，可对B2I用户数据流量进行估计，如图6所示。

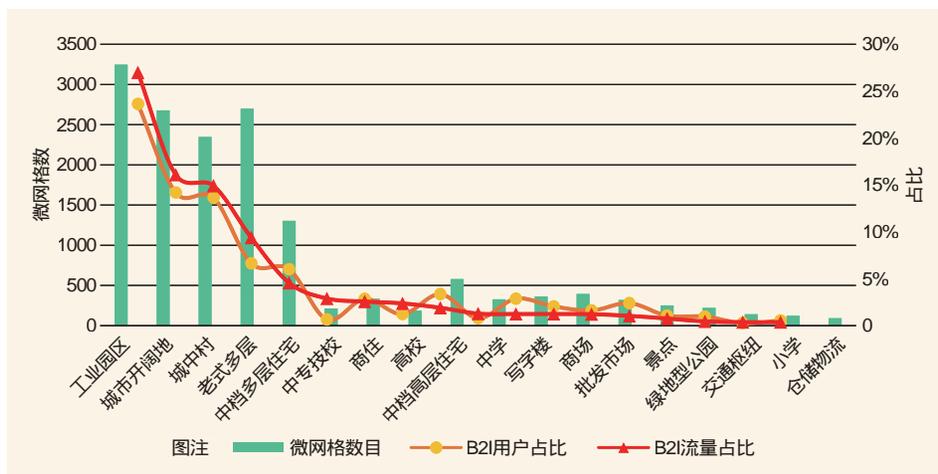


图4 不同网格场景B2I用户数/流量占比

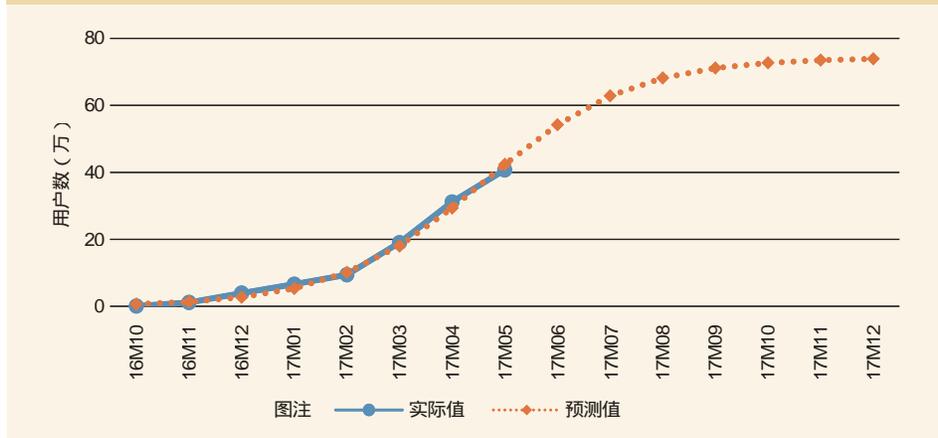


图5 B2I用户规模趋势预测

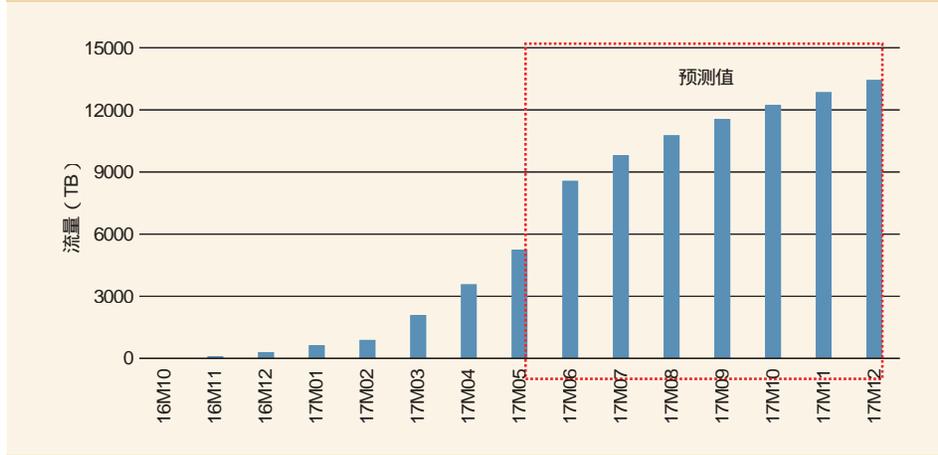


图6 全市B2I用户流量增长趋势预测

从图6可以看出,在B2I发展初期,受限于用户规模,整体数据流量并不高,对网络带来的冲击微乎其微;中期阶段,B2I用户规模快速增长,导致数据流量迅速增加,网络冲击影响与日俱增;后期随着B2I用户规模增长放缓,而DOU增长有限,此时数据流量较为平稳。

4 结束语

通过对某省联通B2I用户月度账单进行数据分析,可知B2I用户数据流量分布,并从用户、产品、业务、时间及地理等维度进行细化,进一步了解B2I用户的消费行为特征。而后以某市为例,对B2I用户发展历程进行数学建模,然后建立时间序列关系表达式并进行函数拟合,从而得到用户规模增长趋势,最后结合人均流量变化趋势,完成B2I用户数据流量预测。

参考文献

[1] 程日涛.基于业务感知的4G网络扩容体系研究[J].移动通信,2015(17)

[2] 简新华,黄锐.中国城镇化水平和速度的实证分析与前景预测[J].经济研究,2010(3)

[3] 丁俊民,廖振松.基于大数据挖掘的4G网络规划研究[J].信息通信,2016(2)

[4] 吴惠.基于ARIMA模型的移动数据流量预测研究[J].电信工程技术与标准化,2014(3)

[5] 陈科帆.基于前后端联动的移动数据流量预测模型构建研究[J].通信与信息技术,2012(6)

[6] 万昕.中国移动互联网省网数据流量增长分析预测[J].电信工程技术与标准化,2013(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

郑正广

硕士,工程师,主要从事移动通信算法及大数据分析工作。

袁鹏

本科,高级工程师,主要从事无线网络规划及设计工作。

爱立信预计到2023年5G用户将达到10亿

爱立信预计5G将率先在人口密集的城区部署,到2023年底,5G将覆盖超过20%的全球人口。第一个基于5G新空口的商用网络将于2019年投入使用,大规模部署将从2020年开始,预计多个市场(包括美国、韩国、日本和中国)将率先部署5G。

到2023年,移动数据流量预计将增长8倍,接近110 EB/月。世界各地的移动数据流量都持续增长,其中北美地区每部智能手机的平均流量最高,到2017年底将超过7GB/月。

视频消费继续推动移动宽带流量的增长,而年龄在15~24岁之间的千禧一代是视频内容的主力军,他们消费的视频流量是45岁以上人群的2.5倍。

视频分辨率日益提高,沉浸式视频体验层出不穷,这些将对数据流量消费量产生影响。例如,YouTube 360度视频的带宽是具有相同体验质感的普通YouTube视频的4~5倍。

LTE部署增长势头依然强劲。LTE将成为主流移动接入技术,签约用户数到2023年底将达到55亿,覆盖85%的全球人口。VoLTE现已在全球60多个国家/地区的125个网络上部署。到2023年底,VoLTE签约用户数预计将达到55亿,占全球LTE和5G用户总数的80%以上。

智能手表是最新的VoLTE终端设备。用户能够通过直接通过智能手表进行语音呼叫,不需要附近必须有对应的智能手机(多SIM卡)。此外,呼叫还可以在用户的智能手机

和智能手表之间进行切换。

爱立信携手中国移动顺利完成5G核心网实验室测试

近日,爱立信携手中国移动研究院顺利完成5G核心网实验室测试。测试涵盖了5G核心网新型服务化架构,以及在此构架基础上的业务流程、网络切片和边缘计算等5G关键技术。此次测试充分验证爱立信5G核心网系统的重要功能和业务能力,为中国移动未来5G网络商业部署打下坚实的基础。

作为5G网络的重要组成部分,5G核心网在支持各种5G多种应用场景方面至关重要,目前5G网络主要支持增强型移动宽带、低时延高可靠业务、低功耗大连接业务等不同场景。在此基础之上,5G网络可以支持不同的行业应用。网络切片是5G网络支持多种场景、多种行业的关键技术。爱立信率先提出并领先网络切片技术发展,在本次测试中完成了从网络切片生命周期管理到核心网切片选择流程等全部内容,同时验证网络切片在新的网络构架下组网的灵活性,体现了爱立信对该技术的深入理解及技术领先性。

3GPP SA2将服务化构架定义为5G核心网控制平面架构,服务化构架主要由中国移动推动标准化工作,是针对移动核心网的重大技术创新。通过完成全部服务化构架测试项,爱立信不仅展示其5G核心网设备和3GPP标准的高度一致性,同时也展示了其将技术领先性转化为5G核心网产品领先性的能力。

科技类孵化器进行资本运作的若干思考

周俊

中国电信创新创业基地江苏基地

摘要 重点论述孵化器作为“融资本体”的情况，以期进一步理清孵化器的业态，尽可能为孵化器发展模式的演进提供一些有效参考，从而更好地为创新创业者提供服务。

关键词 孵化器 双创 创业服务价值化 服务产品化 资本运作

1 引言

孵化器在国家“双创”战略的引领下，业态日渐丰富，数量急剧上升。为了更好地匹配和满足创业项目的服务需求，孵化器无论新老，均处于一个从“房东模式”向“服务模式”转型的阶段。这样的转型虽然困难不少，但是意义较大，因为转型遵循“为创业项目提供优质创业服务，助力创业项目快速成长”这一宗旨，对于创业环境升级和氛围活跃大有裨益。一些孵化器转型成功之后，立即享受到了创业服务价值化的红利，比如“创业黑马”。但就目前来看，这个阶段还会延续一段时间，主要原因是创业服务价值化的理念需要进一步普及和深化，同时存量资源（如闲置的科技类楼盘等）有待消化。无论如何，这样的业态演进为孵化器进行资本运作提供了有利土壤——基于对创业服务价值化的普遍认可，实现与资本市场价值认定体系的对接。更直白地说，创业服务价值化突破了惯有的诸如“孵化器必须基于一定空间实体开展经营”的理念限制和资源约束，服务的宽泛性扩大了孵化器主营业务的边界，使得孵化器的经营价值在提升空间上更具想象力，这是资本市场所接纳和欢迎的。

一旦孵化器进行资本运作，会产生何种收益？就目前来看，除了获得经营所需的资金之外，还能提升品牌度，集结更多优质资源，吸引更多项目入孵，后续孵化出优质项目的概率大大提高。同时，资本市场的评估标准较为严格，无论是一级市场还是二级市场，均会对孵化器提出财务法规范的要求，经过合理整治，可以显著提高孵化器管理效率。有观点认为，孵化器进行资本运作，资本过快过高的回报期望会打乱孵化器的发展节奏，造成揠苗助长的恶果。实际上，按照目前孵化器数量的增长速度，孵化器的发展压力更多来自

于同业竞争，而非资本逐利，谁能够抢先进入资本市场，谁就更能提升竞争力。因此，只要孵化器经营良好，具备条件时就应努力进行资本运作。

2 孵化器开展资本运作的两种情况

结合实践情况，孵化器开展资本运作可分为以下两种情况。

(1)孵化器为孵化对象（创业项目）提供融资服务，提供融资服务的方式可以是孵化器利用自有资金投资创业项目，也可以是孵化器以中介的方式为创业项目对接创业投资基金，孵化器在这种情况下角色可称为“融资中介”。

(2)孵化器将自身作为一个融资标的，通过引入外部资本（股权融资乃至上市）的支持来促进自身发展，孵化器在这种情况下角色是“融资本体”。

分析这两种情况可见，经过近几年的发展，前者已相对成熟，目前需重点关注和研究的是中介角色和投融资双方如何更好地进行责权利界定。而后者实质上是孵化器在“双创”推动下从量变到质变转化的一个体现，目前国内已有一定的实操案例，如“优客工场”、“创业黑马”等。

3 孵化器项目与创业项目对比

对于下面讨论的重点——孵化器作为“融资本体”的情况，可以借鉴并引入移动互联网创业项目进行资本运作的一些成功做法。由此可将孵化器经营项目视为创业项目研究，孵化器管理团队可类同于创业项目团队，孵化器自身的品牌和资产可类同于互联网产品的品牌和资产等，两者关键点的对比如下。

(1) 主营业务对比

创业项目的主营业务是经营核心产品，关注产品开发和运营质量；孵化器项目的主营业务是提供创业服务，关注服务质量及其对创业项目成长的促进作用。由此可见，产品的价值提升对于创业项目及其所入驻的孵化器的价值提升均有益处。实际上，孵化器往往会将优秀的孵化项目（即使已出孵）作为孵化成效的宣传点，从而更好地开展招商和扩盘工作。另外，孵化器通过服务产品化，可以构建更好的服务体验，比如内容清晰化、定价透明化、订购快捷化、评价简易化等。一些互联网双创服务平台（类电商的IT平台）不需要自行购置空间实体资产，但是可以帮助创业团队连接和选择更多更好的空间实体，通过创业服务的撮合产生实际效益，也即虚拟孵化器。

从另外一个角度来看，创业项目解决其核心产品的开发和运营问题，孵化器解决入孵项目（产品）的配套资源对接和整合问题。从市场价值认定的角度来看，产品获得的价值认定（主要体现在股价和估值）远大于产品配套服务所获得的价值认定，因此才会出现诸如“创业项目拒绝孵化器用免租的方式置换项目股权”的情况。这也表明，如果孵化器不能进一步实现创业服务价值化，在与创业项目建立责权利关系时会比较被动，加之国内创业服务的效益空间有限，造成了当今孵化器经营状况普遍不佳的现状，在此不展开论述。

(2) 商业模式对比

创业项目核心产品的商业模式既可为ToC（面向个人消费者）也可为ToB（面向行业客户）；孵化器主要服务创业团队（也包括孵化创意的个人，但数量较少，不单独分析），因此商业模式为ToB。在实际运营中，有相当数量的孵化器号称ToG（Government）的模式，可归于ToB，但并非良性的商业模式。典型例子有中国电信创新创业基地在实际运营的过程中，按照ToB的模式，在入孵选择上关注并挖掘与中国电信主营业务（前沿通信、网络流量、大数据、云计算、物联网等）关联度较大的创业项目，实际上相当于为主营业务开拓了一个新的客户群（小微团队客户群），更多地促成了入孵项目与主营业务的合作，取得了较好的效果。

(3) 管理团队对比

创业团队的工作目标相对聚焦，更强调专才；孵化器管理团队的工作内容较为宽泛，凡是与创业服务相关的内容均有涉及，因此更强调通才。实际上，在具体项目的跟踪服务上，孵化器管理团队需要通过快速学习加深对项目的认识和理解，从而更好地协助创业团队优化项目，两者的人员没有较大差异。

(4) 资产和成本投入状况对比

传统孵化器以提供线下服务（如办公位）为主，总体属

于重资产模式；新式的众创空间拥有一定的空间实体，但是会更多地利用互联网手段开展孵化服务（包括社群组织），资产较轻，上面提到的虚拟孵化器，可视为资产轻量化处理的极致。后续在新零售引领的变革中，线上服务与线下服务将进一步融合，一切都以用户/客户的体验为重。孵化器无论新老，从降本增效的角度考虑，在资产购置上将会趋同——更多成本将投入到孵化器管理团队的人员配置、培养以及IT服务手段的建设和维护上，而不是扩充固定资产。

经上述分析可知，孵化器进行资本运作，在很大程度上可类同于移动互联网创业项目的方式进行。当然，在细节处理上仍有一定差异，主要是主营业务（产品和服务）的差别引起的。同时也可看出，建立孵化器与入孵项目的价值关联体系，可以极大提高孵化器融资的效率。价值关联在孵化器进行原型设计阶段就应纳入考虑。实际上，有不少孵化器在建立伊始选址的时候，就把意向性入孵项目打包之后统一与政府等资源方进行空间场地及配套政策的商讨，目的就是提高谈判的议价能力，为后续孵化器经营争取更多的利好。

4 孵化器资本运作过程中需关注的重点

孵化器在进行资本运作的过程中，需要在实操细节上重点关注以下几点。

(1) 孵化器的定位和目标需提前做好规划，服务价值化是方向，服务产品化是手段，由此构建的商业逻辑（“服务→价值”或“服务→产品→价值”）是构建良性商业模式的基础，也是后续与资本市场在价值认定上达成共识的关键。

对于独立型孵化器而言，需要严格控制成本，在基础服务完备的基础上主动开发和提供增值服务，总体定位是利润中心。

对于企业配套型孵化器而言，更多的是为主营业务输送业务合作对象或者投资标的，总体定位是成本中心。

(2) 基于特定地理区域深挖创业项目，进行属地化而非全局化（全球化/全国化）经营，实际上更为贴合移动互联网的发展趋势，尤其是产业互联网发展壮大之后，属地化孵化的价值更为凸显。带动属地特有产业的发展，能够得到当地政府更多的支持。

(3) 孵化领域可进一步细分和聚焦。传统的“科技创新类”和“文化娱乐类”的划分方式，颗粒度太大，即使处于同一个大类，也容易出现孵化项目间资源需求差异大、人员流动难等问题，导致孵化器总体孵化效率不高。结合属地特征开展主题式孵化，例如在“科技创新类”基础上细分，研究和挖掘“工业物联网”相关产业链上的创业项目，将会事半功倍，还可以提高孵化项目群总体对接市场的效率。

(4) 需要细致分析孵化器融资目的，是用于扩大空间场

（下转36页）

试探电信运营商光宽带网络建设运营的成就之路

秦保根

中国联通有限公司江西省分公司

摘要

介绍在实践中建设运营光宽带网络的一些新模式、新方法，给各电信运营商光宽带网络建设运营提供借鉴。

关键词

电信运营商 光宽带网络 建设运营

1 引言

当今的电信运营商光宽带运营，唯有打造上网速度快、用户覆盖广、体验感知好、投资效益强的全光宽带网络，铸就光宽带网络运营的创新之路，才能成就用户、赢得市场。

2 注重投资效益，提高光宽带建设的资源覆盖及资源利用率

(1)初期建设，应采取递次投资的模式，可节省光纤宽带接入网建设投资约80%，提高投资效益5倍左右。

机房光线路终端OLT设备的PON光端口板，初期应仅配置满足3个月的业务需求数量（一般可为2~3块PON端口板，一个机框最大可配置15~16块板卡），之后根据业务发展情况递次扩容。

对于新建住宅小区/商务楼宇/聚类市场或新进入已成熟住宅小区/商务楼宇/聚类市场的电信宽带运营商，应根据建筑的地理分布、楼层数量等用户情况，以“围棋布点”的模式，建立区域内的一级ODN分光路器节点，将带有加强芯的室外单光纤皮线布放到楼道弱电井，楼道弱电井内的二级ODN。在刚开始建设时，只需确定位置，原则上不放置二级ODN设备，暂存在建设物资周转库中，仅在开始有用户业务受理后，才由宽带安装开通人员从建设物资中转库中领取小容量的ODN在弱电井中进行布放。同时布放该用户的入户皮线光纤，完成用户宽带的安装，如图1所示。

(2)注重OLT的PON端口以及ODN实际用户占用情况的监控，缩减运营成本。

加强OLT设备上行GE/2.5GE/10GE端口及下行PON端口宽带流量的日常监控，按宽带峰值流量占用情况（建议

80%）、ODN分线数按用户占用线数（建议90%）进行扩容。总之，按业务需求进行渐进地递推式扩容，真正体现“广布点、薄覆盖”的光纤宽带接入网络的建设理念，提高资源利用率，减少设备投资及运营成本。

对于以往建设的现存光纤接入网的OLT，若其峰值带宽为25%及以下，则其PON端口可以使用一分四或一分八的ODN，将下一级ODU的光纤汇聚在一个PON口上使用，提高PON端口利用率4~8倍；对于ODN分线的实际用户占用率小于1/3的，可使用低一级分线的ODN替代，至于多余的PON板卡及高分线ODN等设备，建议建立PON光口板卡及ODN光分配盒等设备周转库，及时动态地调剂给业务增长速度快、需要紧急扩容或新建的项目上高效利用。

此外，智能化的ODN解决方案，可以实现ODN光纤连接信息的自动录入和管理，保证存量系统信息的准确无误和及时同步，实现光纤自动化查找、精确操作，极大提高运维效率，达到ODN的高效运营和维护。

(3)OTN（光传送网）+光薄膜滤波器+OLT之PON端口板的全光集成设备网络，可实现一跳直达的成环保护、链式两端双规保护，且一个宽带接入机房节点断电，不影响后续OLT设备节点。接入层的全光OTN+OLT打造了一跳直达的扁平化、低收敛架构网络，并向极简网络演进。通过全光OTN直达构建多个虚拟直达链路，简化目前的多层收敛网络架构，减少IP路由设备节点3~5个，进一步减少时延，提高用户体验感知，维护设备量大量减少，同时全光交叉带来90%以上的功耗降低。

- “一跳直达”的成环保护

OTN节点可规模使用光薄膜滤波器，进一步下沉至OLT安装节点，承载宽带互联网业务，OLT按需占用一个或若干

个波道 (GE/10GE/100GE)，同时部署OTN与OLT、整流电源、蓄电池一体化机箱的全室外解决方案。蓄电池可在部分有条件的地域采用如风能、太阳能电池等绿色能源。迷你OTN+OLT全光网络的构建实现了光路“一跳直达”的扁平化、低收敛架构网络，并向极简网络演进，如图2所示。

• 链式“两端双规”保护

单个OLT节点的IP宽带通过OTN+光薄膜滤波器全光网络的链式两端双规保护，既节省投资、维护成本，又可提速工期60%以上，且一个OLT节点断电，由于OTN+光薄膜滤波器是无源器件，不影响后续OLT节点光的传输。如图3所示，a/b均为OLT节点设备，各站点两个方向各使用一个光薄膜滤波器（无源器件），按需占用一个或若干个波道（GE/10GE/100GE），分别接到OTN+IP汇聚A端、OTN+IP汇聚B端。当OLT节点某一光方向的光缆中断，导致OTN+IP的主用汇聚端不可达时，该节点OLT通过光开关，倒向另一方向光缆连接的备用OTN+IP的汇聚端。

(4)通过原有移动通信的无线基站光纤之IP RAN、SDH等光传输设备的IP端口，可作为小型乡镇、行政村、自然村宽带用户发展布点的应急补充手段，快速占领市场。

(5)全面光改和用户宽带提速。

全面光改（即将以前ADSL铜缆及LAN 5类线接入的宽带模式，改为PON接入的光纤传输），应聚焦重点在新“国标”住宅小区、已有的成熟住宅小区、商务楼宇、城市的聚类市场、较大的乡镇市场等，注重保有现有ADSL及LAN业务用户的过渡，采取优惠提速、到期续约送礼等措施。

根据4K视频IPTV业务，以及其他高带宽业务用户的实际占用带宽情况，应逐步将1G-PON替换为10G-PON，提供百兆至千兆的全光宽带业务接入，与其他竞争对手拉开速率感知差距。

3 宽带用户市场挖掘

(1)光宽带业务受理（含线上线下营业厅及网格业务人

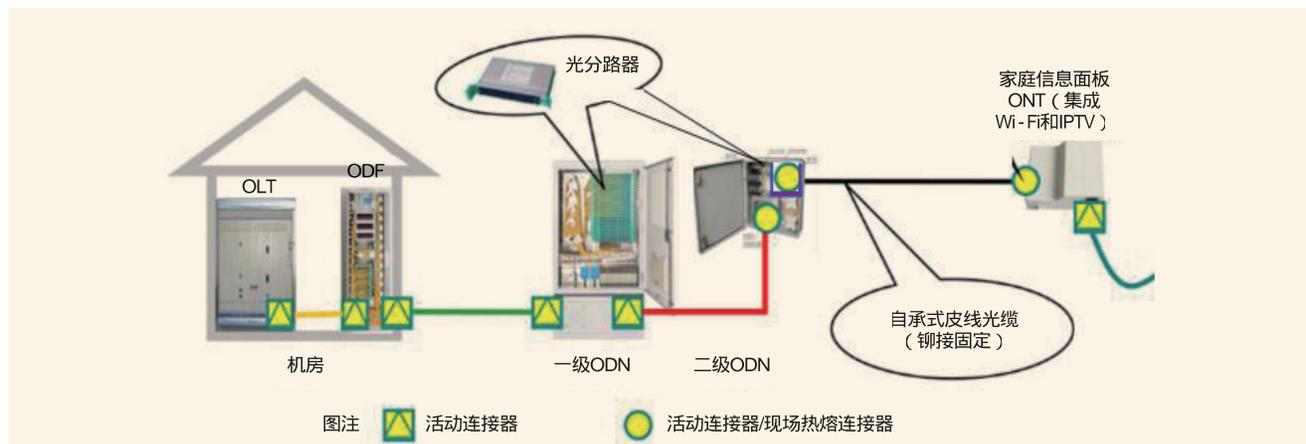


图1 OLT、ODN及ONT组网结构

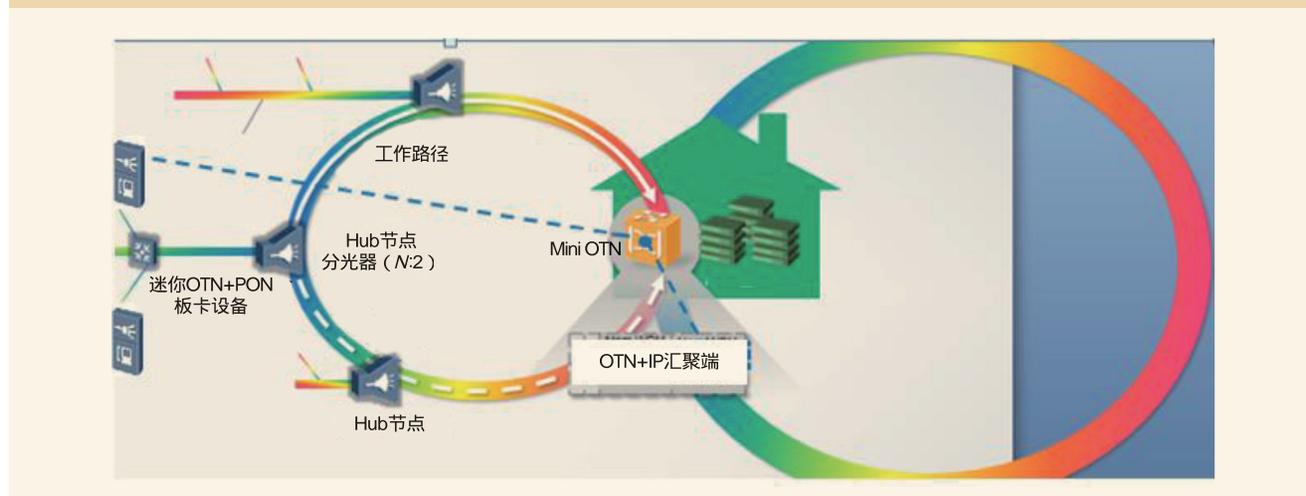


图2 “一跳直达”的迷你OTN+PON板卡成环保护网络示意

员手机APP、微信受理)的宽带资源覆盖查询,应实现图形化直观的电子界面,原则上在覆盖区域全单受理、邻近区域预受理,不轻易丢单,退单需由营业厅班长或网络经理确认。

(2)因OLT之PON端口、ODN分线占用、简单布线等问题而弃单的,应进行全量责任审核;对于不及时应急扩容PON端口、ODN分线单元、简单布放光缆(含光纤皮线)而造成丢单的,应定期进行追责。

(3)电信运营商可根据移动通信系统网管所统计的本网用户手机,在晚上一定周期内驻留特定无线基站的情况(如三个月内驻留80%或以上),在本网宽带用户账务系统中,对比该部分用户的身份信息、联系电话,剔除已办本网宽带的用户,剩余的部分用户,再进行其驻留基站周围宽带覆盖区域内接入资源的自动匹配。对于满足宽带业务接入条件的,发送宽带业务办理的优惠提醒短信、推送微信或电话客服等进行促销;对于宽带资源暂时不满足接入条件、而确实存在一定用户数量宽带业务需求的,可走应急零星工程的绿色通道,加紧完成延伸,抢占市场。

(4)用户对宽带可随时提请提速,或按时段提速,电信运营商根据用户带宽实际使用情况进行大数据分析,向用户发出提速弹窗提示,并每月给予若干次免费提速体验,为精准营销提供手段。

(5)提供家庭光宽带+4G+4K视讯(IPTV)+Wi-Fi及蓝牙固话的全业务智慧家庭产品,部署家庭网关型智能ONT,网关及机顶盒支持Wi-Fi功能,逐步实现用户自带

ONT入网,放开OTN+Wi-Fi固话号码语音业务(可绑定设备端口号实现),通过手机APP+Wi-Fi或蓝牙的固话语音终端业务,替代原家庭固话,以及有线固话办公。

(6)光宽带接入提供固网电话业务。

传统的PSTN固话用户,近期内应全部割接到NGN或IMS系统设备上,退网PSTN设备,合并原固网及移动网的省际、省内长途网,实现原固定网拨打手机的本地近端入网,提高长途资源的有效利用,缩短呼叫接续时间。

结合IMS(或NGN),与微信等即时通信合作,开发电信运营商“自主的通信服务APP”,并将手机通讯录与微信用户贯通,对其他移动互联网的APP业务进行分发,呼叫时用户可选匹配即时通信,通过移动互联网完成接续,同时“占领”国内其他电信运营商异网用户第二号码,以及国际来访用户在中国国内的通信服务。

(7)除少数核心、高价值区域外,其他区域均应进行社会化广泛合作,加强与有投资实力的第三方宽带运营商合作,拓展全方位、多渠道、深层次的合作模式与途径,打造相互促进、利益共享的新型产业价值链、服务链。通过合作商投资网络建设、业务代理、设备代维,弥补电信运营商宽带业务资源覆盖、自身资金投资的部分短板,可快速提高部分宽带市场的占有份额。

(8)聚焦集团客户的高价值区域和行业客户,如高校校园、高科技园区、城市商业区。提供用户自主测速、时延、丢包的可视化质量监测,以及用户电话话务、流量及费用的结构分析等实时服务界面。

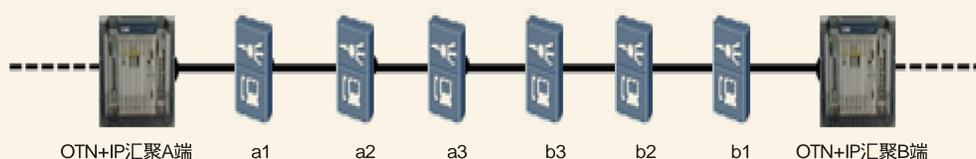


图3 “两端双规”的迷你OTN+PON板卡(a/b节点)网络示意

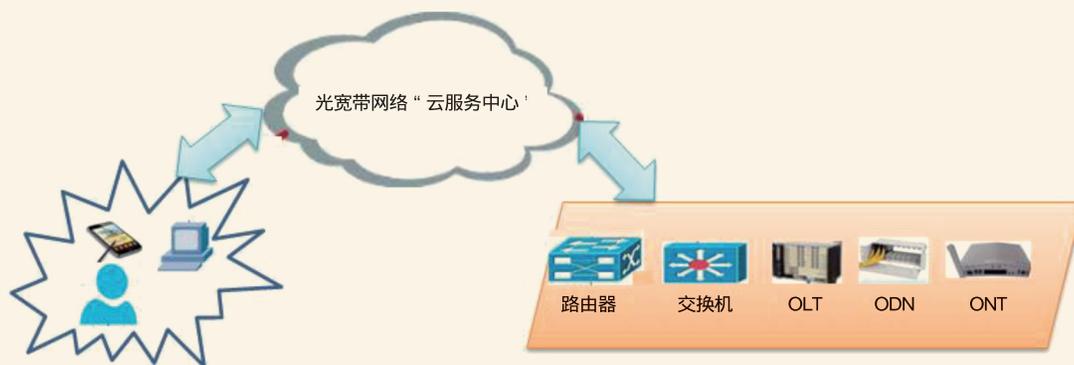


图4 光宽带云服务的架构

4 建立光宽带网络“云服务中心”

光宽带云服务的架构如图4所示。

4.1 全网互联网设备的软件版本管理及升级云服务中心

与通信设备厂商协作，建立全网互联网设备的软件版本管理及升级云服务中心，及时有效支撑全国各省网管中心及本地网互联网设备（包括网络路由器、交换机、OLT、ONU、ONT等）的软件版本管理及升级，保证IP网络通信设备功能的及时有效提升，真正实现“云管端”，逐步实现全网互联网的SDN及NFV功能。

4.2 全网光宽带质量云监控云服务中心

光宽带质量的云监控包括各互联网设备CPU的占有率、存储器的使用率、端口宽带利用率、时延、丢包等，及时监控宽带设备运行状态，实时建议宽带利用率高的用户进行宽带扩容，提高电信运营业务收入，实现用户互联网网络质量自主检测，有必要建立全网光宽带质量云监控云服务中心。

通过互联网实时的流量、流向监控，依据用户原账户定制的业务情况，及时有效地为用户推送优惠服务提醒弹窗，并每月给予若干次免费提速体验，为精准营销提供手段。提供按需、定时的提速服务，真正体现质量领先、使用放心、消费安心。

（上接32页）

地、扩充管理团队、建立孵化服务配套的投资资金池、开发IT系统，还是用于招商以及创业服务采购。如前所述，如果孵化器走上重度依赖政策红利之路，单纯靠T o G的模式来填补空间场地的成本，一旦政府降低或停止费用支持，孵化器的运营则难以维系。因此，孵化器要充分意识到自身的存活期有限，可参考移动互联网产品的生命周期，分阶段对资金以及资源需求进行梳理和储备。

(5)充分利用资本市场伴随的规范化管理要求，建立健全孵化器主体的财务法管理机制，为孵化器进一步提高服务能力和水平夯实基础。

(6)与移动互联网产品类似，孵化器的效益评价体系需要不断迭代。随着孵化器业态的日益丰富，亟需探索一套简洁明了、适应于服务价值化转型的评估体系，进一步凸显创业服务的价值和效益。以下是创新孵化运营指标体系（TVS）的设计考虑：

TVS=Team+Value+Service

具体为以下方面。

(1)Team指孵化器至今为止服务过的创业团队数量和评

4.3 全网光宽带BAS之IP地址动态分配云服务中心

以本地网或省为单位，建立全网光宽带BAS之IP地址动态分配云服务中心，根据各宽带接入服务器BAS的IP地址使用负荷，动态跟踪分析，按时段、流量情况实时优选分配IP地址资源，尤其是保障业务高峰期高质量用户的上网畅通，同时达到IP地址资源使用效益最大化。通过实际运用，可提高IP地址的使用效率30%~50%。

5 结束语

光宽带网络服务关系到“宽带中国”的全面实施，是“互联网+”国家战略的基础，更是各电信运营商宽带市场角逐的战场。因此，各电信运营宽带商有必要注重光宽带网络投资效益，提高光宽带网络建设的资源覆盖及资源利用率，挖掘宽带业务用户市场，同时建立光宽带网络服务的“云中心”。

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

秦保根

毕业于南京邮电学院，高级工程师，享受国务院特殊专家津贴，中国联通科技成果评审专家、结算专家、评标专家，江西联通高级经理。

估期内在孵的团队数。

(2)Value既包括品牌价值，也包括产值。其中，品牌价值体现在孵化器作为一个创新窗口促成孵化项目与创新创业资源的有效结合上；产值分为直接产值和间接产值。直接产值指孵化器自身经营效益，间接产值指孵化器入孵项目的经营效益（例如，截至目前已纳入统计范畴的10家入孵团队在2016年度的总产值为7660万元人民币）。

(3)Service指创业服务能力（包含线上和线下）。其中，线下服务能力反映孵化管理团队对于孵化载体本身和入孵项目的管理水平；线上服务能力主要通过互联网双创服务平台产生服务提供体现价值。

5 结束语

孵化器经营是与创新创业相辅相成的重要课题，通过资本运作使得孵化器经营水平更上一个台阶，对于创新创业者是重大利好的事情，这也是孵化器经营者对国家“双创”战略最好的响应和践行成人达己情怀的最佳途径。

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

高效智能密封通道解耦技术方案 在通信机房的应用案例实践

田 军

中国联合网络通信有限公司山东省分公司

摘要 随着通信技术的发展，NFV技术应用带来CO机房ICT融合演进，CT硬件IT化，CO机房DC化已经成为行业未来趋势；同时随着IT硬件功率密度快速上升，单柜最大功率趋近40kW，传统的通信机房基础设施解决方案难以解决主设备局部热点以及未来5~10年业务演进需求。通过采用密闭通道、解耦结构件、行级近端制冷等技术，提出一种新型的高效可靠的微模块方案，可有效应用于高功率密度场景，同时可灵活匹配CT场景机房不同尺寸机柜的安装。

关键词 NFV ICT融合 行级空调 高效可靠

1 NFV带来CO机房ICT融合变化

运营商的网络通常由大规模并且迅速增长的多种多样的硬件设备组成。开发一个新的网络业务经常需要新类型的设备，而为这些设备寻找空间、提供电源变得越来越困难；同时随着能源成本的增加、投资额的挑战，基于硬件设备的复杂度提升也增加对设计、集成、运营所需要各种稀有技能的要求。

更严重的问题是，基于硬件的设备很快就到达生命周期，这需要更多的“设计-集成-部署”循环而收益甚少。传统硬件的生命周期变得越来越短而业务创新却在加速，这抑制新增值业务的部署，并且限制不断增长的以网络为中心的领域创新。

网络虚拟化通过借用IT的虚拟化技术，许多类型的网络设备类型可以合并入业界标准中，如服务器、交换器和存储，可以部署在数据中心、网络节点或是用户家里。网络虚拟化适用于固定、移动网络中任何数据面的分组处理和控制面功能。

NFV硬件发展趋势如图1所示。专用硬件架构向通用服务器扩展，对机房能耗密度要求更高，向独立或者共享云IDC机房演进。

2 ICT融合演进变化带来高密和节能挑战

随着SDN/NFV等技术的发展，ICT融合演进，IT硬件功率密度快速上升，业界高密刀片服务器逐渐成为主要的硬件平台，1柜2框最大功率趋近40kW，具体如图2所示，传统的通信机房基础设施解决方案难以解决主设备局部热点以及未来5~10年业务演进需求。根据工业和信息化部节能减排的要求，很多

企事业单位制定新建通信机房PUE（能源使用效率，机房消耗的所有能源与主设备负载使用的能源之比）在1.7以下，但是很多企事业单位现在的通信机房实测都在2.0以上，大部分在2.5以上，机房能耗十分大，节能减排压力巨大。

3 解耦密封通道解决方案逐步成为未来机房建设趋势

在数据中心的建设上，模块化的概念已经逐步被大众接受，必然成为应用趋势。微模块数据中心实现按照实际需求在工厂预制，大大缩短工期。随着单数据中心规模的不断扩大，传统模式所需的运维力量大幅增加，成本也在不断增加。对此，数据中心引入软件方式实现数据中心的自动化运维，提升运维效率，提高客户体验。通信机房内设备有其独有的特性，标准微模块建设方案难以满足需求，高效智能微模块解耦方案对此问题提出完美的解决方案。

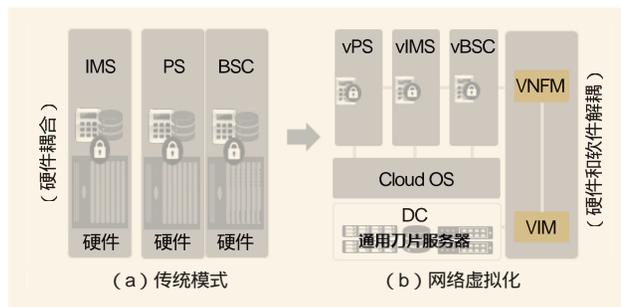


图1 NFV硬件发展趋势

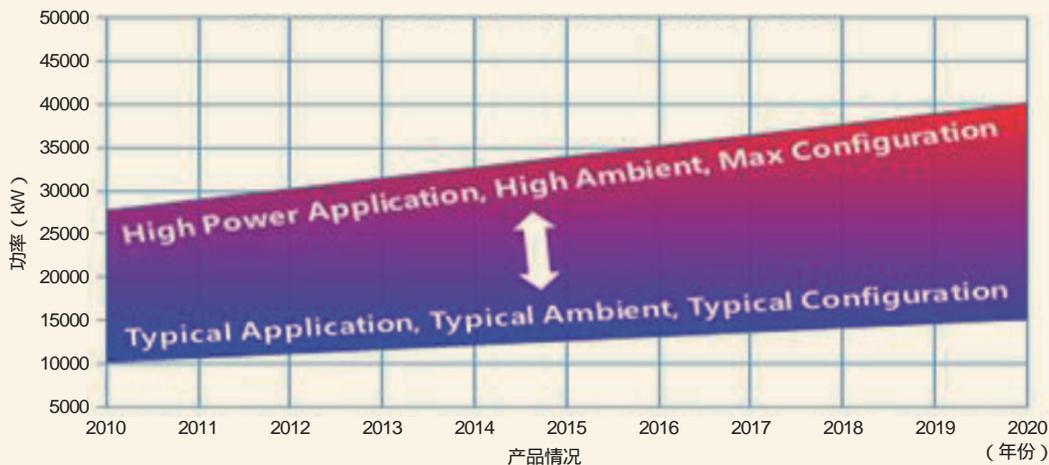


图2 电信设备功率密度发展趋势

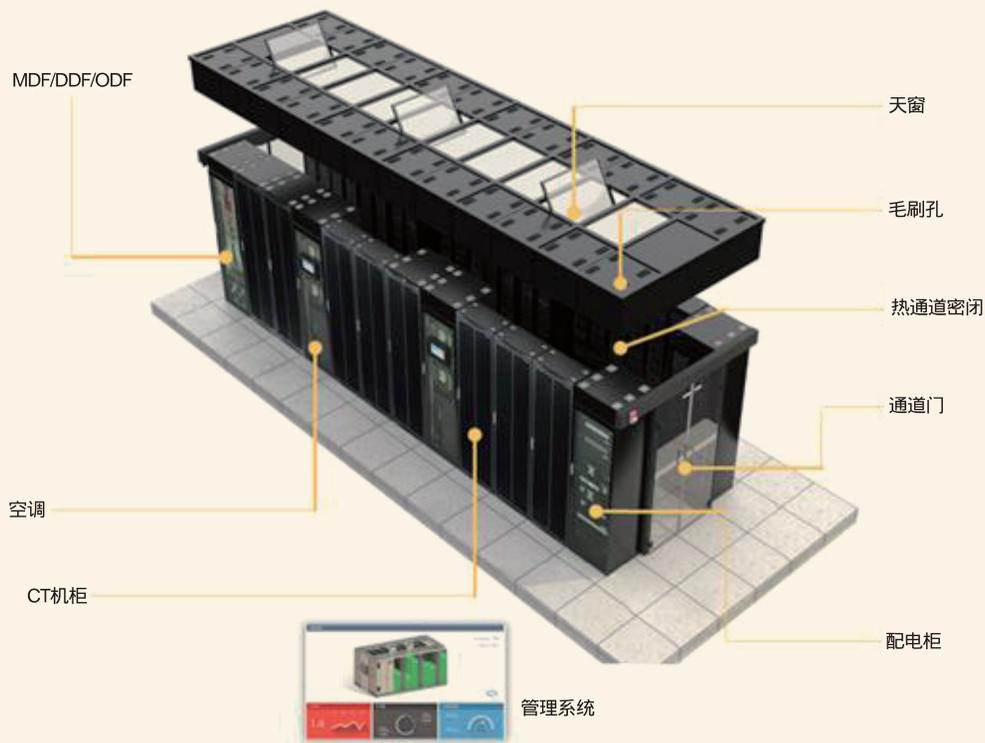


图3 解耦密封通道微模块机房

基于对节能减排需求，笔者负责建设的机房采用新型高效可靠的微模块方案，应用密闭通道、解耦结构件、行级近端制冷等技术，打造出一个高效节能、高密散热以及灵活部署的微模块机房，具体如图3所示。

4 高效智能密封通道解耦技术方案的实现

通信设备由于散热方式、尺寸问题，数据中心微模块部

署的技术难以应用在通信机房中，为此，采用新型的解耦通道技术实现微模块部署方案。

(1) 解耦密封通道技术

解耦通道是指服务器机柜和天窗、端门、走线架安装解耦的微模块密封通道。

解耦通道立柱最大跨距2.4m，即3台800或者4台600机柜，按照100mm步调尺寸可调，如此可完美支撑不同规格

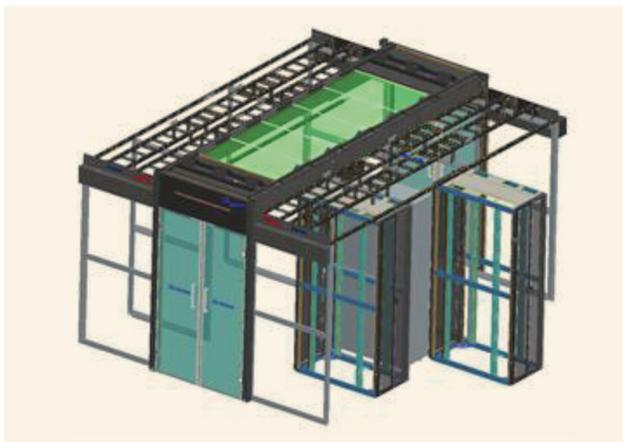


图4 通道与设备机柜解耦

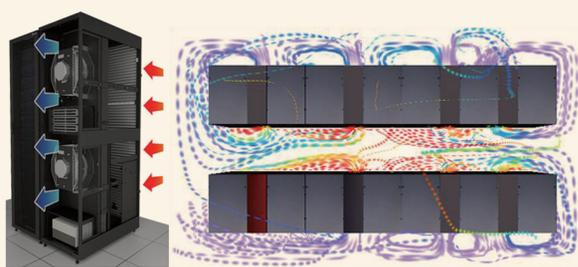


图5 行级空调送风方式



图6 济南康巴丝CT场景标准化机房

CT设备，并且对部分CT设备通过匹配导风框，调整传统电信设备为F-R风道要求，适配大功率散热方案。

解耦通道与设备机柜完美解耦，当通信机房未来几年业务模式发生变化时，微模块灵活调整内部供配电和制冷的配比即可应对，大大提高微模块未来的可用性。通道与设备机柜解耦如图4所示。

(2)行级空调技术提高制冷效率

行级风冷精密空调采用直流变频压缩机，效率高且更加节能；行级精密空调出风温度一般在20~24℃，近距离送风，无冷量损失；行级空调100%显热设计，不做无用除湿；行级精密空调近距离送风，1~3个机柜散热，送风距离一般为0.6~1.8m。在相同有效风量下，行级空调风机功耗小于

10%。行级空调送风方式如图5所示。

从制冷架构来看，行级制冷方式可以支持高密度场景，足以应对未来几年由于业务演进带来的高功耗设备散热需求。

5 高效智能密封通道解耦技术方案实施案例

济南康巴丝CT场景标准化机房采用微模块密闭通道解耦技术方案建设，该机房包含36个柜位，单柜功率按照4kW/rack设计。制冷设计上，采用两台25kW行级精密空调，能够实现近端高效制冷；结构设计上，采用全封闭通道，通道门采用全透明设计，高端大气，同时增加通道照明，方便运维，全解耦通道可以有效支持不同宽度尺寸的机柜安装；监控设计上，封闭通道内采用600mm玻璃自动翻转天窗与消防连通，在通道的两端安装视频监控，在顶端安装烟雾感测器、温湿度综合传感器等，可与空调联动，实现精确按需制冷。按照微模块封闭解耦通道建设的济南CT场景标准化康巴丝机房如图6所示。

本案例的主要创新点如下。

(1)采用密闭通道技术，物理隔离冷热气流混合，提高制冷效率。

(2)行级制冷架构，高效且可消除局部热点，保障设备可靠运行。

(3)采用解耦通道技术，完美解决CT设备尺寸、风道方式不一等问题，解决业务未来几年演进带来的灵活部署要求。

(4)低能耗，有效降低机房PUE值，节能减排效果明显。

6 高效智能密封通道解耦技术方案优势

传统的通信机房基础设施在新一代业务方面存在技术和实践上的局限性。新一代的通信机房需应对不断变化中的需求、需可靠支持高功率密度和不断变化的功率密度，需有效降低能耗节省运行成本，这些需求直接导致密封通道解耦技术的应用和开发，特别是在功率密度大于或等于3kW/机柜的场景中表现更为突出。

此技术可满足新一代通信机房的灵活性、可预测性、可扩展性、低能耗等要求，是今后通信机房建设的方向。

7 结束语

密封通道解耦技术方案应用于CT场景标准化机房建设，可有效解决不同尺寸的机柜兼容问题，同时采用行级空调近端制冷，有效降低机房PUE值。另外，随着通信技术的发展，CO机房的ICT演进，单机柜功率密度不断增高，此技术可解决由此带来的一系列挑战。ttm

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

基于自身告警关联实现基站故障精准定位

葛中魁 汪 锋 林 康

中国联合网络通信有限公司河南省分公司

摘要 依据中国联通基站维护现状, 针对在智能监控系统中基站动环设备接入不完善及各专业告警关联不具备条件的情况下, 将基站设备自身产生的掉电告警、欠压告警及光口告警等作为研究对象, 找准相互间告警关联关系, 进而判定基站中断和小区退服的故障原因, 实现精准故障定位和故障派单。

关键词 基站维护 智能监控 告警关联 基站中断 小区退服

1 引言

河南联通自2016年11月正式开始集约化运维, 设备告警和故障以工单形式集中派发到包机人。无线专业每天生成工单约4000张, 其中基站中断和小区退服工单量占比70%左右, 在导致基站中断和小区退服的原因中, 基站设备自身的故障原因不足10%, 绝大部分是由配套电源、传输等原因引起。基站主设备维护责任主体是河南联通自己的无线维护人员, 而相关配套设备则归属中国铁塔公司或代维单位维护。

基于以上原因, 当基站发生故障时, 精准定位故障原因然后准确派单显得尤为重要, 否则会造成派单错误, 浪费大量人力物力。在基站动环设备监控不完善及各专业无法进行告警关联的情况下, 如何准确定位基站和小区退服的故障原因成为当务之急。

2 问题分析

2.1 基站断站原因分析

对基站中断原因进行人工统计分析, 各种原因占比如图1所示。其中因电源的原因占比达到64.26% (包含配电设备、停电未及时发电、市电停电未及时发现、蓄电池原因等), 传输原因占比18.19%, 物业占比11.54%, 无线设备故障2.07%, 另外还有割接施工、环境等原因。小区退服原因类似。

基站中断和小区退服告警无法反映真实的故障原因, 也就无法通过其进行精准故障派单。

2.2 基站动环监控系统存在局限性

目前, 河南联通有近70%的基站机房产权归属中国铁塔

公司, 其动环监控系统由中国铁塔公司负责建设维护, 无法接入河南联通自身告警系统, 同时由于利用干接点进行告警监控存在稳定性以及成本问题未部署, 基站BBU或RRU无法通过传感器上报交直流掉电告警。

即便是在河南联通自有产权的基站机房中, 因动环监控厂商众多、北向接口不稳定等原因, 经常出现接口中断、告警丢失等情况, 导致动环告警与无线关联成功的概率非常低, 无法对基站电源相关告警进行有效监控。

2.3 传输告警与基站告警关联存在问题

对同一机房传输设备和基站设备的告警进行关联分析, 可以分下面两种情况进行。

(1)当基站侧传输设备运行正常(未脱管), 只是与基站连接的端口出现故障导致基站侧断站时, 很容易判定是互联光缆或光口出现故障, 此情况出现概率很小。

(2)当传输设备或光缆中断导致本基站侧传输设备脱管时, 通过传输网元脱管告警和与之相连的其他网元端口LOS告警, 综合判断是本传输设备出现故障还是其他节点出现故障影响到本传输设备造成脱管, 这种情况比较复杂。

- 如果是本基站机房停电, 传输脱管及与之相连的其他网元端口LOS告警会同时出现。
- 如果是上游传输出现故障, 只会显示脱管告警, 与之相连的其他网元端口正常。

传输需要根据拓扑关系对相关多个局站SDH、IP RAN等设备告警进行关联。在资源管理系统不完善、无法准确描述各传输设备拓扑关系和端口信息的情况下, 跨专业的告警关联实现困难。另外接入侧设备多, 传输端口告警数量庞

大，更是加大关联的难度，需要一个漫长的时间进行研究和部署跨专业关联。

3 故障原因判定规则

基于以上分析，为实现集中维护后的精准故障派单，基于基站设备自身告警进行大量的分析和研究，梳理出基站告警产生的各种原因，分别进行场景模拟测试，最终得出一套利用基站自身告警综合准确定位基站故障原因的方法。文中分厂商从供电、传输、设备自身三个维度对相关告警进行分析，最终归纳出准确的基站故障原因判定规则。其他引起基站故障的次要原因不在研究范围内。

文中约定，BBU可以对应逻辑基站，RRU可对应逻辑小区。

3.1 设备掉电判断

3.1.1 中兴设备掉电判断

RRU设备：无论交流还是直流，目前均配置有电容，因此会产生“设备掉电（198092295）”告警，与“LTE小区退出服务（198094419）”结合关联。

BBU设备：如果“输入电压异常（198092053）”告警对象类型为“SDR”，且出现后伴随“网元断链告警”，则

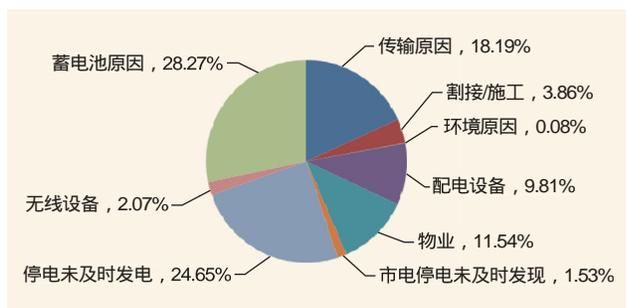


图1 断站原因占比

判断为市电引起的；如果“输入电压异常（198092053）”告警对象类型为“RU”则不做处理。

3.1.2 华为设备掉电判断

(1)判断规则

表1是华为BBU和RRU分不同场景和型号的设备掉电原因判断，BBU均在机房放置且都有备用电源，RRU分拉远还是在机房，拉远RRU有就近引交流电或远供直流电两种情况。

(2)掉电检测原理

• 华为直流RRU判定方案中电压检测+ RRU维护链路中断综合判断原理

低电压供电标识维护：RRU设置输入电压异常门限，根据门限判断是否处于低电压供电状态，如果低于门限则上报低电压给BBU，正常后RRU上报异常恢复，BBU进行各RRU供电状态的电压标识管理维护，只进行电压状态标识0或1的更新管理。

组合判断RRU掉电上报：当RRU的CPRI中断时，根据当前维护的RRU供电电压标识做一个组合判断，如果低电压标识为1则上报直流RRU掉电告警，否则继续原来的告警上报。

• 华为直流BBU电压持续下降检测+网元断连综合判断原理

电压下降标识维护：BBU每隔30s检测一次电压，如果发现过去3min电压持续下降，BBU上报U2000电压持续下降异常（U2000仅记录不体现），正常后上报异常恢复。基站再次上电后为正常。当U2000建立OM链路时基站上报当前状态。

组合判断市电掉电原因上报：U2000上报网元断连时，如果发现基站存在电压持续下降异常，U2000上报网元断链告警中原因是“基站输入电压异常”。

表1 华为设备掉电判断

BBU&RRU	交直流	RRU是否拉远	有无电容备电	判定规则	备注
RRU	交流	拉远	有大电容	OK 已经支持26540 “射频单元交流掉电告警”，主要部署在室分站	交流RRU均有大电容
		机房	有大电容	OK 已经支持26540 “射频单元交流掉电告警”，主要部署在室分站	交流RRU均有大电容
	直流	拉远&机房	有大电容	OK 已经支持26564 “射频单元直流掉电告警”	现网此场景基本没有
			无大电容有备电	支持电压检测，OK（解决方案：低电压检测+RRU维护链路中断综合判断，已经支持26564 “射频单元直流掉电告警”）；不支持电压检测（V2老模块），NOK，只能通过外接传感器解决（比例<1%）	现网按此情况解决eRAN11.1 SPC210版本已实现（中国联通当前版本）
			无大电容无备电	NOK，（方案规划中：上联设备级接口光功率检测法，但有准确性问题）	现网此场景非常少
BBU	直流（现网无直接接入交流的情况）	机房	有备电	主框（能连接U2000），OK（解决方案：电压持续下降检测+网元断连综合判断）（BBU每隔30s检测一次电压，如果发现过去3min电压持续下降，BBU上报U2000电压持续下降异常（U2000仅记录不体现），正常后上报异常恢复）	U2000上报“网元断链告警”，定位信息中标识原因是“基站输入电压异常”；eRAN11.1 SPC216版本已实现（需升级）
			无备电	NOK	现网此场景几乎没有

3.2 传输原因判断

3.2.1 中兴设备传输原因判断

- 中兴RRU：“RRU链路断”出现后5min内，如果出现“LTE小区退出服务”，则判断为“传输造成RRU中断”。
- 中兴BBU因传输原因导致故障暂时无法判断，需要与传输专业关联。

3.2.2 华为设备传输原因判断

- 同一小区5min内产生“小区不可用告警”和“BBU光模块收发异常告警”，而无“射频单元交流掉电告警”或者“射频单元直流掉电告警”，则判断为传输造成的RRU中断（注：其中光模块故障也会产生上述告警，但概率较小）。
- 华为BBU因传输原因导致故障暂时无法判断，需要与传输专业关联。

3.3 设备本身故障判断

(1)华为设备

RRU无线：当出现“小区不可用告警”、“射频单元维护链路异常告警”、“射频单元硬件故障告警”，而无“BBU光模块收发异常告警”和相关RRU掉电告警时，判断为无线设备本身出现故障。

(2)中兴设备

- RRU无线：其余“LTE小区退出服务”，派单给无线专业。
- 在BBU“内部故障”出现后5min内，如果出现“PA

去使能”，则判断为无线设备本身故障。

4 实施方案

4.1 告警解析细化

中兴“输入电压异常（198092053）”告警：解析告警对象类型，若为“SDR，则重定义其告警标题为‘输入电压异常（198092053）_SDR’；如果‘输入电压异常（198092053）’告警对象类型为“RU”，则重定义其告警标题为“输入电压异常（198092053）_RU”。

华为“网元断链告警”：其正文描述中有明确原因是“基站输入电压异常”，直接重定义其告警标题为“网元断链告警_掉电”。

4.2 告警关联规则

告警关联规则见表2。

衍生关联：当设备因同一故障原因产生多条告警时，为规避多条告警分别派单，通过告警关联，将同一原因产生的告警打包后生成一条新告警进行派单，目的是压缩告警派单量。

表2之外的情况属于设备自身故障或无需通过告警关联实现，在此不再赘述。

4.3 故障原因分析

通过上述的告警细化及关联后，把不同原因导致的小区退服和网元断链告警区分开。在进行原因统计时，仅通过

表2 告警关联规则

厂商	关联类型	关联规则描述	衍生告警标题
华为	衍生关联	同一小区5min内产生“小区不可用告警”、“射频单元交流掉电告警”、“BBU光模块收发异常告警”	小区不可用告警_掉电
华为	衍生关联	同一小区5min内产生“小区不可用告警”、“射频单元直流掉电告警”、“BBU光模块收发异常告警”	小区不可用告警_掉电
华为	衍生关联	同一小区5min内产生“小区不可用告警”和“BBU光模块收发异常告警”而无相关RRU掉电告警	小区不可用告警_传输
中兴	衍生关联	“设备掉电(198092295)”出现后5min内，如果出现“LTE小区退出服务(198094419)”	LTE小区退出服务(198094419)_掉电
中兴	衍生关联	“RRU链路断(198097605)”出现后5min内，如果出现“LTE小区退出服务(198094419)”	LTE小区退出服务(198094419)_传输
中兴	衍生关联	出现“输入电压异常(198092053)_SDR”且伴随“网元断链告警(198099803)”	网元断链告警(198099803)_掉电

移动基站故障统计																																	
地市	基站电源配套											无线设备						传输							割接施工	其他	合计						
	市电停电未发现			蓄电池原因		停电未发电						配电设备原因		环境	BSC	BTS			天馈	光缆线路		传输设备						割接施工	其他				
	值班未发现	无监控	监控故障	性能下降	无蓄电池	油机发电不便接入	发电不及时	山区不能发电	物业不允许发电	夜间不能发电	对方产权共站基站不发电	交流配电箱	开关电源及直流配电	远供电故障	温湿度原因	BSC	BTS主控板故障	BTS电源板故障	BTS其他原因故障	天馈系统	光缆中断	光缆断纤	基站内传输侧接头或尾纤故障	基站侧传输设备故障	核心/汇聚节点接头或尾纤故障	核心/汇聚节点传输设备故障		微波设备故障	上游基站电源故障	支局及以上局所电源故障	割接施工等原因	其他	
郑州	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	16	0	0	178	14	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	258
郑州	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	26	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
郑州	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
郑州	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
郑州	0	0	0	0	34	0	0	0	7	0	0	0	0	185	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228	
郑州	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	15	0	0	98	6	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	154	
郑州	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	

图2 基站故障统计

表3 派单量的变化

按原规则派发无线专业的工单总数	基站断站及退服	传输原因	停电原因	剩余派发无线专业工单量	工单压缩量
30729	20987	3966	12445	14318	53.41%

告警标题即可区分，解决原来通过手工记录及统计的复杂过程，节省大量人力和时间。基站故障统计如图2所示。

此判断规则只是对总体原因的判断，如果分细项调查，比如传输原因又可分光缆线路和传输设备，还可继续细分，细分原因需通过不同专业的告警综合分析，部分原因需要人为判断。

5 故障原因定位的意义

5.1 实现精准派单，压缩派单量

从基站故障原因统计可以看出，基站中断和小区退服故障的外界原因占比80%以上，因维护责任主体不同，需要根据故障原因指导不同维护人员进行处理，否则就达不到精准派单的效果，降低派单效率，提高运维成本。比如：停电引起的断站，中国铁塔公司派人发电即可，河南联通维护人员最多尽到催促的责任，此类故障工单无线专业无需派单。传输引起的断站需要派发到传输专业维护人员或线路维护人员处理，无线专业也无需派单。

取2017年6月某周的数据，基站中断和小区退服占全部无线派单的68.3%，实现精准派单后，传输和停电原因不再派发到无线专业，压缩无线工单量53.41%，具体见表3。

5.2 实现对中国铁塔公司服务有效评价

基站配套交接中国铁塔维护后，一直存在对中国铁塔服务评价手段方面的争议，比如基站故障是否是停电引起，中国铁塔的发电时长等问题无法一一考证，导致信息不准确，而且双方统计存在差异而互不相认。能够判定停电原因后，根据基站信息可以统计动环系统不可用时长，用于评价中国铁塔公司服务质量。

6 存在的问题

6.1 设备问题

- 中兴和华为的BBU均无法判断传输原因，需要结合传输关联，尽管传输关联存在较大的难度，但是从长远考虑，还需要对传输资源及与基站对接的端口告警进行梳理。
- 华为还存在少量老基站或BBU/RRU无备电的情况，无法做到故障定位，需要与建设部门沟通，对这部分基站进行改造。

6.2 判断问题

- 在蓄电池放电过程中（市电已经断掉），人工干预或者传输异常导致BBU与网管断链。因为在蓄电池放电过程中，BBU会通知网管供电异常，而此时发生断链，会被网管认为可能是供电异常导致的，存在误判。
- 基站反复上下电、反复充放电的情况，此时系统的供电电压存在比较大的波动，系统无法识别充放电情况，无法判断。
- 算法需要记录BBU的供电电压数据进行比较，所以需要基站运行一段时间后，才能判断出是供电异常。如果存在反复上下电或者急速掉电场景，检测算法无法精准检测出来，另输入电压异常的告警门限判断也需要结合现网实际情况。

7 结束语

随着支撑系统智能化程度的提高，设备厂商已意识到基站故障原因定位的重要性，在设备改型过程中逐步进行改进和完善。比如在新产品中均考虑增加BBU和RRU大电容，在断电时，通过电容的电量，能够保证把相关的告警信息准确传送到基站控制器或OMCR设备。

集中监控模式在逐步推广实施，各个专业对资源管理系统和告警的要求及精细化管理水平不断提高，大数据量的告警关联分析及跨专业间的关联也会逐步完善，这样对基站故障原因的定位会越来越准确和精细化。

参考文献

[1] 苏志伟.移动通信基站告警关联分析及其远程监管系统设计[D].南昌:南昌大学,2012

[2] 华为.LTE基站故障处理手册[Z].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

葛中魁

毕业于重庆大学，高级工程师，现就职于中国联通河南分公司，主要研究方向为移动无线技术的应用。

基于价格调整和流量工程的软件定义数据中心网络传输优化方法

单 纯

广东技术师范学院

摘要 分析数据中心网络动态价格调整拥塞控制和流量工程传输优化方法的研究现状,提出结合拥塞控制、流量调度和负载均衡的网络传输优化方法,设计一种新型数据中心网络资源动态价格调整策略框架,构建一种两层结构的数据中心网络拥塞控制价格设置算法,平衡和调节各发送端的购买力和链路带宽收益之间的关系,根据各价格指标设计具有QoS路由技术与调度算法实现资源优化利用的流量工程方法,扩展OpenFlow协议算法,整合SDN、FAST协议、ECN三种技术,从运行机制方面找到提高数据中心网络传输性能的方法。

关键词 软件定义网络 动态价格 流量工程 网络服务质量

1 引言

数据中心的的不同应用有不同的带宽和延迟需求,例如响应搜索引擎等在线查询业务显然比虚拟机迁移、日志备份更紧迫。为了用有限的带宽满足千差万别的应用需求,服务器需要决定以怎样的速度发送数据包,交换机需要决定来自不同连接数据包的排队顺序,以及有多条路径的情况下数据包从哪条路走。这分别对应拥塞控制、流量调度和负载均衡三个研究领域。针对这三个领域的研究,已发表数以千计的论文。近年来,越来越多的论文将这三个方面结合起来考虑。

为了有效统一管理数据中心,软件定义网络(Software Defined Networking, SDN)应运而生。目前SDN的研究主要从网络流量工程和负载均衡的角度考虑流量控制,即从负载重的链路中选择一些大流,重新计算路径,不断更新交换机流表,将流量往负载轻的链路转发。但当数据中心网络的所有交换机都满负载时,再用更新流表的方法就有点勉强。同时,如何挑选大流进行重路由,如何重新计算路径快速更新流表,如何更新流表保证各交换机控制逻辑一致,都是目前SDN流量调度、负载均衡面临的需迫切解决的问题。

2 数据中心网络传输动态价格调整和流量工程研究

基于优化理论框架建立包含多个发送端和多个连接链路的网络效用最大化模型。该优化理论框架需解决的两个关键问题是:如何根据网络负载状态动态调整链路拥塞价格;如

何将链路端的拥塞价格准确反馈给发送端。

目前,根据网络负载动态调整拥塞价格,需要多次往返才能收敛到最佳发送速率,在收敛之前网络带宽不能得到充分利用。如果每个连接只有几个数据包(如访问网页),那么网络带宽的利用率较低。

(1) 数据中心网络动态调整链路拥塞价格问题的研究现状

针对数据中心网络不同于Internet流量特点,在优化理论框架下提出适合数据中心网络的TCP协议DCTCP、ICTCP、D3、D2TCP、PDQ和DeTail DCTCP。上述协议分别从数据中心网络软超时、流最短完成时间、网络延迟、网络收敛速度等方面解决流量传输存在的问题。算法改进集中在如何根据网络负载状态设计好拥塞价格调整策略和如何根据网络拥塞价格信息设计窗口调整策略,但在拥塞价格调整方面仍采用根据拥塞指标所占比例静态地设置网络拥塞价格调整策略。目前,数据中心网络TCP传输控制协议计算拥塞价格算法可以概括为计算公式(1)。

$$p=f(B,Q) \quad (1)$$

其中 B 为链路端系统常数向量, Q 为缓存区队列长度、排队时延等向量。

如非常典型的RED算法常数向量 $B=\{p_{max},b_{min},b_{max}\}$,其中, p_{max} 为最大分组丢弃概率, p 为分组丢弃概率,下限阈值 b_{min} 为最小队列长度,上限阈值 b_{max} 为最大队列长度。该算法存在难以根据具体情况优化设定参数向量 B 等问题。

(2)基于SDN数据网络传输流量工程的国内外研究现状

近年来,科研人员基于SDN架构提出许多方案以提高数据中心网络的传输性能,有人提出在服务器节点对间提供多条可达路径的网络拓扑结构。ECMP是利用网络多路径提高应用性能的典型协议之一,通过基于哈希算法的方式将数据流分发到不同的可达路径,以此实现均衡网络负载,提高网络吞吐量的目的,有人提出基于数据包的负载均衡策略以提高网络吞吐量。有人提出依据交换机端口负载信息均衡网络负载的方案。上述方案均通过均衡网络负载的方式提高网络吞吐量,然而这些方案无法避免网络拥塞。Nimble通过快速地检测网络拥塞并调度拥塞链路上数据流到低负载链路的方式实现提高网络吞吐量的目的。为了降低大流冲突对网络性能的影响,需要检测网络中的大流,并将其调度到低负载链路。使用Hedera架构实现更加有效地利用网络多路径的目的。Hedera架构中,控制器周期性地向交换机发送流统计请求消息以检测网络中的大流,并将大流调度到低负载链路。然而,由于采用集中式的检测策略,制约了Hedera的可扩展性。有人提出一种新的大流检测机制,称为Mahout,其采用分布式思想在终端节点检测大流,极大减小其开销和资源需求。有人提出一种通过动态改变数据流的ECMP哈希值,将数据流由高负载链路调度到低负载链路的机制。通过集中式控制程序控制拥塞链路上发送端的发送速率避免网络拥塞。

综上所述,研究主要是从网络流量工程和负载均衡的角度考虑流量控制。利用控制器掌握全局网络流量分布的优势,将数据流的业务属性、网络的流量分布和网络的拓扑结构结合,在拥塞链路处更新交换机流表,将流量往负

载轻的链路转发。不停地更新流表,略显被动。同时,由于存在不同交换机的更新延迟问题,在更新交换机流表过程中,容易造成流表更新不一致问题。在利用控制器采集的网络状态信息和事件信息优化网络资源的使用效益,结合相关分析方法以更有效地提高网络传输性能等方面,缺乏系统性的工作。

因此,提出一种主动拥塞控制算法,从网络系统的内在运行机制寻找办法,通过动态调整能准确反映链路实际运行情况的拥塞价格,引导数据流的发送速率,设计出适合数据中心网络传输控制协议的算法,尽量避免拥塞的发生。同时,利用各节点计算的拥塞价格,评价各路由节点、各传输路径和各流重路由的代价,选择最佳匹配方案进行流表更新,从而提高网络系统的利用率和稳定性。

3 基于软件定义的数据中心网络资源动态价格调整策略框架

通过引入SDN的网络设计理念对现有的网络资源管控方式进行创新性改造,构建新型框架结构和运行机制,具体模型如图1所示。

采用OpenDayLight控制器扩展实现所设计的宏观价格调整 and QoS 流量控制策略。OpenDayLight控制层主要包括服务抽象层(SAL层)和基本网络服务功能。基本服务功能模块包含拓扑管理模块、统计管理模块、交换机管理模块、转发规则管理模块和主机追踪模块。在其基础上扩展添加全局网络拥塞状态分析模块、QoS策略模块、全局宏观拥塞价格策略、QoS路由计算及接入控制模块、链路拥塞价格分析模块和QoS路由管理模块。

4 设计基于定价的网络资源优化利用的全局资源调度与配置技术

利用控制器掌握的全局网络链路运行情况,设计出对下层交换机计算链路拥塞价格的宏观指导政策。当有链路负载轻时,可控制传输数据走负载轻的链路,指导各交换机采取较低的价格计算策略;当各链路资源紧张时,指导交换机大幅提高拥塞价格抑制源端的发送速率,从系统的运行机制避免网络拥堵。具体算法步骤如下。

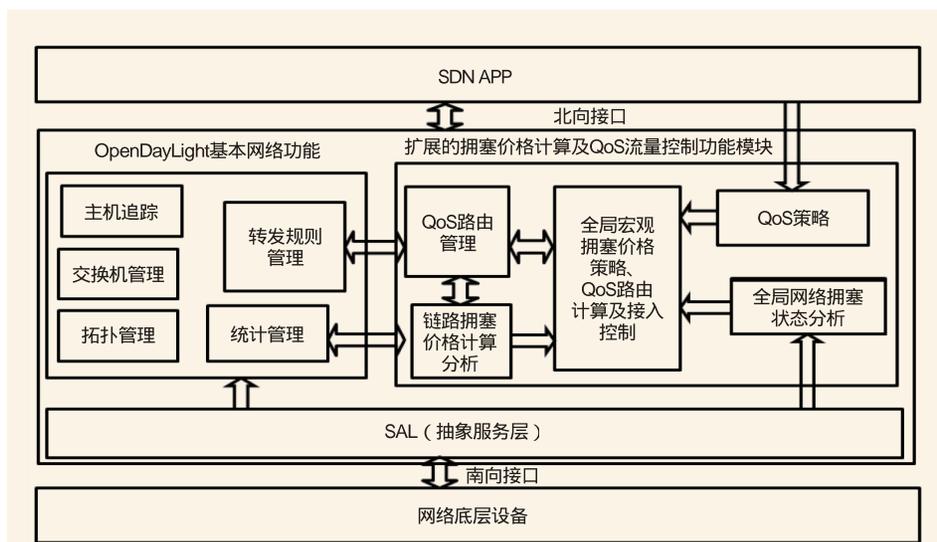


图1 基于软件定义的数据中心网络资源管理优化控制框架

(1) 控制器改进算法：全局拥塞状态分析，制定宏观政策

如图2所示，控制器定期向所有交换设备发送链路层发现协议（Link Layer Discovery Protocol, LLDP），用于采集网络交换设备的连接信息，从而构建全局网络拓扑图。控制器收集交换机拥塞状况的方式有两种。一种是利用发送探测包和接收到返回包的时间差判断网络拥塞状况。记录探测包发出的时间并启动定时器，若在一定时间内探测包没有按时返回到控制器，则认为原有的正常链路出现拥塞或者已经不可用。另一种是控制器调度流分析程序，利用OpenFlow协议1.3中的流消息描述字段对各交换机正在运行的流进行储存和统计，分析各节点可用带宽占总带宽的比例以判断网络拥塞状况。并根据交换机的上述两种数据，将实际应用效果好的数据收集作为神经网络的样本训练数据。

算法运行初期，可根据SDN架构的开放性和可编程性，由网络管理员根据经验设置全局网络拥塞状态与计算拥塞价格参数向量的映射关系。当链路资源不紧张时，选取较低的拥塞价格计算参数向量；当各链路资源紧张时，选取大幅提高拥塞价格计算参数向量。

在运行过程中，将实际应用效果好的数据（网络流量传输性能高、利用率高、稳定性好）作为神经网络的样本训练数据。样本数据输入为各交换机的链路负载信息，输出为模

糊化的网络拥塞状态。

根据样本数据离线训练BP神经网络各连接权值和阈值，以得到其最优解。根据各交换机提交的实际负载和上述训练得到的神经网络模型，计算出目前交换机处于何种拥塞状态，根据模糊规则推出该拥塞状态对应的拥塞价格计算参数向量。

随着原始数据越来越多，为了提高神经网络的运算收敛速度，采用模糊C-平均分群算法将有相关性的属性或性质处理成同一归类，产生多个群组，减少重复数据。根据样本数据离线训练BP神经网络各连接权值和阈值，非线性逼近真实系统。

根据各交换机提交的实际负载和上述训练得到的神经网络模型，计算出目前交换机处于何种状态，根据模糊规则推出目前交换机将采取的拥塞价格计算策略及该策略映射的计算拥塞价格参数向量。

(2) 交换机改进算法：根据宏观政策，计算各链路拥塞价格

如图2所示，研究拥塞价格计算公式中的参数和控制器宏观指导策略的关系。根据控制器给出的高速网络链路拥塞状态，给出宏观指导策略，选择拥塞价格参数向量 B ，计算各交换机参数价格， Q 为链路当前的拥塞状态。

定期将当前链路资源负载情况、采用的拥塞价格参数向量和运行效果反馈给中央控制器。

(3) 发送端改进算法：扩展OpenFlow协议算法，整合SDN、FAST协议、ECN三种技术，提高数据中心网络传输性能

- 交换机将链路拥塞价格准确反馈给发送端。

如图2所示，在发送端高速网络传输控制协议和链路端OpenFlow交换机引入ECN机制，在IP分组头部服务类型字节中使用2bit的ECN域：ECT（ECN-Capable Transport）和CE（Congestion Experienced）。发送端通过对ECT置位表明对ECN的支持，OpenFlow交换机根据链路拥塞价格，

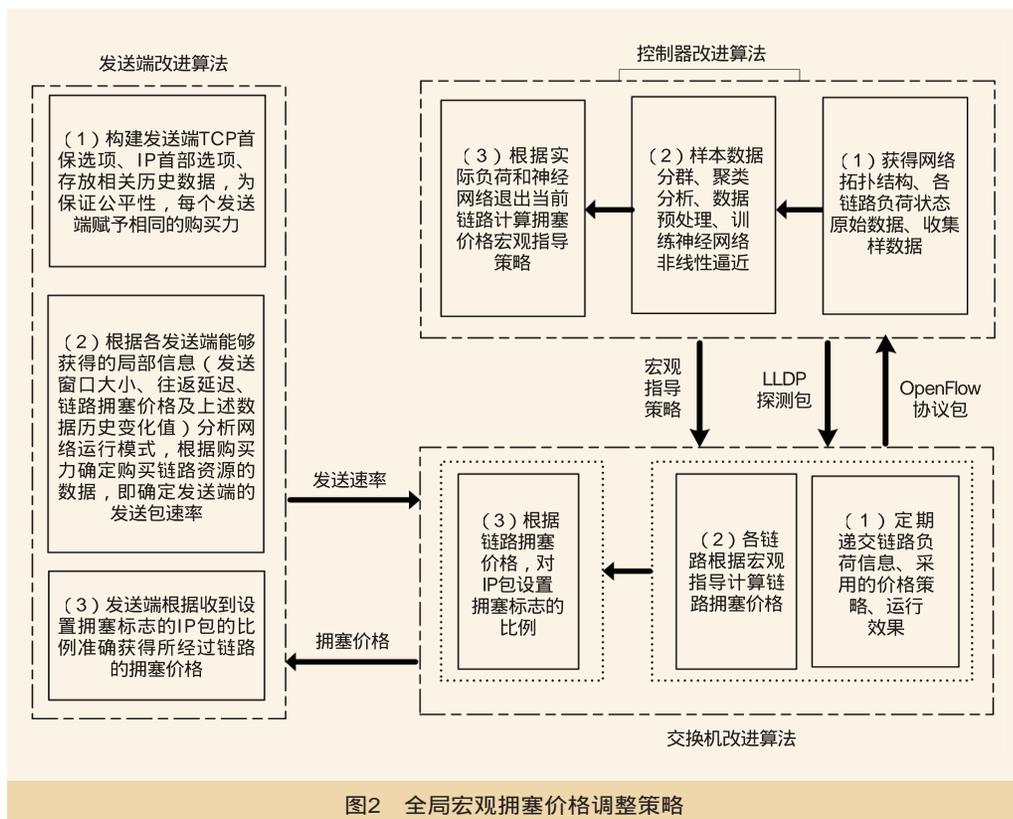


图2 全局宏观拥塞价格调整策略

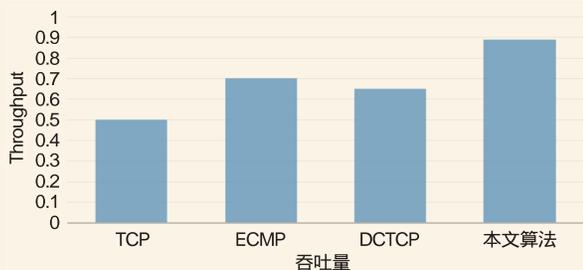


图3 吞吐量

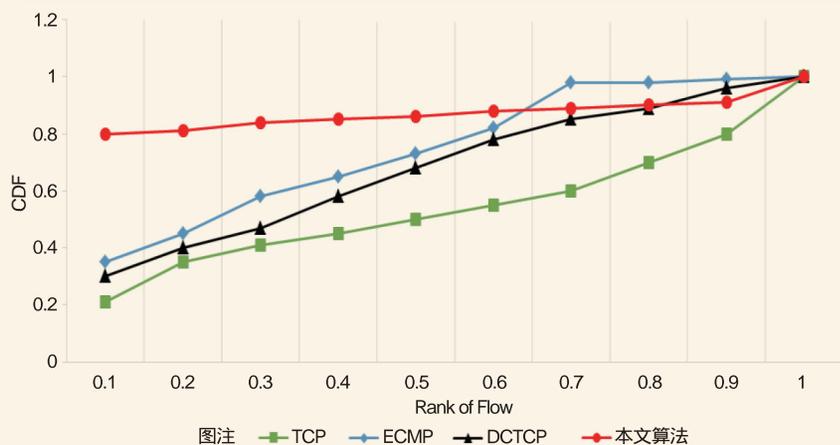


图4 运行效率

确定对IP包CE置位的比例，将网络的早期拥塞通知给发送端节点。

- 改进发送端自适应调整发送速率，主动防止链路进入拥堵状态。

如图2所示，在发送端采用FAST TCP协议，在FAST包首部和IP分组首部添加TCP首部选项、IP首部选项。TCP首部选项和IP首部选项内容包含FAST发送端和链路端路由设备的交互信息，具体可包含如下内容：本次协议参数值（类似于购买力）、历史协议参数值、当前网络瓶颈链路拥塞价格和历史网络瓶颈链路拥塞价格等。为保证公平性，各发送端赋予相同的购买力。

在发送端，对能够统计得到发送窗口大小、往返时延、网络拥塞价格及上述数据的变化值进行特征分析、提取和特征复合设计，协同分析网络运行模式。根据不同模式确定发送窗口变化的大小，调整发送端的发送速率。

发送端根据收到具有拥塞标志位确认包的比例，计算所经过链路的拥塞价格，并通知接收端已经收到设置拥塞标志位的确认包。

5 仿真结果

在Mininet网络仿真环境，网络拓扑结构为VL2。分别针对TCP、ECMP、DCTCP和文中提出的算法进行仿真验证，具体数据如图3、图4所示。仿真结果表明相对于TCP、ECMP、DCTCP算法，本算法在网络吞吐量和利用率等方面有明显提高。

6 结束语

以软件定义网络理念为指导，将拥塞控制、流量调度和负载均衡三方面相结合，充分利用SDN架构全网管控特征，设计一种更准确反映全局链路负载情况的两层结构拥塞价格设置机制。当发现整个网络负载过重、资源紧张时，会大幅度提高链路拥塞价格，抑制源端的发送流量。并利用资源市场拥塞价格和各发送端的购买力，平衡和调节各发送端的市场竞争力和获得链路带宽收益之间的关系，从网络系统本身的运行机制去寻找提高数据中心网络数据传输性能的方法。

因此，和目前应用的拥塞控制算法相比，文中提出的算法能够大幅提高数据中心的网络传输性能。但本算法仅限于数据中心网络，推广部署到广域网还存在一定的困难。因此，下一步将深入研究，将所研究的技术融入更一般的互联网传输，提高网络传输性能。

参考文献

- [1] HuaWei Huang, Song Guo, Peng Li, et al. Cost Minimization for Rule Caching in Software Defined Networking[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2016, 27(4)
- [2] 邓罡, 龚正虎, 王宏, 等. 现代数据中心网络资源管理技术分析综述[J]. 通信学报, 2014, 35(2)
- [3] 李丹, 陈贵海, 任丰原. 数据中心网络的研究进展与趋势[J]. 计算机学报, 2014, 37(2)
- [4] 张朝昆, 崔勇. 软件定义网络研究进展[J]. 软件学报, 2015, 26(1)
- [5] 宛考, 罗雪峰. SDN系统中面向流的调度算法[J]. 计算机学报, 2015, 38(1)

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

互联网DNS导向优化技术研究与应用

刘 泉

中移铁通有限公司

摘要 深入分析DNS域名解析导致的用户跨网访问问题,提出针对性的优化技术方案和实现方式,并对具体实施效果进行总结,为其他互联网运营商DNS优化提供参考。

关键词 域名解析优化技术 DNS导向 流量经营

1 引言

目前,亟须采取针对性的优化技术解决DNS域名解析存在的问题,将用户访问优先引导至网内和免费互联内容资源,这对提升用户体验,提高网内资源使用率,降低网间出口成本,做好互联网流量经营具有重要意义。

2 DNS问题分析

2.1 网络侧问题

虽然网内部署很多热点内容,但真正实现用户就近访问内容资源的功能依赖DNS系统实现。用户访问互联网首先会在所属网络的DNS缓存服务器中查询是否有相关解析域名,若没有缓存解析域名,DNS就会发起递归查询,最终在ICP或CDN的相关域名授权服务器中查询到解析结果并返回用户。如果ICP、CDN运营商的DNS授权系统能够正常并准确工作,理论上用户访问到的应该是最接近的、服务性能较好的内容资源。但事实上,ICP和CDN运营商的DNS授权系统由于人为原因(流量调度、数据设置)或系统原因(不支持智能判断功能、判断机制不完善、没有状态更新机制等)常常导致部分或所有网内用户跨网访问,甚至访问不可达,造成用户访问质量的下降和运营商出口成本的增加。

2.1.1 部分用户跨网访问

当ICP或CDN运营商DNS域名授权服务器没有源地址判断功能,不能对本网DNS服务器地址进行识别,将本网和所有外网运营商的域名解析结果以轮换顺序方式全部返回给本网DNS时,本网DNS直接将解析结果返回用户,用户端默认使用返回结果中的第一个IP。这必然导致网内有内容资源的情况下,仍会有部分用户跨网访问中国电信或中国联通等

网内容资源,具体如图1所示。

2.1.2 全部用户跨网访问

当ICP或CDN运营商DNS域名授权服务器配置错误、CDN调度不合理、缺省只将外网域名IP返回给本网DNS服务器时,本网DNS直接将解析结果返回用户,这必然导致访问该域名的全部用户跨网访问,具体如图2所示。这种情况比较普遍,直接返回外网地址,用户访问直接被引导至外网资源,造成用户访问时延增加,服务质量下降,出口成本增加。

2.2 用户侧问题

正常情况下,用户侧设备DNS应设置为本网DNS服务器的IP地址,由本网DNS系统负责为其进行域名解析和提供就近的互联网内容服务。但由于目前家用无线路由器内部预设、应用软件修改、恶意程序篡改或受到不当引导等原因,用户端设备DNS地址很容易被设置为外网DNS地址。一旦本网用户端DNS地址被修改为外网DNS的IP地址,用户所有互联网访问的域名解析工作将由外网DNS接管,直接造成网内所有内容引导策略的失效,导致用户访问质量的下降和出口成本的增加。用户侧DNS问题如图3所示。

3 DNS导向优化技术研究及实施

上述情况下,本网DNS服务系统只是一个通道,解析结果完全受ICP、CDN授权DNS服务器或其他第三方的“控制”。对于网内具有一定内容的非主导互联网运营商来说,必须采取有效的DNS优化技术手段来全面解决网络侧和用户侧DNS解析问题,实现将本网用户访问流量优先引导至网内资源、免费互联等优质资源,以提升用户体验和降低出口成本。

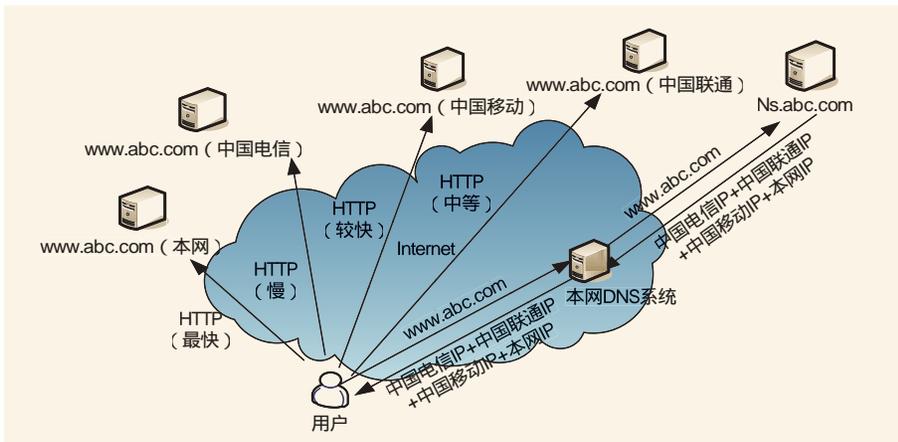


图1 部分用户跨网访问

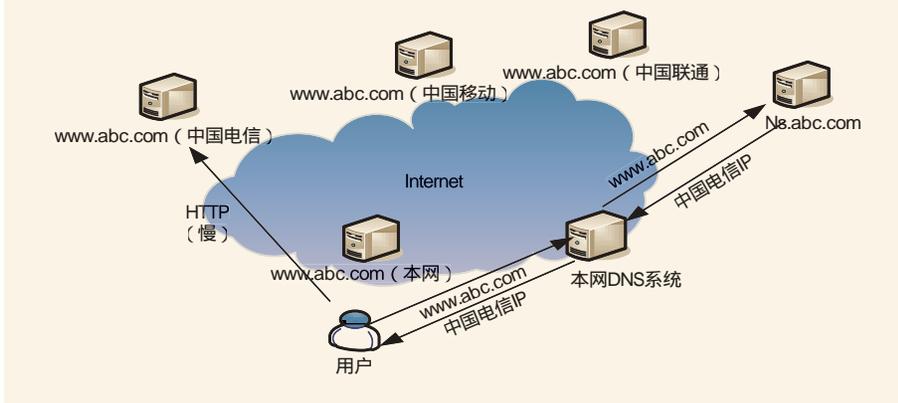


图2 全部用户跨网访问

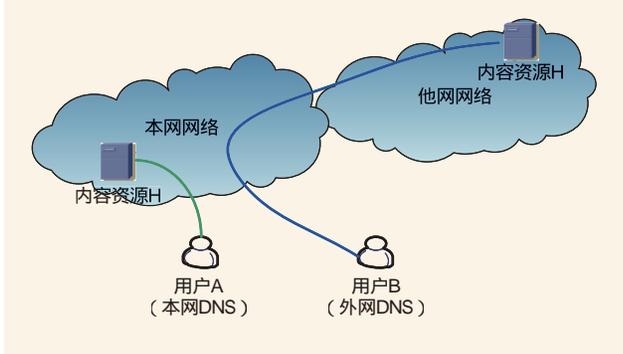


图3 用户侧DNS问题

3.1 网络侧优化技术

3.1.1 DNS排序机制

针对部分用户跨网访问问题，可利用提供DNS服务的BIND软件排序功能解决。通过排序功能使本网DNS系统实现对从ICP或CDN返回结果的自动判断，并对结果进行优先排序后返回给用户。BIND的排序功能是基于配置文件Sortlist在DNS服务器上实现的。Sortlist语句由两个元素组

成：一个是address_match_list（客户端一个IP地址、一个IP段），另一个是设置资源记录所对应的IP或所在的网段。具体的Sortlist配置语句如下：

```
Options {
Sortlist {
{192.168.1.0/24; #-规定客户端的范围；
{192.168.1.0/24; #-规定优先返回的资源记录范围
{192.168.2.0/24;192.168.3.0/24
;};}; #-规定次优先返回的资源记录范围};
```

以上Sortlist配置语句具体实现的功能是，当DNS服务器接收到客户端DNS查询请求时，DNS服务器会对比客户端的IP是否满足Sortlist中的规定。只有客户端IP在规定的范围之内并且DNS服务器经过查询得知该请求域名对应A记录在Sortlist规定的优先返回资源记录范围之内，才能触发DNS服务器的排序功能；如只满足其中一个条件或者两个条件都不满足，则不会触发DNS

服务器排序功能。

举例说明如下。

例1：如果来自192.168.1.10/24的客户端向DNS服务器发送一个www.abc.com的请求。DNS服务器经过查看缓存或递归后得知www.abc.com对应的A记录有两个，分别是192.168.1.100和192.168.2.10；经过DNS服务器的对比分析，客户端192.168.1.10/24得到的回复始终第一个是192.168.1.100，第二个是192.168.2.10。

例2：如果来自192.168.1.10/24的客户端向DNS服务器发送一个www.abc.com的请求。DNS服务器经过查看缓存或递归后得知www.abc.com对应的A记录有两个，分别是192.168.10.5和192.168.20.10；经过DNS服务器的对比分析，这两个IP地址都不在Sortlist规定的优先返回列表中。故Sortlist的排序功能不再对其生效；客户端192.168.1.10/24得到的回复始终是192.168.10.5、192.168.20.10循环排在第一位（轮询机制）。

例3：如果来自192.168.2.10/24的客户端向DNS服务器发送一个www.abc.com的请求。DNS服务器经过查看缓存或递

归得知www.abc.com对应的A记录有两个，分别是192.168.1.10和192.168.3.100；经过DNS服务器的对比分析，客户端192.168.2.10/24不在Sortlist配置客户端范围之内，故Sortlist的排序功能对其无效，客户端192.168.2.10得到的回复结果是192.168.1.10、192.168.3.100循环排在第一个位（轮询机制）。

在本网DNS上通过对Sortlist的设置，可将本网所有用户IP地址设置为规定客户端的范围，将本网内容资源IP设置为优先返回的资源记录范围，将对等网络内容资源IP设置为次优先返回的资源记录范围，将外网内容资源IP设置为最后返回的资源记录范围。当DNS服务器收到客户端的DNS查询请求时，本网DNS服务器会对比用户IP是否满足Sortlist中的规定，当用户IP落在规定的范围之内并且本网DNS服务器经过查询得知请求域名对应A记录在Sortlist规定的优先返回资源记录范围之内后，触发DNS服务器的排序功能，使本网DNS实现对ICP或CDN运营商授权服务器返回IP结果的判断和排序，将其中属于本网或属于免费互联网的解析结果优先返回用户。用户终端默认使用第一个结果进行访问，从而解决部分用户跨网访问的问题。

Sortlist导向如图4所示。

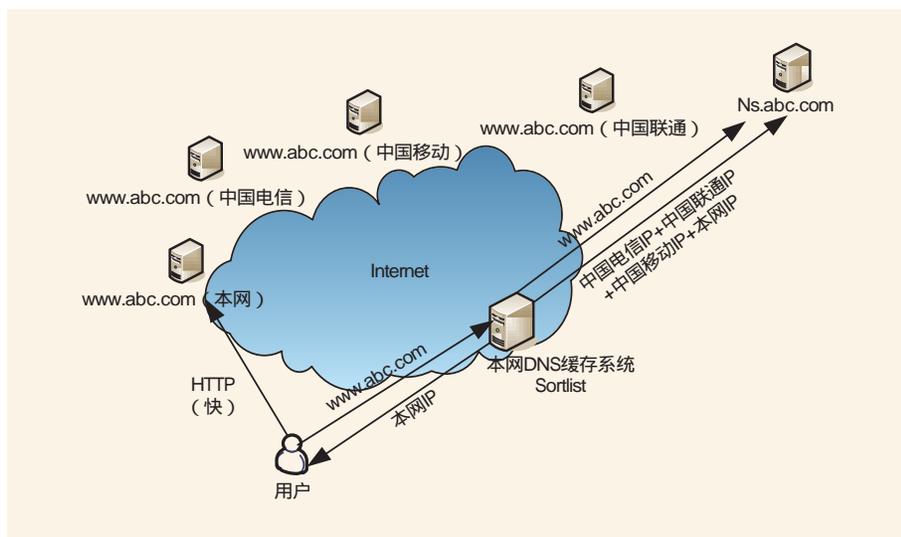


图4 Sortlist导向

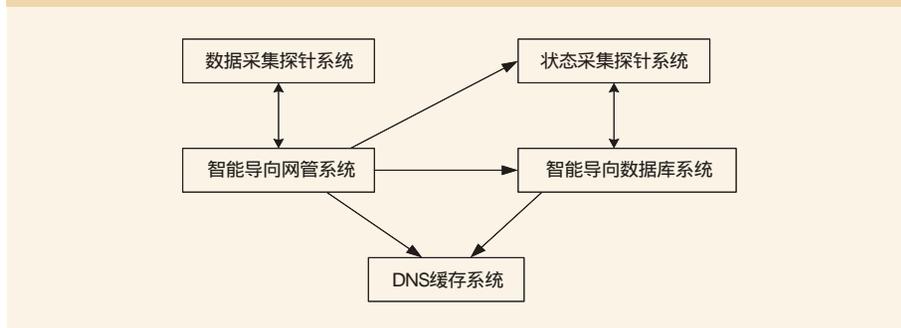


图5 DNS智能导向系统架构

3.1.2 DNS智能导向系统

针对全部用户跨网访问问题，需要建立一套DNS智能导向系统来解决。该系统基于DNS域名采集、状态探测、结果分析、策略导向等功能实现域名的优选判断机制，根据内容资源调度需求引导用户优先访问网内或免费互联资源。

(1)系统功能

DNS智能导向系统由5个功能系统构成：数据采集探针系统、状态采集探针系统、智能导向网管系统、智能导向数据库系统和DNS缓存系统。DNS智能导向系统架构如图5所示。

• 数据采集探针系统

数据采集探针系统由多台服务器组成，这些服务器需要部署在不同的运营商网络内，按照智能导向网管系统的策略，进行相关域名在各运营商网内解析结果的数据采集工作，并将结果返回给智能导向网管系统。

• 状态采集探针系统

状态采集探针系统由部署在运营商本地网络的多台服务器及其相关软件组成。状态采集探针系统将按照智能导向网管系统提供的域名信息和监测策略，对相关域名解析结果执行状态监测，并将状态良好的结果通过智能导向数据库系统

提供给用户。

• 智能导向网管系统

智能导向网管系统是智能流量导向系统的核心，负责导向列表的制定和数据采集工作，并将状态采集的内容和策略发送给状态采集探针系统。另外，还需要控制DNS缓存系统，使其按照策略的要求，从智能导向数据库系统上获取最终的结果。

• 智能导向数据库系统

智能导向数据库系统可以提供按策略导向后的所有域名解析结果。这些结果的状态更新通过状态探针系统进行维护。DNS缓存系统将会从该系统上获得相关域名按策略导向后的解析结果，并返回给用户。

• DNS缓存系统

DNS缓存系统按照智能导向网管系统的要求，从智能导向数据库系统上获取相关按策略域名导向的解析结果，并返回给用户。

(2)系统部署

DNS智能流量导向系统部署如

图6所示。具体部署时，DNS智能流量导向系统的5个功能系统主要由三组硬件服务器实现。分别是部署在网内的智能导向网管服务器、DNS缓存服务器，及部署在网内和其他主要互联网运营商网内的域名解析探针服务器。以上三组服务器分别实现的功能如下。

• 智能导向网管服务器

根据管理员输入域名解析列表，依据既定的规则向探针服务器发送域名解析和可用性测试任务；收集整理解析和测试结果；制定流量导向策略；向DNS缓存服务器下发导向配置。

• DNS缓存服务器

接收来自智能导向网管服务器下发的导向配置；响应用户的DNS解析请求；向上级DNS服务发起递归查询，并将查询结果缓存。

• 域名解析探针服务器

接收智能导向服务器下发的探测任务；对初始域名列表进行本网内的解析拨测；对需要流量导向的域名进行定期解析拨测；向智能导向网管服务器上报告测试结果。

(3)系统导向实施

根据网内域名解析引导需求和DNS智能导向系统运作流程，完成DNS域名解析智能导向主要涉及以下工作。

建立域名列表：根据网内引进内容资源整理出需要导向的域名列表，域名为网内内容域名。

实施域名拨测：将域名列表批量或单个手工输入DNS

流量导向服务器，服务器对输入的域名进行解析拨测，根据解析结果判断域名解析结果IP归属是本网还是外网，解析结果为外网IP的域名需要进行域名探测。

实施域名探测：DNS导向网管服务器把需要导向域名，即网内资源被解析到网外的域名下发至部署在各运营商网内的探针服务器，由探针服务器发起对这些域名的解析拨测，并将探针拨测结果上报给DNS导向网管服务器。

实施域名导向：DNS导向网管服务器会将探针上报的域名解析结果进行汇总和筛选。筛选规则可以将本网地址优先级设定为1级，对等互联网内地址优先级设定为2级，其他成本较高出口的相应网内地址优先级设定为3级；也可以根据域名实际情况手动指定某个域名的解析地址，手动操作优先级是最高的。

实施状态跟踪：为保障导向域名的可用性，需定期对导向域名进行可用性解析拨测，主要是对导向域名的HTTP或Ping拨测，并将拨测结果上报智能导向网管服务器。

实施波动域名分析：智能导向网管系统能够对指定域名的解析结果变化情况进行跟踪监测，当发现搜集到的指定域名解析结果出现新增、减少或变更时自动生成报告信息并提示管理员。

实施DNS缓存同步：通过智能导向网管平台与本网缓存DNS系统接口实现对指定域名解析结果的策略控制和数据同步。当用户提出对指定域名的解析请求时，缓存服务器按

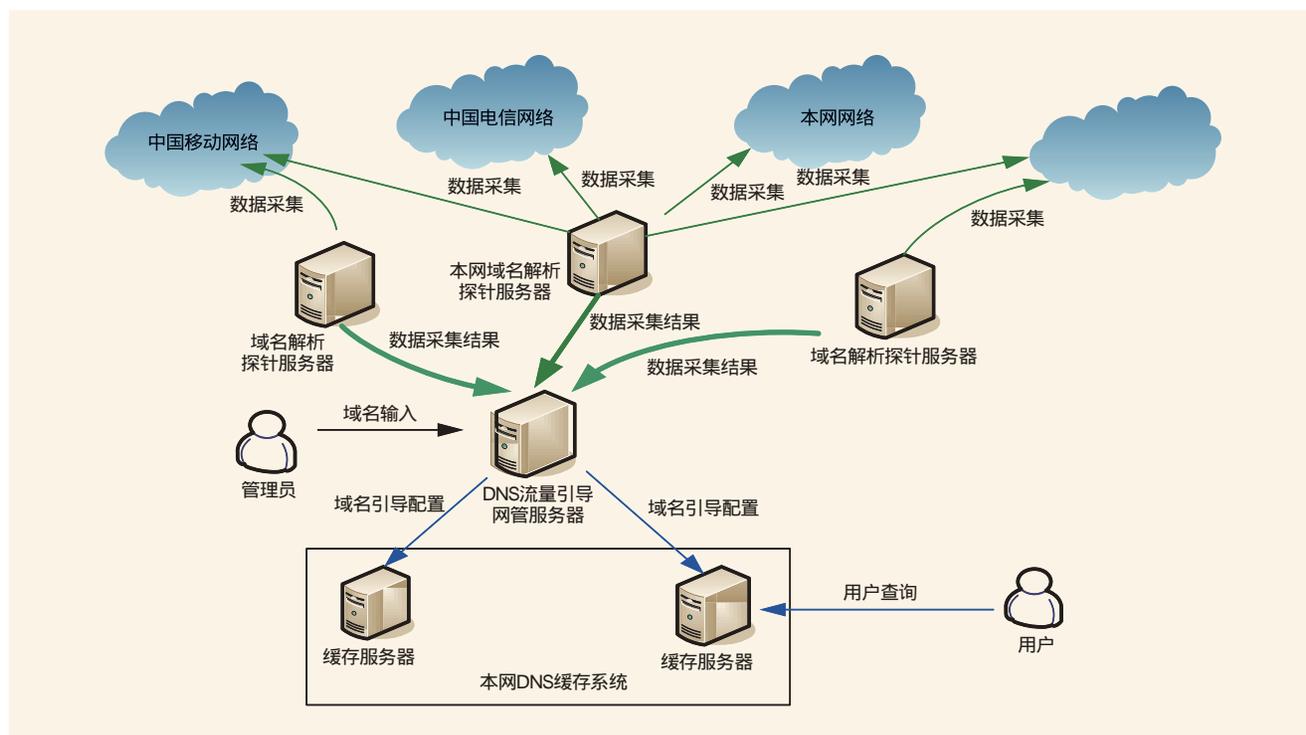


图6 DNS智能流量导向系统部署

照智能导向系统预设策略向用户返回解析结果。

实施域名导向正确率分析：为监控智能导向的稳定性和评价导向效果，系统会定期对导向正确率进行分析。当系统搜集到的解析IP地址中存在与预期网络归属相匹配的条目，并能够通过缓存服务器稳定地向用户返回该解析结果时，即视为该指定域名导向正确。能够获得正确解析结果的指定域名占指定域名总数的比率即为域名导向正确率。

3.2 用户侧优化技术

针对用户侧被设置为外网DNS IP地址导致本网DNS策略失效的问题，可通过在省网实现DNS导向优化功能解决。省网DNS优化引导架构如图7所示。具体优化技术方案如下。

(1)设置DNS导向优化服务器

在省网核心层设置DNS导向优化服务器，负责实现将外网DNS解析请求引导至本网DNS进行处理。

(2)分离引导外网DNS解析请求

在省网核心路由器启用策略路由，拦截用户对外网DNS的访问请求；将非本网UDP 53端口流量与其他流量进行分离，并将其引导至设置于省网核心层的DNS导向优化服务器。

(3)响应外网DNS解析请求

在DNS导向优化服务器上安装Linux操作系统和BIND软件，设置为DNS缓存模式。通过iptables功能将用户请求的目标DNS地址修改为本网地址，并对用户请求域名进行解析，再将应答报文的源地址修改为用户请求的目标DNS地址，向用户返回解析结果。

以上操作不需要对用户端进行任何修改，即可将用户侧的外网DNS地址修正为网内DNS地址。

用户侧的DNS导向优化通过以下工作实现。

- (1)测算外网DNS解析请求量并确定导向优化服务器处理能力。
- (2)合理设置导向优化服务器。
- (3)制定优化引导策略。
- (4)系统上线前、后测试。
- (5)上线后系统日常运行数据的监测分析。
- (6)定期优化导向策略。

4 优化效果

(1)DNS智能导向系统应用效果

导向前，本网DNS系统对网内资源域名解析结果显示在网率小于86%，而且存在非常严重的波动性；导向后，域名解析结果显示在网率能稳定保持在99%以上。域名导向前后对比见表1。

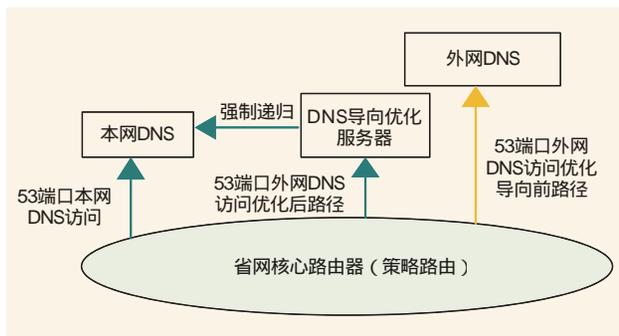


图7 省网DNS优化引导架构

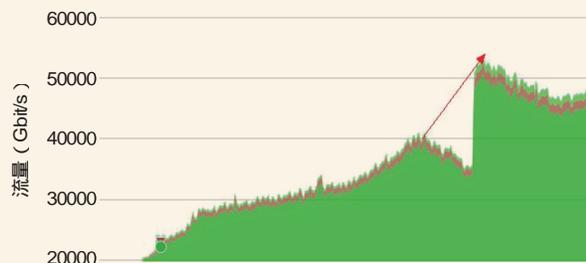


图8 DNS请求量变化

表1 域名导向前后对比

测试情况	导向前在网率	导向后在网率
第一轮	82.91%	99.78%
第二轮	83.52%	99.78%
第三轮	84.43%	99.78%
第四轮	85.56%	99.78%

(2)用户外网DNS优化引导成功

通过使用nslookup命令，指定使用外网DNS解析验证优化效果，结果显示，优化前解析出中国电信地址，优化后解析出网内地址。DNS响应时延由40ms左右缩短至10ms。

(3)本网DNS请求量增加

用户侧DNS优化后，外网DNS请求被引导转化为网内DNS请求，网内DNS请求数量明显增加。DNS请求量变化如图8所示。

5 结束语

本网通过在网络侧和用户侧采取针对性的DNS导向优化技术，整体上实现对用户域名解析的正确引导，使得用户能够按照本网DNS引导策略优先访问网内或免费互联出口的优质内容资源，大大提升用户体验，有效控制出口成本。同时，由于掌握了DNS域名解析的主导权，后续可以根据流量经营策略快速、便捷地实现内容资源访问的优化调度。

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

VxLAN技术在vBAS规模部署中的应用及管理

刘青¹ 吕卫东¹ 肖柏² 束栋¹ 吕尤²

1. 中国电信股份有限公司江苏分公司

2. 中国电信江苏公司无锡分公司

摘要

首先介绍江苏电信vBAS试点工作，并指出城域网引入VxLAN技术的必要性；结合接入网现存的问题，提出接入网优化方案；将城域网引入DCSW和vBAS改造工作相结合；最后提出现网规模部署VxLAN后面面临互通以及资源管理问题，给出江苏电信目前的解决思路以及实现方式。

关键词

城域网 Overlay NFV vBAS DCSW VxLAN

1 vBAS试点及规模部署进展

近年来SDN、NFV及云技术不断演进和完善，电信行业的建设迎来一波新的技术演进，这一轮的技术革新带来传统IP网络架构颠覆性的改变。中国电信紧跟时代潮流，积极推进各类新技术的引入和实践，明确CTNet2025的战略目标。江苏电信率先实践城域网数据中心化架构规划，并从城域网业务控制层切入，着手开展城域网虚拟化的尝试。

NFV的优势体现在业务丰富、能力灵活，而城域网业务控制层硬件BAS正好是城域网业务展现点，NFV从BAS切入既考虑到发展方向，也考虑到引入现网的现实意义。江苏电信已规模应用NFV化的vBAS承载小流量高并发的业务，vBAS构建共享资源池，解放硬件BAS的会话处理能力。

vBAS资源池承载小流量高并发业务经历严格的功能、性能和后台对接测试，并从运维角度完成IT与CT融合运维验证。目前，江苏电信无锡城域网构建两个核心数据中心，构建电信级vBAS资源池，已经稳定承载10万ITMS业务，不仅服务于无锡市，还会辐射苏北地区。预计2017年底，资源池承载业务量将达到120万。

2 引入VxLAN的必要性

vBAS小流量高并发业务组网中传统设备需要与资源池建立通道，如采用传统的二、三层隧道方式，配置将会很复杂，VxLAN技术完美地解决这个难题。通过在现有QinQ外打上一层VxLAN Network ID能够将原本重复的QinQ内外层VLAN重新区分和标识，从而在整个城域甚至跨城域范围内实现完全无重复的二层网络。

2.1 VxLAN技术

VxLAN技术是在UDP中封装MAC的简单机制，可以创建跨多个物理IP子网的虚拟二层子网。

不止一种标准可以在IP中封装MAC（包括Ether Over IP和GRE通道桥接），但是都无法做到扩展VLAN逻辑标记，因此只能使用最多4096个不同的VLAN。另外，即使可以使用这些标准的技术分隔逻辑网，也必须深入分析MAC头信息，以查找出虚拟分片ID，而VxLAN通过一个24位分片ID，能部署上千万个虚拟网。

2.2 NFV技术与VxLAN联动

根据上文阐述，二级架构中有两种隧道可实现流量牵引。对比两种技术，VxLAN隧道将业务引流至vBAS比传统MPLS L3 VPN更有优势。

VxLAN可以将二层位置、业务等信息透传至vBAS资源池，对用户精准定位。同时，VxLAN隧道仅需要配置隧道起点及终点设备，中间设备无需配置，节省大量维护、人工成本。

结合VxLAN隧道业务承载模式如下。

- 城域网DCSW（数据中心级交换机）与vBAS资源池之间建立VxLAN隧道。POP点虚拟交换机每台虚拟机和省集中vBAS侧汇聚交换机配置Loopback地址用于建立VxLAN隧道。

- POP点虚拟交换机双挂现网MSE/BAS，和vBAS侧HJSW（汇聚交换机）之间具有两条转发路径，实现在两条路径上负载分担。

- 上行方向，在POP点虚拟交换机连接OLT聚合端口，通过匹配业务QinQ报文内外层Tag，将报文剥离内外层Tag

并打上VxLAN标签，封装进入VxLAN隧道。在vBAS或者vBAS侧HJSW的出口处剥掉VxLAN标签，还原成vBAS侧统一规划的QinQ报文转发到vBAS。

- 下行方向，在vBAS或者vBAS侧HJSW连接vBAS接口，通过匹配业务QinQ的内外层Tag，将报文打上VxLAN标签，封装进入VxLAN隧道。在POP点虚拟交换机出口处剥掉VxLAN标签，还原成QinQ报文转发到OLT。

- 针对不同类型的业务，分别配置逻辑上独立的vBAS资源，从而保证业务之间独立运营，简化运维管理和升级的复杂度。

缺点：传统交换机对VxLAN技术支持度较低，不具备VxLAN能力。

3 城域网汇聚层设备VxLAN支持现状

3.1 城域网汇聚层存在问题

由于设备数量庞大、老旧设备多等客观原因，目前城域网接入层网络存在不少隐患。

- 网络可靠性差，链路及端口利用率低。
- BAS以下为二层网络，链路和设备之间无法相互热备份，仅能通过手工方式切换，设备和链路利用率低，单点故障较多。

- 随着接入带宽规模提速，OLT上行逐步采用2条或多条10GE链路，传统HJSW的10GE端口密度比较低，无法满足提供大量的10GE接口需求。

- 现有HJSW性能弱，端口密度低，数量非常庞大，且因为局点比较分散，所以在维护和管理方面非常麻烦。

- 目前现网仍存在OLT单挂情况，网络的可靠性低。

某些地市为了解决汇聚层设备老旧的问题，采用OLT直挂BAS的架构，此种架构也存在一些问题。

- 占用大量业务控制层端口及光纤资源。

采用直挂方式，每OLT需消耗4个10Gbit/s业务控制层设备万兆端口，但实际流量远小于10Gbit/s；且多上联链路需消耗大量的城域网光纤资源，投资成本高。

- 组网灵活性差，可靠性差。

上行链路之间承载不同的业务，相互之间无法自动备份，任何一根链路或端口出现故障则业务中断，需进行手工切换。

3.2 DCSW对现有网络问题的优化

江苏电信为了解决城域网接入层与传统汇聚层设备的上述问题，已大规模引入DCSW。DCSW提供高密度、大容量、严格无阻塞的网络平台，虚拟化技术的部署可提高网络资源动态调配能力，在简化网络架构的同时提升业务汇聚节点的可靠性。

DCSW针对城域网汇聚层设备问题进行优化，具体如下。

- 适合业务突发情况

DCSW提供200ms的缓存能力，能更好地吸纳突发流量，满足城域网视频业务、4K业务发展的需求，能够解决传统HJSW缓存能力不足的问题。

- 解决现网抖动问题

CLOS架构采用信元切片转发，抖动更低，能满足现网中各种业务大包、小包流量混跑，解决传统设备抖动加剧、视频业务受影响等问题。

- 高密度交换机

城域网单用户流量加剧，OLT上行万兆化已成趋势，传统HJSW万兆密度低，如果OLT直挂BAS，建网成本高。

- 解决VLAN数量不足

城域网外层可用VLAN较少，使得HJSW下带OLT数量有限。DCSW具备的虚拟化技术（包括设备间N:1虚拟化的智能弹性架构IRF和设备自身1:N的网络设备虚拟化技术MDC），可解决城域网外层VLAN不足的问题。

- 充足容量

不低于86TB的交换容量，适应流量快速增加的趋势，保护设备投资，无需频繁更换硬件平台。HJSW的容量交换限制业务可持续发展。

- 新特性支持能力

DCSW具备各种新特性，特别是VxLAN技术和SDN技术的引入。凭借VxLAN技术，能够在广域范围内建立一个端到端的大二层网络，实现多个地市城域网用户的统一纳入管理，从而解决传统硬件BAS集中化程度不够的问题。

SDN技术能够提供一个更开放的接口，通过对此接口的调用，匹配现有城域网流量模型，能够实现对于每一个业务的定制化控制，以及每一个节点的流量控制和流量工程。

4 现网应用以及资源管理

目前江苏电信现网主要的DCSW型号为华三S12500系列、华为CE12800系列等。VxLAN引流至ITMS资源池方案涉及异厂商VxLAN互通。由于POP边缘设备未来倾向于采用标准化、多厂商设备，甚至未来实现白牌化，因此VxLAN的互通能力是城域网解除厂商绑定的一个重要工作。前期互通组网方案在集团研究院经过测试，在省公司现网部署还需要一个过程。江苏电信的业务发展推动着省公司运维向前迈进一步，在省内已经完成数据面互通对接尝试。

4.1 VxLAN数据面互通测试

在此背景下，江苏电信现网测试华三与华为设备VxLAN在数据平面二层的互通性。

测试功能见表1。

表1 测试功能

华三S12508F-AF与华为CE12808S对接	单层VLAN报文封装VxLAN互通性测试
	QinQ报文封装VxLAN互通性测试
	untag报文封装VxLAN互通性测试
	vtep基于VLAN报文封装QinQ、再封装VxLAN互通性测试
	vtep入向剥离VLAN、出向封装VLAN互通性测试
华三S12508F-AF与华为Cloud BRAS对接	单层VLAN报文封装VxLAN互通性测试
	QinQ报文封装VxLAN互通性测试
华三vBRAS与华为CE12808S对接	单层VLAN报文封装VxLAN互通性测试
	QinQ报文封装VxLAN互通性测试

4.2 VxLAN现网部署规范

VxLAN隧道大规模应用引入另一个课题，即如何分配VxLAN资源。目前主要有两种方案。

方案一：类似地址池资源，VxLAN资源池随用随取，动态分配。

方案二：地址池根据交换机、OLT、业务等进行编号。

方案一优势在于分配更为灵活，VxLAN资源利用率更高。

方案二优势为能够标识VxLAN起点交换机和OLT等，便于故障定位。

综合考虑以上两种方案，江苏电信从维护的便捷性、资源的可管理性等多个角度考虑，采用方案二。

4.3 VxLAN规模部署的管理

无论是何种方式，均涉及VxLAN资源管理。资源管理模块涉及自动分配以及查询两个基本功能。

目前江苏电信建设了VxLAN网管系统，主要包括两个模块：自动分配模块和资源查询模块。

(1)自动分配功能

根据虚拟机IP地址、OLT地址、业务类型等信息自动分配VxLAN-ID，选填终点和备注信息后自动分配VxLAN号。

(2)VxLAN-ID查询界面

输入VxLAN-ID，呈现该VxLAN-ID是否已被分配，以

及DCSW设备信息、虚机信息、下挂OLT与承载业务类型，并包含备注。

同时应该具备段查询功能，只输入VxLAN的前4位、前5位、前6位就能查询匹配到的所有VxLAN信息。

从故障处理的角度考虑，查询功能应具备如下几个方面。

- 多维度查询功能，不仅可以通过VxLAN-ID，还可以通过虚拟机IP、OLT IP、vBAS等维度查询。

- 历史纪录查询结果的页面，选择日期后展示所有的查询结果。

- 多ID同时查询功能，以逗号区分，同时输出结果。

- 具备Excel批量导入查询功能。

VxLAN已经成为Overlay技术中的主流技术，在数据中心场景中大规模使用。随着云网融合不断深入，电信级云NFV化和随选业务在城域网开始广泛部署VxLAN。江苏电信还将持续推动VxLAN作为城域网承载基础特性，制定业务承载部署方案、发布技术规范，牵引异厂商数据面和控制面的互通。

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

刘青

现就职于江苏电信网络操作维护中心，主要从事IP网络维护优化工作。

吕卫东

现就职于江苏电信网络操作维护中心，主要从事IP网络维护优化工作。

肖柏

现就职于无锡电信网络操作维护中心，主要从事IP网络维护优化工作。

束栋

现就职于江苏电信网络操作维护中心，主要从事IP网络管理工作。

吕尤

现就职于无锡电信网络操作维护中心，主要从事IP网络维护优化工作。

Segment Routing技术及其应用分析

刘 强¹ 石 磊²

1.中国联合网络通信有限公司河北省分公司

2.中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司

摘要 SDN技术在未来网络重构中具有较明显的优势。Segment Routing作为IP路由技术的继承和创新，与SDN架构有机结合后能够很好地解决因为网络规模过大造成的控制层面压力过大问题。文中介绍Segment Routing技术的产生背景、技术优势和基本原理，并探讨其在通信网络中典型的应用场景。

关键词 Segment Routing SDN

1 SDN发展趋势及分段路由产生背景

近年来，以SDN（Software Defined Network，软件定义网络）技术为基础的新一代网络架构已成为通信行业高度关注的热点。SDN倡导的开放式网络代表从网络应用适应网络能力向网络能力主动适配网络应用需求这个网络建设理念改变。转发与控制分离、集中的控制层面、开放的网络编程接口是SDN网络架构的主要特征。

2008年提出的OpenFlow促进第一代SDN热潮，大家都想用OpenFlow（ACL）实现网络中应用流量的控制。但这种演进方式扩展到广域网和运营商网络时遇到了不少困难，其中一个重要问题是OpenFlow对网络抽象不够，网络设备中的状态信息随应用数目呈指数增长，因此无法在广域网中得到大规模部署。并且OpenFlow控制的网络往往需要控制器控制路径中的多个关键设备，网络中的“触点”过多，导致运维困难，信令压力增大。

Segment Routing（分段路由，以下简称“SR”）就是在这样的背景下，由IETF推动的支持SDN架构的新型路由转发协议。采用SR作为传输协议的时候，SDN控制器仅仅需要跟网络中的“头节点”进行通信，在源路由器上已经通过携带多个标签，定义好完整的路径信息。因此网络中的“触点”仅有一个，就能影响到这个应用流量的转发，同时网络设备中网络状态信息完全跟承载的应用业务无关。采用SR技术可以轻松地为百万级别的应用在头端（source）路由器选用不同的路径，同时保持核心设备没有任何应用状态。

2 传统承载网络存在的问题

传统的业务承载网络包括CE、PE、P等路由器，通常

采用OSPF/ISIS作为IGP协议，MP-BGP传递VPN信息，LDP分发标签以及采用RSVP-TE特定应用或目的地的流量工程和带宽预留。这种网络架构存在以下问题。

- (1)基于目的地址的转发机制，不能基于每个源端的需求。
- (2)源路由器在满足特定应用的带宽和延时需求时，不能动态实现（通过RSVP-TE可以实现，但是通常是静态的，而非动态的）。
- (3)所有的信令是逐跳产生和传递的。
- (4)在任一链路拥塞时，不能自动地调控流量路径。
- (5)为了提供保证性的带宽，需要部署全连接的RSVP-TE，不管是网络的核心层、接入层还是整个SP网络，资源非常浪费。
- (6)关注某个应用时不能了解该应用与网络之间的链路情况。

3 SR基本原理

SR属于源路由，可以使现有的IP/MPLS网络获得更佳的可扩展性，并以更加简单的方式提供TE、MPLS VPN等功能，能够为网络提供和上层应用快速交互的能力。

和MPLS网络类似，SR也是以标签交换为基础。但是和MPLS网络需要依靠LDP、RSVP等外部协议实现标签的分发、TE等功能不同，SR只是对现有的IGP协议进行简单的扩展，就可以实现TE、MPLS VPN等功能。

在SR网络中，通过Segment表示网络前缀。在IETF当前版本的草案中，定义了两种Segment：Nodal Segment和Adjacency Segment。

Nodal Segment是全局标签，每一个节点都会分配全局

唯一的Nodal Segment，通常使用Loopback接口的地址。

Adjacency Segment是本地标签，在本地有效，用于表示特定的SR节点（不需要全局唯一）。

SR拓扑如图1所示。假设所有路由器都启用基于链路状态的IGP协议，链路都有相同的metric。每一个SR节点都有自己的Nodal Segment，并通过IGP协议通告其他节点。每一个SR节点通过IGP协议可自动建立表示到其他SR节点最短转发路径的一组Segments（类似于MPLS标签栈）。Adjacency Segment则和通往某一邻接设备的下一跳节点相关联。

将Loopback地址作为每个节点的全局标签（Nodal Segment），其他SR数据层面的节点都会接收这一信息。如图1所示，节点B的Nodal Segment是80，节点S和R就使用80计算到达B的路径。E为B-F之间的链路分配Adjacency Segment 10000（本地有效），并通过IGP通告出去。

通过上述示例可以看到：将Nodal Segment和路由前缀相关联，可以通过最短路径到达任意节点，而转发路径是一条还是等价多路径负载均衡，则取决于网络的IGP拓扑。

使用Nodal Segment进行选路如图2所示。节点R通过IGP通告自己的Nodal Segment 70给其他节点。如果S要到达R，使用Segment 70进行选路（源路由），Segment 70代表的转发路径集成了IGP协议的ECMP属性。在报文转发过程中，S为报文标记Segments列表{70}，在节点B和D，因为R是其直连节点，Segment 70将从列表中弹出，然后按照IGP转发路径把报文发给R。

使用Adjacency Segment进行选路，如图3所示。通过使

用Adjacency Segment可以引导流量经过特定的节点和端口。如果S希望通过B和D之间的链路到达R，那么在转发路径的源节点使用{71, 10000, 70}的Segments列表。首先S通过IGP路由把报文发给71所代表的B节点。当报文到达A节点时，因为B是A节点的下一跳，所以A节点会将71弹出，然后将报文发给B。B节点会根据Adjacency Segment将报文发给D，然后D使用IGP路径把报文转发到R。

4 SR与SDN的结合

SR技术能够与SDN技术很好地结合起来使用，可通过业务应用、SDN控制器和支持SR的网络协同工作，实现业务需求的快速部署，其逻辑架构如图4所示。

首先，需要业务应用将带宽、延迟、SLA和首选路径需求等传达给SDN控制器。

然后，由SDN控制器收集网络基本信息及数据，如拓扑、链路状态等。SDN控制器综合统筹应用的需求和网络的整体状态，然后为该应用规划出所需的网络路径，并编码为分段列表。

最后，SDN控制器在第一跳路由器处编程单个流状态。指定的流被分类，并且将分段的列表插入到MPLS报头中。从此刻起数据流将按照预先规划好的路径进行端到端传递，期间不再需要对流进行任何进一步编程，也不需要重新分类或策略路由。如果网络状态出现变化或策略需要改变，由SDN控制器重新计算网络路径，并更新分段列表，在前面的第一跳路由器处重新编程单个流状态的分段列表。网络的其他部分不需要改变。

5 SR的典型应用场景

根据SR的技术特性，其典型的应用场景如下。

路径分离服务：针对某业务或某场景的特定情况，有时希望流量走到一些特定的路径上去，利用SR技术可以非常方便地实现。路径分离示意如图5所示，某骨干网采用双平面架构，通过SR路径规划能够实现城域网1与城域网2之间流量选择A平面转发，城域网3和城域网4之间流量选择B

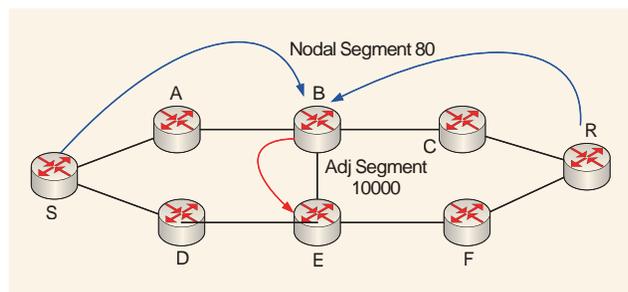


图1 SR拓扑

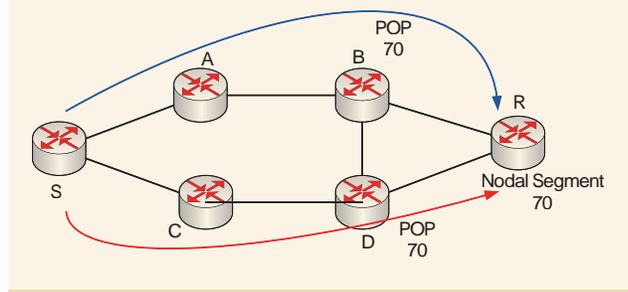


图2 使用Nodal Segment进行选路

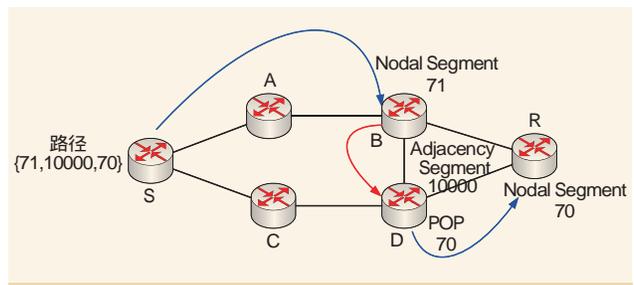


图3 使用Adjacency Segment进行选路

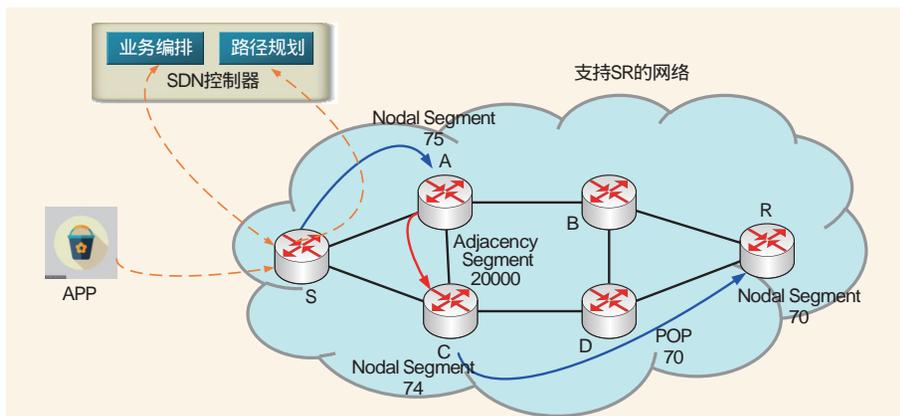


图4 SR与SDN的结合

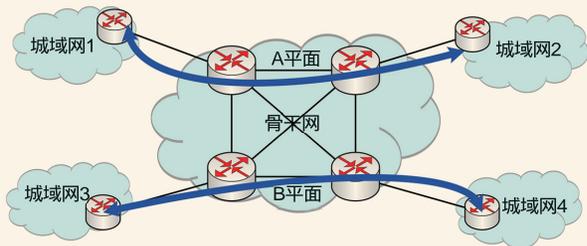


图5 路径分离示意

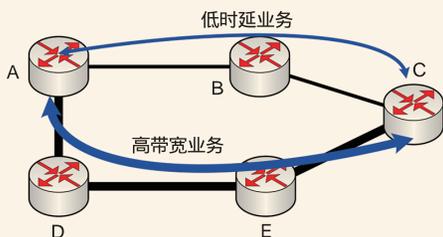


图6 智能选路示意

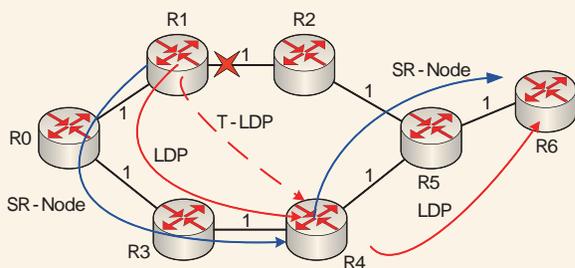


图7 SR-FRR示意

平面转发。

智能选路：SR能够针对每一种业务“量身定制”不同的路径，真正实现“业务驱动网络”的理念。智能选路示意如图6所示，A-B-C路径带宽相对较低，但时延更短，可规划给低时延的业务使用；A-D-E-C路径带宽高，可规划给

高带宽类业务使用。

快速重路由保护：SR可以独立提供FRR保护，而不需要依靠RSVP协议，从而更灵活地实现流量的动态保护。SR-FRR示意如图7所示。先假设这是基于LDP的网络，每条链路的metric数值都是1。R1对经过R2这个节点的流量进行保护。当R1与R2间链路出现故障时，R1需要R4为远程LFA邻居（也叫PQ节点），把被保护流量封装到隧道（LDP LSP）中，然后这条隧道终结到R4上。要达到这个目的，R1需要

知道R4所期待的数据包中包含的Label数值，R1需要和R4建立一个Targeted LDP Session才能实现，即R1从R4处借用R4通告的Label，并将此Label推送到被保护流量的IP报文中。但是如果在网络中做了Node Segmented 通告（如蓝色方块所示），R1从通告中就可以得知R4所需要的Label数值，这样就不需要建立Targeted LDP Session。

统一的端到端传输平面：利用SR-BGP能够非常容易地实现跨越多个自治域的端到端传输，即便中间有一些域并不支持SR，这样就能够将通信网络中的所有孤岛都打通，并从网络应用的层面实现对全网的精准控制。

6 结束语

SR技术非常巧妙地运用MPLS和IGP协议，大幅省略对标签分发协议的需求，简化协议和网络设计，使其获得几乎无限的扩展性。SR技术的适用场景非常广泛，在运营商、OTT网络以及服务器和操作系统等均可使用。未来随着技术的发展及标准化的进一步成熟，SR技术会得到更广泛的应用。

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

刘强

本科，毕业于北京邮电大学，工程师，现就职于中国联合网络通信有限公司河北省分公司，长期从事互联网新技术研究、数据网络规划及建设工作。

石磊

硕士，毕业于西安电子科技大学，高级工程师，现就职于中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司，长期从事数据通信专业的咨询与规划工作。

PON终端对接IP PBX典型故障分析与处理

林国强 王 鹏

中国电信股份有限公司广东研究院

摘要 通过现网收集的PON终端与IP PBX典型故障情况,在实验室进行故障复现、分析与定位故障,并给出故障处理建议,让一线维护人员迅速了解与掌握新终端、新业务的端到端的维护技能。

关键词 PON终端 IP PBX 故障定位与分析

1 PON终端演进

PON终端的产业链发展已经从单一厂商选择走向多厂商选择,从独家垄断走向社会化,从最早开始商用的SFU终端,拉开高速上网体验序幕,但因SFU终端存在采购价格高,不能实现异厂商OLT下混接开通,业务开通不能进行IT流程自动下发和家庭用户进网门槛较高等原因,逐渐被一种互通性的E8C终端取代。E8C终端对市场的定位是针对家庭客户使用,打破SFU的垄断局面,是PON终端走向社会化的第一步,相应的产业链越来越成熟。目前主流的芯片厂商有BCM、海思、MTK和Realtek,终端厂商除了原来华为、中兴、烽火和贝尔4大厂商之外,其他新的终端厂商在不断加入。鉴于互联网+的不断发展,如智慧家庭、智能家居和智能路由器结合在一起等的新产品、新业务迅速发展,中国电信集团推出一款智能终端——天翼网关(悦ME),该终端是在具备E8C终端目前所有功能的基础上开发的新产品,是取代E8C终端的主流产品。其能通过智能手机安装相应手机APP软件,通过插件的方式实现智能应用,如一键加速、游戏加速、网购加速等,还能通过天翼网关的Wi-Fi快联,提供智能家居的应用场景,如智能插座、智能遥控和环境监测仪等智能远程操作,实现互联网+智能路由器的功能,从而提升电信产品的可延续性发展并紧跟互联网+的潮流。因E8C、天翼网关(悦ME)均是定位家庭网关,相对的业务端口较少,对于一些高价值和多语音业务需求的政企客户,家庭网关终端无法满足。因此引入一种互通性的政企网关A8C,其与E8C终端的最大区别在于能提供多个以太网口、多路语音和较高的稳定性,基本满足一个小型的政企用户,目前主流的芯片厂商有Marvell和海思。PON终端演进线路如图1所示。

2 典型故障分析与处理

2.1 PON终端故障处理及收集注意事项

当终端出现大面积的故障时,谨记以恢复业务为最大原则,首先根据业务故障类型确定故障的范围,采用最快最有效的方法恢复业务正常使用。其次在处理故障时,务必要及时、准确记录相关关键的信息和处理步骤,以便后续对故障进行分析。需要收集的故障关键信息包括如下几个方面。

(1)故障终端的基本信息收集,包括终端类型(E8C、A8C、天翼网关)、厂商、型号、软件版本信息、硬件版本信息、业务WAN连接配置、端口绑定截图和业务开通注册进度条提示信息。

(2)上联OLT基本信息收集,包括OLT厂商、型号、软件版本信息、硬件版本信息、OLT的配置文件、网管告警信息以及OLT上联的BRAS端口、槽位信息。

(3)上联ITMS基本信息收集,包括ITMS厂商、终端注册LOID号、序列号、业务工单和TR069交互的报文。

(4)业务故障基本信息收集,包括必要的宽带、语音和iTV的错误码提示、与上层业务服务器交互的报文和详细故障现象的描述。

2.2 典型故障分析

2.2.1 故障现象

分公司反馈E8C终端或天翼网关承载IP PBX、云总机业务时,出现以下端到端的开通失败情况: E8C终端不能通过ITMS自动创建WAN连接通道;手动创建WAN连接通道成功,但是IP PBX获取不到1994VPN地址,只能获取到192.168.1.X地址,无法与ITMS或者IMS业务平台建立通信;

IP PBX能正常获取到1994VPN地址，但语音注册IMS服务器无响应；出现E8C终端创建的1994VPN通道等业务数据丢失等故障现象。

2.2.2 故障排查过程

- (1)收集异常设备的版本信息、设备配置文件。
贝尔终端I-120E-QT版本，软件版本：ASBGPON_

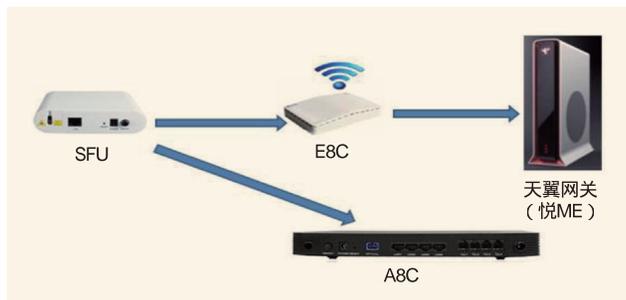


图1 PON终端演进线路

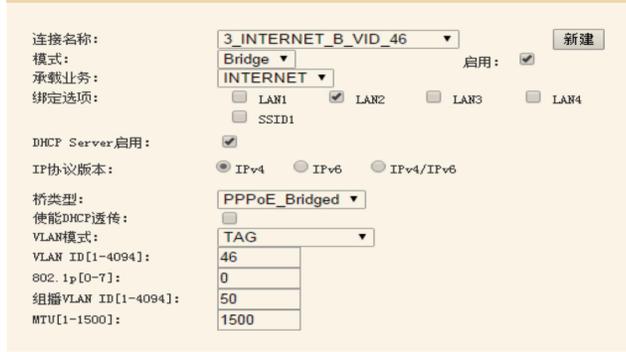


图2 光猫的WAN连接配置情况

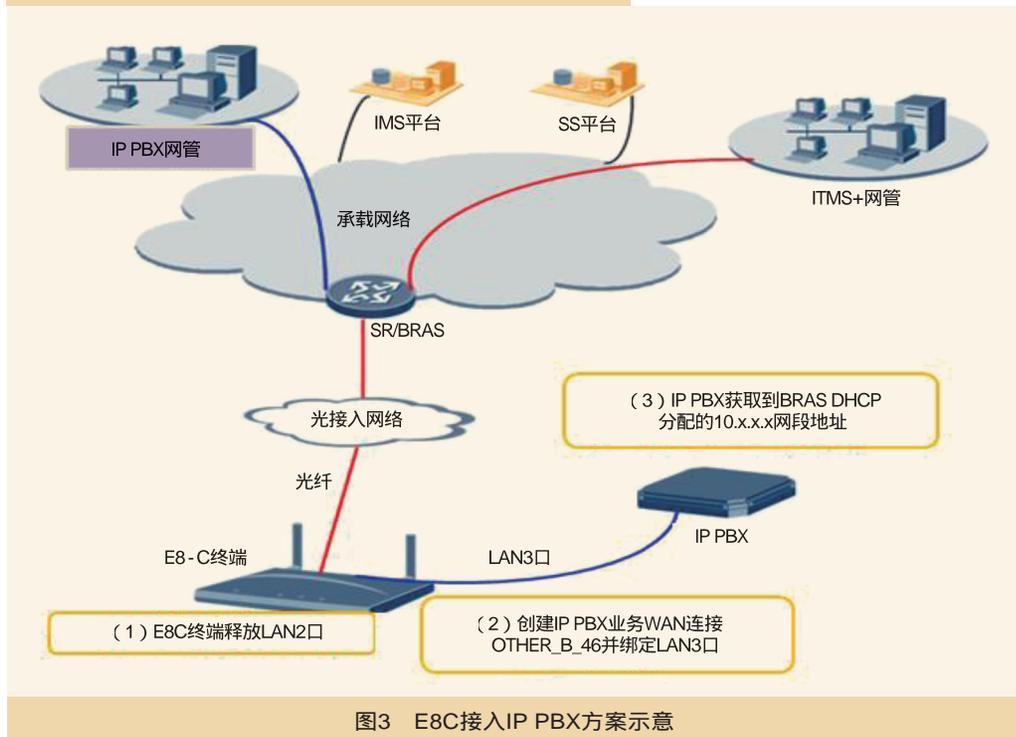


图3 E8C接入IP PBX方案示意

E8C_GD_V3.0.0，硬件版本：I120EQV3B1。

- (2)检查异常设备的版本信息是否通过省内入网测试。
 - 检查贝尔终端已通过省内版本入网测试，符合要求。
 - 检查上联ITMS平台对应的终端版本已绑定IP PBX的业务模板。
 - 检查上联OLT的Serviceport业务配置参数正确。
- (3)收集光猫的WAN连接配置情况，如图2所示。

2.2.3 故障分析和处理方法

E8C终端和天翼网关（悦ME）承载现状分析，因光改后很多铜缆的语音割接需求，因此需要E8C创建一条纯二层业务承载通道，给后面一级业务终端接入承载，如：IP PBX、云总机和宽带Wi-Fi等语音业务或新业务场景。其承载的原理基本一致，都是通过E8C终端在业务属性为OTHER桥接连接时，默认关闭本地的DHCP Server，启用DHCP透传功能后，能让后面一级接入的业务终端从BRAS上获取到DHCP分配的地址。E8C接入IP PBX方案示意如图3所示。

因此，通过此原理针对上述的故障现象分析和处理方法如下。

- (1)E8C终端不能通过ITMS自动创建WAN连接通道。
故障原因分析：要实现端到端的业务自动开通，需要IT系统做好以下预部署工作。在CRM受理时，查询资源系统有相关的资源可调用。如，E8C创建承载链路的业务开通关键参数，必须传递需要绑定的LAN侧端口号（LAN2、LAN3或者LAN4，缺省默认优先绑定LAN2）与IP PBX的LOID。

当ITMS系统收到SPS系统传递携带了业务开通关键参数的工单后，工单就会根据终端的版本关联IP PBX的业务模板，对发起注册的E8C终端进行自动施工。在终端先释放出被占用的LAN2端口，释放成功后再创建一条“OTHER_B_46”的WAN连接并绑定LAN2端口。终端在OTHER属性下缺省默认关闭DHCP Server，启用DHCP透传功能，这两项关键配置参数由终端自动适配，不需要人工干预或者ITMS进行下发。到此，端到端的IP

600	2016-0410.135.30.188	192.168.200.1	DNS	70	Standard query 0x0691 A ipecho.net
601	2016-0410.134.170.127	192.168.200.1	DNS	92	Standard query 0x5176 A bac18.dg.gd.ctcims.cn
608	2016-0410.135.30.188	192.168.200.1	DNS	83	Standard query 0x49fb A 6to4.ipv6.microsoft.com
611	2016-0410.135.30.188	224.0.0.252	LLMNR	66	Standard query 0x1e78 A isatap
614	2016-0410.135.30.188	224.0.0.252	LLMNR	66	Standard query 0x1e78 A isatap
633	2016-0410.135.30.188	192.168.200.1	DNS	70	Standard query 0x0691 A ipecho.net
634	2016-0410.134.170.127	192.168.200.1	DNS	92	Standard query 0x5176 A bac18.dg.gd.ctcims.cn
641	2016-0410.135.30.188	224.0.0.252	LLMNR	66	Standard query 0xde6 A isatap
642	2016-0410.135.30.188	224.0.0.252	LLMNR	66	Standard query 0xde6 A isatap

图4 域名请求分析

PBX业务承载通道自动开通基本完成。

处理方法：建议维护人员首先检查ITMS平台是否对此版本绑定IP PBX业务开通模板；其次，检查SPS系统是否传送业务开通工单；最后，检查E8C终端下发过程是否报错，如果出现9002、9003的错误代码或者注册进度条提示98%，基本可以定位终端与ITMS之间的问题，需要NOC维护部门查看具体报文的细节分析故障。

(2)手动或自动创建WAN连接通道成功，但是IP PBX获取不到1994VPN地址，只能获取到192.168.1.X地址，无法与ITMS或者IMS业务平台建立通信。

故障原因分析：出现这种情形有可能是E8C终端创建的WAN连接属性是INTERNET不是OTHER；其次电脑设置静态IP地址为192.168.1.X或者接错绑定的端口；另外一种可能是接入的电脑在终端MAC地址表没有老化，终端主动分配原来的地址给电脑使用。对于所有终端版本入网测试，实验室都会验证此项功能，验证结果都是不能获取192.168.1.X地址。该项要求在集团规范中明确规定“新建带“OTHER”关键字的WAN连接时，针对此WAN连接要求可以开启/关闭DHCP Server功能，默认关闭。”

处理方法：建议维护人员首先检查E8C终端网络菜单下的WAN连接是否设置为“OTHER_B_46”并绑定相应的LAN侧端口；其次，检查电脑网卡是否设置为自动获取IP地址；最后，对于MAC地址老化的问题，可以重启E8C终端释放MAC地址表解决。另外，实验室将完善版本入网测试对此业务通道的检查场景。

- 光猫上电，不接光纤，创建OTHER_B_46绑定LAN2端口，验证PC是否获取到192地址。
- 光猫上电，接入光纤，收光正常后，创建OTHER_B_46绑定LAN2端口，验证PC是否获取到192地址。
- 光猫上电，接入光纤，收光正常后，注册OLT成功，创建OTHER_B_46绑定LAN2端口，验证PC是否获取到192地址。
- 光猫上电，接入光纤，收光正常后，注册OLT成功和ITMS业务下发成功后，创建OTHER_B_46绑定LAN2端口，验证PC是否获取到192地址。
- 在已正常使用的基础上，模拟业务流突然中断，再到

恢复的过程，验证PC是否获取到192地址。

(备注：对于获取到192地址段的终端，请检查分配给PC侧地址的源MAC地址是来源于终端还是来源于上层的其他DHCP SERVER进行分配。)

(3)IP PBX能正常获取到1994VPN地址，但语音注册IMS服务器无响应。

故障原因分析：IP PBX能获取1994VPN地址，说明上层链路正常。通过抓包软件分析IP PBX向域名服务器192.168.200.1发起BAC18.DG.GD.CTCIMS.CN的域名请求均无回应，直接导致语音无法注册。域名请求分析如图4所示。

再详细查看E8C终端各项业务配置均是正常，但是在Web界面点击设备“注册按钮”没有提示“已注册成功，无需再注册”，说明E8C终端与ITMS之间的业务下发没有完成。根据集团规范要求“当业务下发状态为初始值或下发失败，并且用户在PC上启动网页浏览器访问网站时，向用户PC强制推送逻辑设备注册认证页面”，因此所有的DNS请求都会被重定向到终端的内部DNS，E8C终端重新与ITMS下发业务成功后，语音能正常注册，业务使用正常。

处理方法：建议维护人员首先检查E8C终端Web登录界面的“注册按钮”，点击后是否提示“已注册成功，无需再注册”，如果未提示，E8C终端必须重新与ITMS完成业务下发，注册进度条提示100%；其次，注意手动创建的所有业务WAN连接，最好都是在业务全部下发成功后才进行创建。

(4)出现E8C终端创建的1994VPN通道等业务数据丢失等故障现象。

故障原因分析：按照集团的规范要求“ONU掉电后配置数据不丢失功能”，因此所有的PON终端均符合掉电后重新上电保存的业务数据不能丢失。实验室入网测试暂时未发现此类情况发生。通过咨询一线维护人员具体的放装流程，部分分公司存在E8C终端的放装与IP PBX的放装不是同步进行的，这就有可能出现IP PBX厂商去放装时，发现终端没有配置成功，误以为数据丢失的现象。

处理方法：建议维护人员首先在E8C终端与ITMS下发业务成功后，用管理员的权限登录到终端Web管理界面，查

(下转68页)

基于TD-LTE的C-RAN技术解决方案

罗新军

江苏省邮电规划设计院有限责任公司

摘要 分析后4G时代网络建设存在的问题及挑战,研究C-RAN建设的优势及其网络架构特点,对C-RAN建设策略和思路进行深入探讨,并对其应用场景给出建议。提出多种C-RAN技术实现方案并对其优劣势进行对比分析,经过典型场景应用,验证方案的有效性和实用性,对C-RAN的发展趋势及部署策略进行展望。

关键词 C-RAN BBU池 彩光直驱 远端汇聚

1 概述

随着TD-LTE网络建设的不断深入和TD-LTE网络规模的形成,网络建设逐渐进入后TD-LTE时代。TD-LTE无线网络使用频段较高、基于宏微协同的异构网络等特点,使得网络中站点密集,站间协同困难、干扰大,频谱效率降低,建站成本越来越高。同时,频谱资源日益紧张,站址、天面、传输资源获取难度日益增加,网络干扰环境日趋复杂,网络建设面临诸多新的挑战。C-RAN是一种“绿色节能”的无线接入网络构架,主要基于BBU(Base Band Unit)集中放置,具有集中化、协作化、云计算化等特征,可有效解决目前TD-LTE网络建设中存在的建站难、建站成本高、能耗高等问题与挑战。为了节省网络建设成本、加快建设进度,越来越多的TD-LTE网络建设基于C-RAN部署,C-RAN建设将是后TD-LTE时代移动网络建设的重要方式。

2 后TD-LTE时代网络建设面临的问题与挑战

TD-LTE网络技术特点对网络深度覆盖提出了更高要求,其总体策略是构建基于宏微并举的异构网络。随着后TD-LTE时代的到来,TD-LTE宏微覆盖基本完成规模建网,形成宏覆盖、线覆盖、点覆盖的整体立体网络。然而,TD-LTE用户数量的猛增,用户分布的不均衡等,对网络的覆盖、容量、质量等指标提出了更高要求。黑点、难点、MR弱覆盖占比高等问题,使TD-LTE网络建设成为国内外的难题。

(1)站址资源获取困难。人们对基站建设敏感,抵制建站,选址谈判周期长,传输、电力、天面等配套建设困难,施工工期长,站点逼迁严重等问题都给站点建设带来困难。

(2)站点建设、运维成本高。站点租金越涨越高,分布

式(D-RAN)建站,需要租用或购买大量的站址资源,同时,大量的空调、设备,导致电费高;站点多且跨区域分布,机房及配套数量多,需要更多的人力、物力、时间参与运营和维护,造成运维困难、成本高。

(3)干扰控制困难。TD-LTE网络是基于D频、F频、微小基站的立体网络,站点密集,站间干扰大,频谱效率降低。

(4)协同困难。分布式方案难以为站间协同提供理想时延,基于CA(Carrier Aggregation)、CoMP(Collaboration Multi-Point)、Super Cell(超级小区)、D-MIMO(Distribute-MIMO)等功能的站间协同技术不易实施,难以有效降低干扰,提升网络容量;面对潮汐效应,难以实现基于负载的自适应资源分配,动态调度资源,提高资源利用率。

(5)网络演进困难。未来无线网络向云化、虚拟化方向发展,分布于各机房的BBU难以进行逻辑形式集中,不易于向未来演进。

后TD-LTE网络建设面临的这些问题与挑战,传统的分布式建设模式难以达到资源优化利用、网络干扰可控、网络平滑演进的要求。C-RAN方案则可有效解决这些痛点,采用以BBU集中化为基础的网络架构,通过减少机房、配套设施等减少建站难度,减少建设投资,节约运维成本,通过动态载波调度解决用户潮汐效应,提高资源利用率,通过BBU逻辑化实现站间协同,更易于向未来网络演进。基于C-RAN的建设已然成为当前网络覆盖及未来网络演进的主要解决方案。

3 C-RAN建设策略及思路

C-RAN具有鲜明的技术特点,通过集中式BBU池部署,扩展灵活,加快网络建设,提供更大带宽和更灵活的运营;多个小区间灵活进行协作调度、协作处理以及异构网

下的分层协作，对抗干扰，提高系统性能，易于实现CA、CoMP、Super Cell、D-MIMO等功能；引入标准IT硬件平台，通过云计算技术，构建“软”基站，支持多标准通信和各种应用层业务，增强系统灵活性、可扩展性；通过集中化共享配套资源，构建更低能源消耗、更低运维成本、更短建设周期的绿色无线接入网，基于负载的自适应资源分配，动态调度资源，提高资源利用率；未来无线网络向云化、虚拟化方向发展，BBU将以逻辑形式集中，C-RAN部署更易于向未来演进。

基于C-RAN的TD-LTE网络建设总体策略是构建C-RAN和D-RAN并存的协同网络，协同调度。D-RAN建设模式基于基带BBU分布放置，站间协同较困难，光纤资源需求较小，适用于光纤资源相对缺乏、机房条件一般的场景；C-RAN建设模式基于基带BBU集中放置，提供站间协同及理想时延，需大量光纤资源，适用于光纤资源丰富、机房条件较好的场景。C-RAN建设的关键是做好前期规划，制定相应的建设原则，包括确定C-RAN的建设范围、BBU集中区域划分、C-RAN机房选择、C-RAN机房配套资源规划、被搬迁基站机房及其配套资源的处理等，实现C-RAN结构布局合理、运行稳定、总体故障少、避免逼迁等目标。

C-RAN的建设思路主要基于网络需求、规划建设的原则开展。新建的室外站优先采用C-RAN架构组网，站点间距离较远的乡镇、农村站点，考虑到未来演进，可采用C-RAN架构组网；新建的室内站，在传输资源满足需求的情况下，优先采用C-RAN架构部署；对于在TD-LTE普遍采用的一体化微站，其集成了BBU、RRU及天线，不支持BBU集中，难以采用C-RAN部署；而对于现网站点，可根据设备能力、传输综合接入机房情况，逐步开展C-RAN架构改造。BBU集中区域划分时，边界划分要清晰，避免高度重叠区域，尽量选择界线明显的市政道路、河流等为界，C-RAN区域内的物理站点采用连续覆盖的方式，以提升网络性能，减少网络间干扰，考虑到资源需求及后期演进，需控制好BBU集中的数量。C-RAN机房应选择无逼迁风险、有足够扩容空间、具备发电条件及传输综合接入的机房；机房电力引入容量需满足无线、传输等接入系统需求，并为后续网络扩容及演进做好规划；机房空调能力需保障主设备、电源系统等设备的正常运行，并为后续网络扩容及演进做好规划；基站动环监控、防雷地网等配套原则满足相应标准。C-RAN主要适用场景包括：用户价值高、网络质量要求高、高重叠覆盖等的高价值核心区场景，利于多种新技术的使用，消除干扰，提高用户体验；采用拉远建设的新建无机房站、微小站补盲补热场景，节省BBU及其配套设备，利

于宏微协同、提高覆盖质量；利于实施Super Cell的高铁、高速、单一业主等独立场景。

4 C-RAN解决方案

C-RAN解决方案主要包括BBU池组网解决方案、同步解决方案、RRU (Radio Remote Unit) 电源解决方案、传输解决方案等。

C-RAN建设采用BBU集中部署方式，C-RAN下站间传输条件极佳，载波间协同时延短，易于实现CA、CoMP等技术，单用户站间CA性能与站内CA相同，上行CoMP使边缘用户上行吞吐量大大增加；通过BBU池共享方式，易于实现Super Cell (超级小区)，有效降低小区间干扰及切换，利于重新规划邻区；易于对整个区域的业务预测进行容量规划和配置，实现载波动态调度，有效应对潮汐性业务迁徙，提升基带利用率；C-RAN下宏微协同效果更佳，利于干扰抑制，增加网络容量。C-RAN组网建设方案需特别考虑光纤及机房因素，设备高度集中，需从机架、承载、供电、备电等方面出发，评估机房的面积、供电能力、承重能力等；C-RAN组网下RRU采用拉远建设，使用光传输网连接，对光纤资源提出高要求。

C-RAN建设下BBU池框间互联解决方案主要包括基于交换板和交换机的框间互联方案，其中基于交换板的框间互联方案将各BBU的交换板相连，连线简单，但框间协作主要基于BBU中交换板的带宽，带宽有限，限制了BBU的连接数量；基于交换机的框间互联方案将各BBU的交换板与独立交换机相连，需要的连线较多，但能提供足够的框间协作带宽，保障多BBU的交互性能。

C-RAN建设下的同步方案主要包括多GPS同步方案、基于GPS+北斗智能双星授时方案、1588v2同步方案等。多GPS同步方案采用每台BBU一个GPS天线，与现有D-RAN的GPS方案一致，可靠性高，其缺点是需要的GPS天线数量多，要求布放空间大，干扰难控制，各站点不能共享，资源浪费严重；基于GPS+北斗智能双星授时方案，采用高增益天线，支持单天线下多设备同步，支持备份，稳定性高，各站点GPS资源共享，成本低，施工简单；1588v2同步方案，需要额外的1588时钟服务，如基于远端GPS授时系统等，同步时钟精度高，需要现网所有传输网络节点都支持IEEE 1588v2协议。

RRU电源包括不含备电和含备电的电源方案，根据现场站点重要程度和运营商需求进行选择，RRU电源系统包括局方配电箱 (含空开)、电源设备等，含备电的电源系统需要配备电池，其电源设备具有对电池进行管理的能力；电源设备、电池等支持抱杆、挂墙、旗装等多种安装方式，基

于安全考虑,需要注意安装高度。

光纤资源是C-RAN建设面临的首要挑战,传输解决方案是C-RAN建设的关键,主要包括光纤直驱、彩光直驱、远端汇聚等多种方式。光纤直驱方式下每个站点RRU到BBU光纤基于普通光模块的点到点直连,方案简单,需要大量裸纤资源,光纤成本高昂,对施工要求高、维护困难,适用于光纤资源丰富的地区或者小规模C-RAN汇聚,如存量站点的C-RAN改造等;彩光直驱方式吸取了波分技术和光纤直驱方式的优点,RRU和BBU均采用彩光光模块,通过光纤分别接入本地波分复用器OMD(Optical Mux/Demux Device)。OMD和彩光模块负责完成多路合波和分波,OMD之间采用一根光纤连接单纤双向实现拉远,大大节省光纤资源,部署成本低。OMD是无源器件,可靠性高,同时彩光模块不会缩短Ir接口传输距离,无需协议转换,光纤直驱方式应用广泛,性能优异,适用于多数场景下的C-RAN建设,对于大容量、多RRU场景则需要更多的OMD及光纤,其应用受限;远端汇聚方式通过在RRU侧部署RBM(RRU Bridge Module)用以汇聚光纤,并通过RBM配置的大带宽接口与BBU相连,配合新型大容量基带板,满足大容量场景需求,远端汇聚方式具有施工简单、节省光纤资源等优点,适用于大容量C-RAN场景,但需配以大容量基带板。

C-RAN的特点使得C-RAN在TD-LTE网络覆盖应用中具有得天独厚的优势。从便于站点运维和建设、选址/配套/租金成本、利于未来演进等方面考虑,当前更适合C-RAN小规模部署。C-RAN部署方案需要从传输带宽、配电、备电等需求出发综合考虑站点安全性、光纤资源、空调成本、传输扩容/电源改造难易程度等因素。

5 有效性及实用性分析

广东中山作为全国城乡一体化程度较高的地市,只有主城区和一般城区,TD-LTE基于宏微协同异构网络建设,实现了连续覆盖;黑点、难点多,站址选择困难,站间干扰大,潮汐效应,光纤网络成熟等给中山移动TD-LTE网络建设带来全新挑战和机遇。C-RAN建设能够大规模节省机房、减少成本的同时降低建站难度,利于实施各种新技术以减少站间干扰,中山移动逐步开展C-RAN建站模式。

中山东凤同安D-ZLH基站所在机房面积为45m²,机房顶建有40m铁塔,机房内电源、电池、空调等配套设施完善,满足综合接入机房要求,基本无逼迁风险。该基站周边方圆几千米内有多个室外宏基站、室内站及拉远微小站,中山移动选择此基站机房做C-RAN机房,开展C-RAN试点建设,涉及周边4个宏站、2个室内站、2个微小拉远站及本基站的2个宏站,共计10个BBU的集中。C-RAN机房

BBU集中式方案使用新增中兴ZXSDRBC8810机柜,单柜6个BBU堆叠放置,机架除了安装有BBU外,还配置有电源分配盒、GPS授时系统以及万兆交换机。BBU之间通过各自交换板上的10Gbit/s光口与万兆交换机相连实现BBU之间的互联,交换数据采用IP报文封装的形式,实现站间的实时通信;C-RAN同步方案采用中兴的智能双星授时系统以及高增益单天线支持BBU池多设备同步,大大节省资源;C-RAN传输方案采用OMD和彩光模块通过单根光纤与各基站RRU相连,即一个基站的三个RRU通过OMD汇聚后采用一根光纤与BBU连接,大大减少了光纤资源。RRU电源方案采用中兴P3000型号电源和两组三元锂电池,电池容量25Ah,与RRU一起安装在现场抱杆上。

C-RAN建设开通后,各个站的RSRP值及SINR值与分布式组网建设保持一致;在C-RAN组网下,各站间上行时延很短,使得上行站间的CoMP实现成为可能,相对于分布式组网来说,C-RAN组网可以给上行CoMP带来更明显的性能提升,开启CoMP功能后,对站间CoMP测试,各小区边缘用户的MCS(Modulation and Coding Scheme)值得到较大提升,边缘用户的吞吐量得到提升,边缘用户感知得到改善,小区用户整体吞吐量变化幅度基本保持稳定。

6 结束语

C-RAN的特点使其在网络建设中受到运营商的青睐,随着TD-LTE无线网络的不断演进及5G技术的发展,需根据网络演进及技术发展方向确定TD-LTE全网C-RAN的部署方法及步骤,做好C-RAN的建设规划。根据现网光纤、机房等配套资源的情况,TD-LTE网络状态及网络建设将是C-RAN和D-RAN并存、协同调度的模式。5G技术的低时延、高可靠性技术特点,对前传网络时延提出了更高要求,超低时延使小规模部署成为5G C-RAN首选;5G技术的网络功能虚拟化(NFV)、多RAT(无线接入技术)资源协调等技术特点,使5G C-RAN部署要求基于虚拟化及云化架构,基于通用IT化硬件平台提供多制式、多频段无线接入;随着5G网络建设提上日程,TD-LTE网络C-RAN建设需要考虑5G C-RAN的特点,特别是小规模部署TD-LTE C-RAN将更利于5G演进。

参考文献

- [1] 戴源,朱晨鸣.TD-LTE无线网络规划与设计[M].北京:人民邮电出版社,2012
- [2] 王映民,孙韶辉.TD-LTE技术原理与系统设计[M].北京:人民邮电出版社,2010

(下转68页)

SDN在OpenStack架构中的分析

吴楠

中国移动通信集团设计院有限公司

摘要

SDN实现网络资源池化并作为服务提供,释放网络的灵活性、开放性及创新性。OpenStack网络创建一个一致的逻辑通信层,而其他元素可以有效、大规模地使用这个逻辑层,文中主要介绍在OpenStack架构下SDN的发展情况与技术要点。

关键词

SDN 云计算运营商 OpenStack Neutron

1 引言

云计算的发展为运营商带来发展契机:一方面云计算将凸现网络的重要性,促进网络的发展;另一方面云计算服务需要“安全和可信”的服务提供商。运营商切入云计算市场,以安全可靠和海量计算存储为基础,以数字超市模式整合业界内容和应用,形成新的业务和体验,给客户新的价值,并且能够充分发挥运营商的网络优势和用户优势。云计算技术体系中,云操作系统作为整个云体系的“大脑”,构建于服务器、存储、网络等基础设施及操作系统,中间件、数据库等基础软件之上,依据策略实现自动化的统一管理、调度、编排与监控。业界处于领先地位并且社区活跃度较高的开源云操作系统项目主要是OpenStack,在全球关注度最高且技术发展最快,曾经在CloudOpen大会上被评为年度最受欢迎的开源项目。

2 OpenStack网络

OpenStack开源社区为云计算提供了最大平台,有多个组件分别实现计算(Nova)、存储(Cinder/Swift)、监控(Ceilometer)和网络(Neutron)等服务。随着Neutron逐渐成熟,越来越多的云计算厂商开始选用Neutron组件,并且有大量网络设备商和云计算方案厂商为Neutron提供硬件设备和网络方案,使得Neutron的发展备受关注。

2.1 OpenStack Neutron

Neutron添加了一层虚拟的网络服务让租户(用户)构建自己的虚拟网络。Neutron是对网络的虚拟化,该网络可以从一个地方移动到另一个地方,而不会影响现有的

连接。其可以进一步解释为一个网络管理服务,为创建和管理虚拟网络公开了一组可扩展的API(通过创建虚拟网络为OpenStackCompute节点上的虚拟机提供网络服务)。Neutron的插件架构为开源社区或第三方服务提供API。Neutron还允许供应商研究和添加新的插件,提供先进的网络功能。

2.2 Neutron的应用

云计算改变了用户的业务部署方式,从而帮助用户节省设备和运营成本。例如,12306的火车票业务,具有非常明显的时节性,平常的业务流量并不是特别大,但到了节假日业务量会猛增。如果采用传统的方式部署硬件设备,势必会在业务流量少时造成硬件设备资源的浪费,而在业务流量猛增时又不能及时扩展硬件资源。但如果在云上运营,则可以在业务流量少时减少云主机和网络带宽等资源,在业务流量猛增时快速部署大量虚拟机,为新业务量提供服务。理想的方式是通过SDS(Software Defined Storage)和SDN(Software Defined Network)等方式,让业务(相当于SDN中的APP,即Software)在激增时,自动调用相关接口,申请并使用满足其需求的计算资源、存储资源和网络资源。其中SDN是目前网络和云计算领域中非常热门的网络架构,它结合NFV(Network Function Virtualization)等相关技术,掀起了一场颠覆传统网络的革命。

2.3 Neutron自身的难题

Neutron中提供了使用虚拟路由器实现租户网络的互通和隔离、安全组(Security Group)、防火墙(FWaaS)、负

载均衡 (LBaaS) 和虚拟专用网 (VPNaaS) 等服务。在Neutron网络中还可以采用VMaaS (VM as a Service) 的方式提供一些易于创新的网络服务, 包括Neutron中不支持的接入VPN等功能。虽然Neutron的功能已经相对完备, 但还存在一些不足之处, 这也是Neutron需要SDN架构的部分原因。

有很多的网络功能无法满足部署需求, 例如基于VM网卡或IP的限速、基于路由的限速以及基于租户的限速等网络需求, 至今仍没有完善的解决方案, 而这些在实际物理网络部署中都是极其常见的功能。有人提出用Libvirt对虚拟机网卡的inbound average和outbound average做出入方向的限速, 但部署该方案时是通过设置flavor的quota:vif_inbound_average和quota:vif_outbound_average实现, 会导致对VM的所有网卡都做限制, 而且该方案不仅限制了南北流量, 还限制了东西流量, 是不可用的方案。QoS功能不只是限速, 还有很多诸如队列调度、流控等方面的QoS需求, 当有业务需要时, Neutron却无从提供满足需求的支持。

网络节点存在的单点故障问题至今依然没有完善的解决方案, DVR (Distributed Virtual Routing, 分布式路由) 对虚拟路由器的 HA方案也存在很大的缺陷。而与传统交换机 (甚至路由器) 相比, 网络节点的带宽能力还存在一定差距, 尤其是对单路由带宽没有分流方案, 一旦带宽超过虚拟路由器的带宽能力则无能为力。

对Neutron网络的监控, 虽然可以通过Ceilometer组件使用Neutron的neutron-meter-agent进行采集, 但除了Ceilometer组件存储采集数据持久化性能方面的问题, 还存在很多监控项无法采集到的问题。

在Neutron中经常使用Open vSwitch虚拟交换机, 而其在计算节点和网络节点的虚拟交换机中都有稳定性和性能方面的限制, 尤其是使用VxLAN等隔离方式时, 报文的封装和解封装很可能成为网络瓶颈。

3 SDN让Neutron更强大

3.1 SDN架构引入Neutron

Neutron还有很多实际部署难题需要处理, 如果采用SDN架构, 这些问题将会有相当一部分得到解决。假设SDN控制器南向采用了OpenFlow协议, 那么就能很容易控制流量转发以实现不同虚拟路由器的流量分担, 通过goto tables (或者“goto entry”) 来实现数据流按照OpenFlow规则进行的基于IP、虚拟路由器甚至租户的限速功能。那么Neutron在SDN架构中是如何部署呢? 一般有以下三种部署方式 (这里说的Neutron多为neutron-server)。

(1)Neutron as APP: 将Neutron作为SDN中申请网络资源的APP, 与使用网络资源的VM上部署的用户业务联动,

实现对网络资源的控制。这种方式需要替换Neutron的底层网络架构, 继而Neutron通过SDN控制器控制网络资源。如果该方案只用Neutron的API, 那么Neutron之外的功能还是无法使用, 只能再额外调用SDN控制器的API, 就需要维护两套API在兼容条件下配合使用。这样让网络资源的申请者neutron-server与网络资源的使用者VM中的APP进行联动。

(2)Neutron as Controller: 将Neutron作为SDN控制器的一部分, VM上部署的用户业务直接或间接调用Neutron的接口, 来申请和使用底层网络资源。这种方案中用户的业务只需要调用SDN控制器的API, 没有API兼容性问题, 底层网络可以替换也可以不替换, 但部署时需要考虑Neutron和SDN控制器的对等关系。

(3)Neutron as Underlay: 将Neutron作为底层承载网络, 为SDN控制器提供南向接口, VM上部署的用户业务直接或间接使用SDN控制器来申请和使用网络资源, 然后SDN控制器再调用Neutron接口来做底层网络资源的调度与分配。这种方案部署容易, 但仅用Neutron原来的底层网络结构和API, 需要对Neutron做开发才能提供所需求的新功能。

3.2 OpenStack Neutron集成SDN

OpenStack Neutron及其插件架构提供了将SDN控制器集成到OpenStack的功能。使用插件将SDN控制器集成到Neutron的这种做法提供了集中式管理, 还为使用API对OpenStack实现网络可编程性提供了方便。

SDN控制器使用特定的插件或拥有相应机制驱动的ML2插件, 允许Neutron和SDN控制器之间进行通信。图1显示的全局表明OpenStack与SDN控制器集成。

研究发现, SDN控制器及其他网络操作系统负责提供网络的完整视图(拓扑结构)及其当前的一致状态。控制器还通过将需求转变成配置及监控网络元素 (物理元素和虚拟元素), 负责“管理” (运用、执行和确保) 必要的网络变化。底层网络及网络元素的这些变化通常来自在SDN控制器上运行的网络应用, 使用北向API (northbound API)。

由于OpenStack Neutron和SDN控制器的这种集成, 还可以从OpenStack用户触发网络及网络元素的变化, 这些变化可以转换成Neutron API, 并由Neutron插件和SDN控制器中运行的相应代理来处理。如果OpenStack用户执行任何网络相关操作 (创建/更新/删除/读取网络、子网和端口等资源), 典型流程如下。

(1)OpenStack仪表盘 (Horizon) 上的用户操作将被转换成相应的网络API, 并发送到Neutron服务器。

(2)Neutron服务器收到请求后, 将同一请求传递给已配置的插件 (假设ML2已配置好了ODL机制驱动和VxLAN类

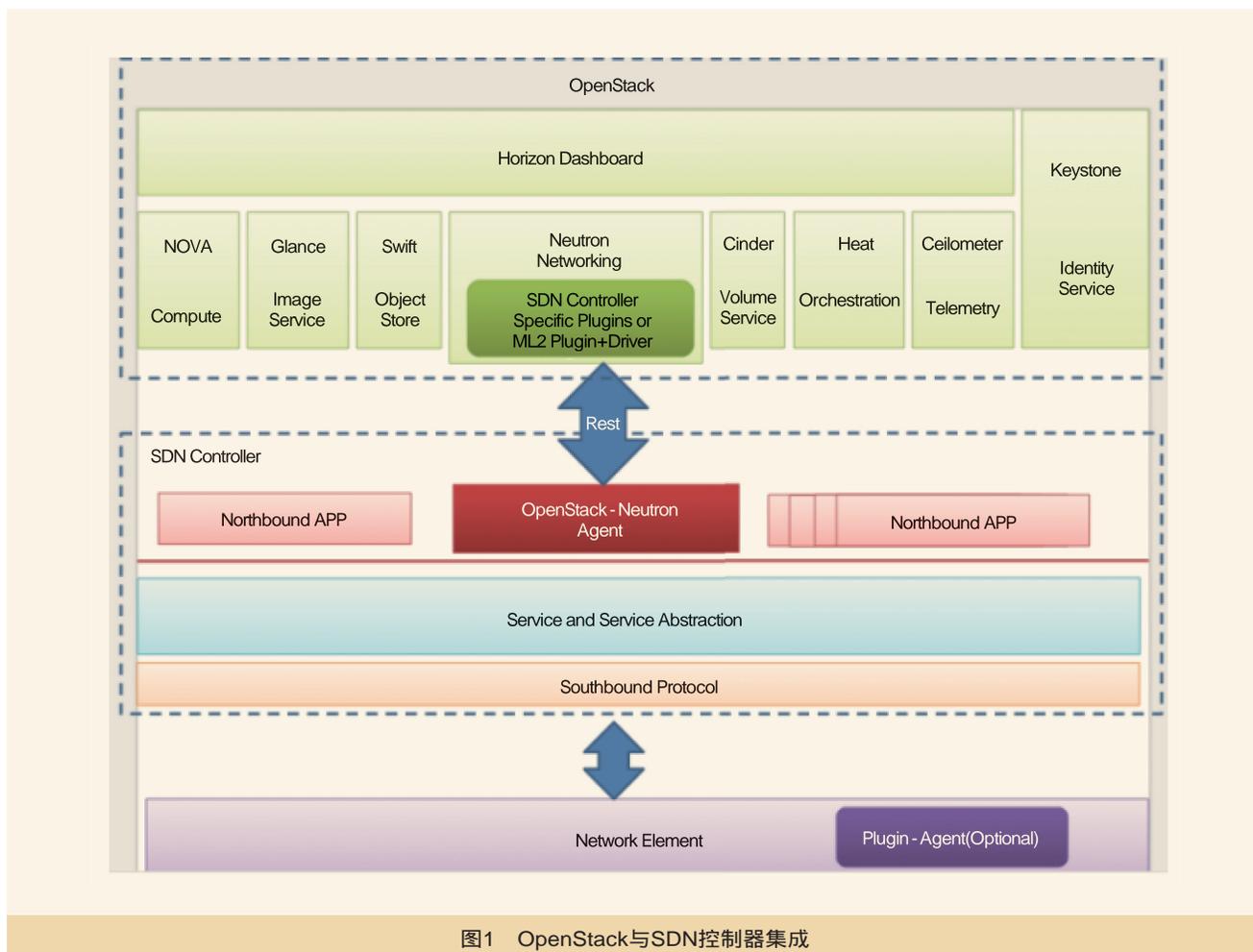


图1 OpenStack与SDN控制器集成

型驱动)。

(3) Neutron服务器/插件会对数据库做适当的变动。

(4) 插件会调用与SDN控制器对应的REST API。

(5) 收到请求后，ODL会使用任何南向插件/协议，比如OpenFlow、OVSDB或OF-Config，对网络元素做必要的变化。

4 SDN控制器

OpenStack平台中应用的SDN技术已经成为云环境中的网络支柱，OpenStack的Neutron本身作为一个SDN控制系统，在网络配置方面提供一种自服务能力，用户可以创建自己的网络并控制流量，连接服务器和设备到一个或多个网络。基于Neutron的SDN技术，OpenStack网络实现了一个可扩展的框架，并能部署和管理多种网络服务，如入侵检测系统(IDS)、负载均衡、防火墙和虚拟专用网络(VPN)等。

SDN技术在云计算中的核心作用不言而喻，鉴于当前业界SDN控制器如此繁多，这里仅罗列出与OpenStack Neutron相关联的开源控制器。主要有OpenContrail、

ONOS、Floodlight、Ryu、OpenDayLight项目等，它们都有各自的特点。这里主要介绍OpenDayLight与ONOS。

4.1 OpenDayLight

ODL项目成立于2013年4月，是由Linux基金会管理的开源SDN项目。项目的目的是提供一个开放、全功能、厂商中立的SDN解决方案。目前ODL有超过40个公司成员，例如Cisco、IBM、Huawei等。乐观人士认为：ODL对networking的意义就像Linux对computing的意义一样。

ODL可以说是最负盛名的SDN，Linux基金会管理，各大厂商支持，使得它从诞生开始就是正规军。OpenDayLight和OpenStack的结合也是Neutron前PTL Kyle Mestery极力推动下的结果。从其定位可以看出，它的功能比较完善，现在有基于OpenDayLight的解决方案(Cisco等厂商)在售或者部署在数据中心。

OpenStack Neutron通过networking-ODL项目接入到OpenDayLight。

4.2 ONOS

ONOS (Open Network Operating System), 是2014年由ON.Lab (Open Networking Lab) 发起的一个开源项目。ONOS专门针对service provider场景, 目的是提供一个SDN系统。这是一个与ODL有很多类似地方的项目。

- (1)都是Linux基金会管理的项目。
- (2)都基于OSGI实现。
- (3)都支持多种南向协议, 属于广义上的SDN。
- (4)都是HA、模块化、可扩展的SDN。

ONOS通过networking-ONOS项目与OpenStack集成。ONOS也是提供一个分层的结构, 北向提供REST API, 南向兼容多种网络协议和控制协议。

5 结束语

云计算是将来数据中心提供服务的新模式, 也是IT技术

(上接61页)

看“OTHER_B_46”WAN连接是否创建成功。如果没有但是业务下发成功, 说明ITMS平台没有收到此LOID需要开通IP PBX业务通道的工单, 需要返查IT系统工单流转是否卡单。其次, 对于手动创建的“OTHER_B_46”WAN连接, 务必确认点击“保存配置”按钮并且终端执行生效, 才关电重启。最后, 完善E8C与IP PBX的业务放装流程, 最好两者能同步进行, 出现问题时可以面对面查找原因, 而不是由IP PBX厂商单独调测E8C终端, 毕竟IP PBX厂商放装的经验故障排查定位没有一线维护人员丰富, 而且因为乱调终端参数, 容易引发其他故障。

3 结束语

无源光接入网正在快速成长, 由PON网络终端接入并

(上接64页)

- [3] 杨璘. 绿色无线接入网架构C-RAN研究[D]. 北京邮电大学, 2011
- [4] 王键臻. 基于LTE的小基站干扰抑制研究[D]. 北京邮电大学, 2015
- [5] 雷秋燕, 张治中. 基于C-RAN的5G无线接入网架构[J]. 电信科学, 2015, 31(1)
- [6] 赵宇荣. C-RAN基带池内关联任务调度研究[D]. 西安电子科技大学, 2014
- [7] 陈鹏. 5G: 关键技术与系统演进[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015
- [8] 朱晨鸣, 王强, 李新. 5G2020后的移动通信[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2016
- [9] Jonathan Rodriguez. 5G开启移动网络新时代[M]. 北京: 电子工业出版

变革的趋势之一。据估计, 网络研发的工作量会占云计算研发工作量的一半以上, 这也是云计算技术难点的突破之处。

参考文献

- [1] 唐云川. 使用Openstack建设企业私有云[J]. 科技展望, 2015(01)
- [2] 余海涛. 基于OpenStack开源云平台的网络模型研究[D]. 吉林大学, 2014
- [3] Shirali-Shahreza, S., & Ganjali, Y. ReWiFlow. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2015, 45(5). <http://doi.org/10.1145/2831347.2831352>
- [4] Hsieh, C.-L., & Weng, N. Many-Field Packet Classification for Software-Defined Networking Switches. Proceedings of the 2016 Symposium on Architectures for Networking and Communications Systems-ANCS' 2016, 16. <http://doi.org/10.1145/2881025.2881036>

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

承载的新网络应用和新业务需求源源不断地涌现, 提高PON终端的可靠性变得越来越重要。因此, 在端到端的维护建设中, 必须不断挖掘新的维护作业手段, 增强一线维护人员排查故障的能力, 提升光网络用户的感知。

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

林国强

现就职于中国电信股份有限公司广东研究院数据所, 主要研究方向为数据网、接入网。

王鹏

现就职于中国电信股份有限公司广东研究院数据所, 主要研究方向为数据网、接入网。

社, 2016

- [10] 尤肖虎, 潘志文. 5G移动通信发展趋势与若干关键技术[J]. 中国科学: 信息科学, 2014, 44(05)

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

罗新军

信息系统项目管理师(高级), 硕士, 现任职于江苏省邮电规划设计院有限责任公司, 项目经理, 主要研究方向为无线通信网络规划与设计。

交直流混合供电在微模块数据中心的应用探索

郭佳哲

中国移动通信集团南方基地

摘要 介绍一种220V市电直供+336V高压直流备用的交直流混合供电方案在微模块数据中心的应用,并通过分析测试结果探讨存在的问题以及未来的改进建议。

关键词 交直流混供 市电直供 336V高压直流电源

1 引言

随着大数据、云计算和移动互联网等ICT技术的快速发展,作为信息载体的数据中心如雨后春笋般在国内蓬勃涌现,仅国内某一运营商在全国就有接近50个用电规模在10万kVA以上的数据中心。有数据表明,2015年中国数据中心一年的用电量高达1000亿kWh,相当于三峡一年的发电量。庞大的用电规模使得数据中心成为很多企业的“电老虎”。随着国家政策对节能降耗要求的提高,绿色节能成为全社会关注的重点,数据中心节能减排迫在眉睫,采用先进节能环保新技术建设绿色数据中心成为各ICT企业的必选之路。

供配电系统是数据中心的“心脏”,在保证供配电系统可靠性的同时降低供配电系统的损耗是数据中心节能的重要课题。据统计,供配电系统中变配电系统损耗占比3%~4%,电源系统损耗占比8%~12%,蓄能系统损耗占比0.5%,ICT设备PSU损耗占比7%~14%,因此提高电源系统及ICT设备PSU的运行效率将是绿色数据中心建设的重点改进方向。下面将结合微模块数据中心应用交直流混合供电的案例进行探讨。

2 数据中心供配电系统

大型数据中心供配电系统一般包括高压变电系统、低配配电系统、楼层配电系统、柴油发电系统。系统结构如图1所示。

传统大型数据中心供配电系统在楼层级一般采用集中式配电,设置有独立集中的电力电池室来安装UPS和蓄电池,UPS的容量一般在200kVA以上,一套UPS系统就能满足几十甚至上百个机架的供电需求。这种建设模式的特点是一次建设到位,但往往存在初期设备负载量不足的问题,造成UPS带载率低,使得UPS运行效率变低。一般UPS带载率在10%

以下,运行效率低于85%。因此为了提高UPS系统的运行效率,出现了模块化UPS和高压直流电源,其作用在于降低电源系统的冗余度。

降低电源系统的冗余度有两层含义,第一层含义是在供电架构层面,电源系统从以往的2N系统可变为一路市电直供和一路电源系统供电,这样市电直流回路的供电效率将接近100%,而另一回路的电源系统仍然可以作为后备电源保证系统的可靠性。虽然相比于2N系统,整体可靠性有所下降,但电源系统投资和供电损耗均减少一半,因此这种供电方式日益被IDC客户所接受。第二层含义是在设备层面,电源从以往的整机设备变为模块化设备,模块化电源的额定输出功率可以随着整流模块的增加或减少而调整,这样使得电源系统在初期也能保证运行在最优的带载率下,以此获得较高的运行效率。同时,模块化也可提高设备的可维护性。

模块化UPS与高压直流电源都是换流系统,但高压直流电源相比于UPS减少了DC/AC转换环节,同时由于直接输出直流电,服务器PSU减少了AC/DC环节,取消两级转换,简化电路结构,而且由于电池直接连接在输出母线上,大大提高高压直流电源的可靠性。

结合以上思路,将市电直供技术、高压直流技术、模块化技术整合,可以很好地应用于微模块数据中心的建设,下面将介绍国内某运营商的试点案例。

3 交直流混合供电案例

3.1 建设方案

某运营商建设一个微模块数据中心,试点交直流混合供电方案。试点规模为一个微模块,共计17个机架,其中14

个服务器机架（单机架功率6kW），3个网络设备机架（单机架功率3kW），总设备功率需求93kW。微模块从外部引入双路市电供电，市电1作为主电源直接引入交流PDU向服务器PSU1供电，市电2作为备用电源向HVDC电源供电，经过380VAC/336VDC变换后通过直流PDU向服务器PSU2供电，同时市电1通过ATS做HVDC的后备电源，如图2所示。

根据系统供电方案，微模块中配置一个交流列头柜、一个高压直流电源柜、一个蓄电池柜。微模块整体设备布局如图3所示，建设时需注意以下几点。

(1)列头柜的配置采用交直流独立分开的方式，交流配电部分设置一个交流列头柜，直流配电部分和高压直流电源组合在一起。同时，由于存在交流供电和直流供电两种方式，在走线架的设计和布线时，要充分考虑交流电缆、直流电缆的分开和隔离，尽量避免交直流电缆的交叉，保障交直

流供电的安全性。

(2)高压直流电源配置磷酸铁锂电池，虽然相比于传统铅酸蓄电池，磷酸铁锂电池具有更高倍率的放电性能，且电池体积更小，更加环保，但磷酸铁锂电池为保证使用的安全性配置了电池管理系统（BMS），具有充电过流、过压保护等自主功能，与高压直流电源搭配使用时需重点关注高压直流电源的充电限流过程。磷酸铁锂电池比铅酸蓄电池的内阻更小，一旦电源输出电压与电池电压存在正压差，将出现瞬间大电流造成电池过流保护。因此建议磷酸铁锂电池系统本身增加充电限流功能，而不依赖高压直流电源的充电限流功能。

(3)服务器需配置双电源，每个PSU电源都可支持交流220V或直流336V输入。PSU电源具有两种供电模式可供选择：一种是均流模式，一种是Active+Standby模式。在均流模式下两个模块的供电比例是50%和50%，在Active+Standby

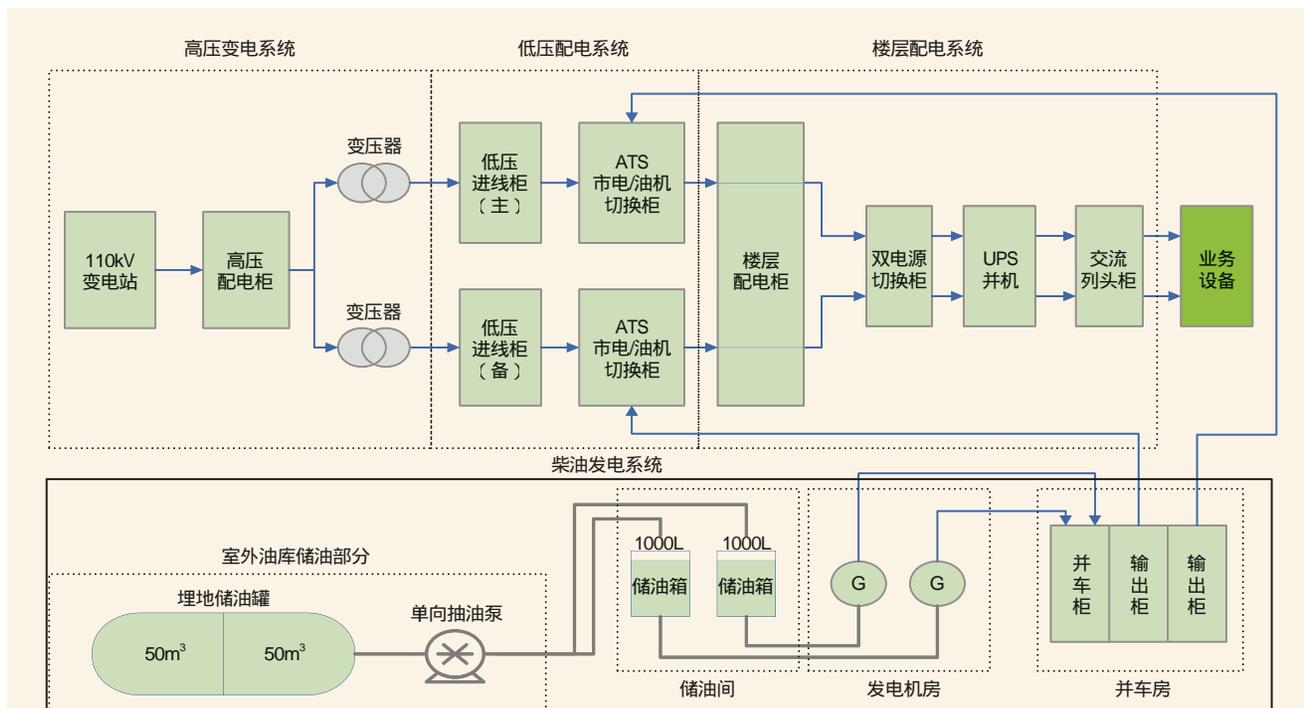


图1 大型数据中心供配电系统结构

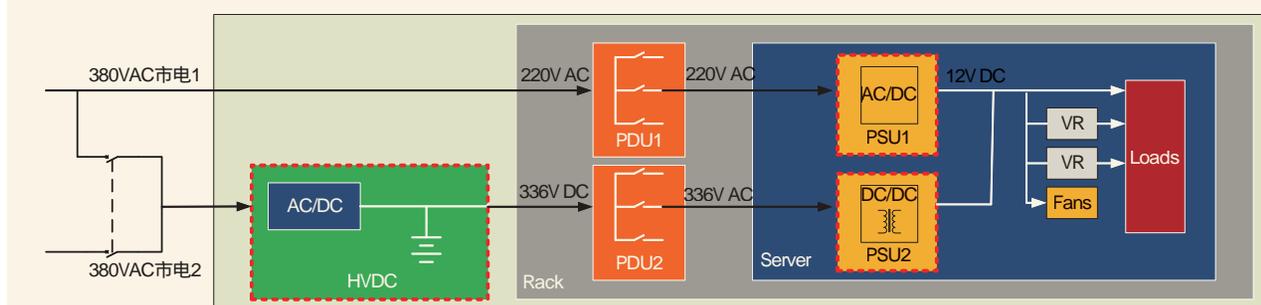


图2 交直流混合供电系统

基于地理网格的宽带接入网全生态规划方法及应用

张 奇

中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司

摘要 以目前运营商在宽带接入网的现有规划方式为入口,分析并归纳其瓶颈与难点。以地理网络的多维度划分为基础,形成业务需求、网络能力、基础资源匹配三方面全生态“立方体模型”及相关的方法论。最后,结合现网大数据支持,应用自研的规划系统,分析实际网络的规划新方法,验证可行性及应用价值。

关键词 有线宽带接入网 地理网格化 业网能力协同 基础资源匹配

1 引言

随着“宽带中国”的实施以及“提速降费”的深入践行,各大运营商在有线宽带接入领域正以“新起点”、“新标准”、“新格局”蓬勃发展。另一方面,以PON为主流接入技术的有线宽带网络建设需要紧密结合业务发展,兼顾网络布局合理性及网络质量的健康,实现业务高效承载,达到综合利润最大化。因此,业务需求与网络能力之间的“业网协同关系”以及宽带网络建设与基础物理资源之间的“基建匹配关系”成为宽带接入网规划的重点及难点。

2 有线宽带接入网传统规划方式分析

传统的有线宽带接入网络规划方式主要有如下几种。

(1)架构布局型:以运营商物理节点资源为基础,根据运营商对机房定位的级别差异,人为划分不同类型/层级机房的覆盖范围及网络组网所在层次,并结合业务发展优先级、业务分布疏密等情况,采用逐步建设、分步覆盖等方式,实现区域内网络资源全覆盖、业务快速接入等目标。

该类型的PON规划方式受机房资源制约性较大,对运营商机房资源分布合理性、整体规模性要求较高,机房条件不足或分布资源匮乏的区域难以支撑PON的长期规划及发展。

(2)业务适配型:以匹配业务发展为主要目标,并作为PON规划建设的主要依据。根据业务发展进行热点区域的预判,并决定PON建设的重点及方向。

该类型的PON规划方式一方面能够很好地契合业务发展,定位业务重点区域;但另一方面,网络受后期业务不确定性影响较大。当存在较大规模的业务发展变化时,先期投入的PON资源容易发生失配,很难发挥有效接入能力。

综上,对于目前传统的PON规划方式存在如下几点不足之处。

2.1 “业网能力协同”方面

(1)缺乏有效的业务快速、规模化呈现及热点分析手段。对于业务需要发展的物理节点,比如商务楼宇、小区等,一般以清单或重点发展区域方式锁定一定时期内的建设目标及范围。其中,对于节点的标识又以物理地址为主要或唯一信息。而传统的规划方式往往以定性、宏观的方式确定业务分布的主要区域,缺失由地址信息转换为具体地理点位并标注呈现的功能。业务需求的具体分布情况往往缺乏直观性,直接判断性较差。即便需要实现上述功能,一般也需要耗费大量人力进行人工标注,效率非常低下,且无法实现业务热力分析、重点区域分布等客观分析判断功能。

(2)缺乏对现网资源匹配业务发展的评估。在业务发展需求确定的基础上,对现网资源如何发挥存量能力、发挥程度如何、存量资源利旧形式等方面缺乏有效评估手段。传统规划方式仅从全网平均规模、整体能力进行全局判断,同时无法结合热点区域、业务发展不平衡区域进行个性化、差异化评估,而且评估的范围比较狭隘、精细化程度不够,无法实现。例如:匹配业务需求后,存量物理节点资源、存量设备槽位能力、存量PON口资源的满足等需求。

2.2 “基础资源匹配”方面

(1)缺乏对机房位置选择的客观评价。由于对既有存量资源缺乏有效、精细化的评估及判断,因此受连锁效应影响,对于需要新建机房位置的选择判断同样缺少客观性,缺失最优节点位置的判断方法及依据,而且在实际建设过程

中，由于机房购租/建设难度大、周期长，因此新建节点的位置一般选择已经购租或正在购租的站点。但这些节点并非单一为宽带网络建设使用，不能完全契合宽带业务发展，最终导致选择的节点与业务发展方向契合度不高，不能完全发挥宽带网络接入能力。

3 基于地理网格化的有线宽带接入网全生态规划模型

针对现有规划及实现方式的不足，提出一种基于地理网格化的宽带网络规划模型。该模型将“业务需求”、“网络能力”以及“基础资源匹配”统一，通过已申请专利的两大核心算法，形成互相协同的全生态闭环系统，引导有线宽带接入网向良性方向发展。

3.1 模型建立

为实现地理栅格范围内业务需求-网络资源协同-基础物理资源匹配三方面全生态融合规划的目的，下面总结现网建设及规划过程中的各个环节，归纳并抽象为“业务需求-能力协同-资源匹配”三维立方模型。相关计算模型示意图1所示。

模型主要分为如下三个部分。

第一部分：可调谐栅格。该部分直接决定此立方模型的运算大小，即影响栅格范围内业务需求规模、需要考察的

在网设备资源以及模拟计算最优节点的位置等结果。在该层中，无论是业务节点还是现网OLT网元，相关节点的地理位置信息均能通过该层所具备的地理位置栅格化归属算法进行预处理，确定栅格范围内需考察的相关业务节点及网元。

第二部分：本立方模型的主体部分。在第一部分的栅格范围内，限定立方体计算规模。其中：

- 顶部为业务需求层面，集成地理位置-经纬度解析及转换功能、业务节点类型与PON口需求对应转换两大功能；
- 地理位置-经纬度解析及转换功能，以广泛使用的百度地图坐标系为参考，开发与之对接的API，实现物理地址直接转换为经纬度的功能；
- 业务节点类型PON口需求转换功能，将业务节点位置进行“物理位置需求”向“网络能力需求”的预转换，从多次实践与试验中发现，以网络能力需求为考察与计算对象时，最优中心节点的计算结果较以物理位置需求为对象时要准确。

单一物理节点仅表示其所在位置，但是不同节点类型用户接入需求存在一定差异性。例如：居民小区、商务楼宇、沿街商铺、产业园区等均存在不同的用户接入需求规模。因此，为避免单纯考虑物理点位置而造成后续最优OLT选点的偏差，在此处将业务接入点位置与物理点类型相结合并预转换。

表1是结合上海移动地区物理节点类型及宽带网络建设特点，总结的物理节点网络建设需求经验映射（当然，也可以根据实际定点场景指定PON口规模）。

一个简单模拟示例如下：A、B、C、D 4个地理位置上均有不同类型的接入点。当仅考虑物理节点位置时，最优的质心点为原点O，如图2所示。

现考虑业务需求，并假设在地理位置B上业务需求为A、C、D的10倍。显然，此时最优节点应该向B点倾斜。对上述业务节点进行“业务节点类型-PON口需求转换”预处理，其效果相当于在B处进行10次同节点的叠加。然后经最优中心点计算后的最优质心点（O'）如图2（b）所示。可见确实最优质心点已经逐步向B位置靠近，符合宽带接入市场的特点，匹配了业务发展的真实场景。

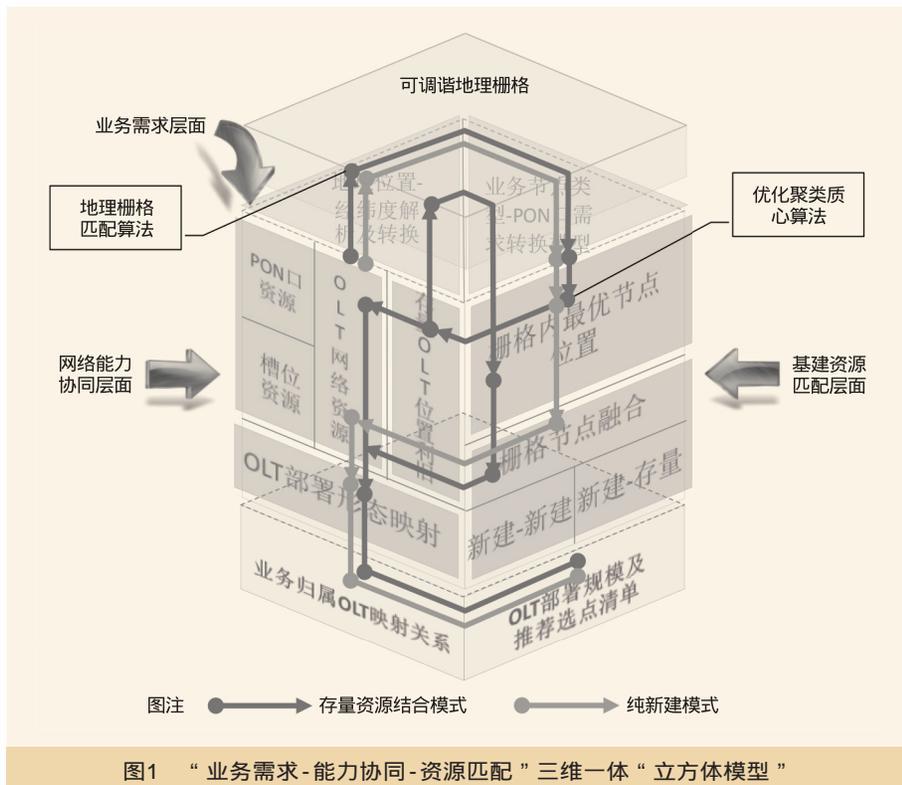


图1 “业务需求-能力协同-资源匹配”三维一体“立方体模型”

图2左侧方是网络能力协同层面。依次对OLT部署地理位置、OLT设备槽位能力以及OLT设备PON口能力进行分层次评估，并最终映射为多种OLT部署形态。本文确定的OLT部署形态映射关系见表2。

图2右侧方是基建资源匹配层面。在“业务接入点-网络建设需求”转换预处理结果的基础上，通过自研的核心算法——优化质心算法，计算出最优的OLT位置。同时，为了充分考虑现网存量资源的利旧使用，避免大量新增节点的机房购租等不切实际的情况，引入OLT节点融合机制，即当计算的最优OLT节点位置与存量OLT节点位置或计算的最优节点位置之间在预设的近距离阈值范围内时，就进行节点的融合，前者融合至存量OLT节点，后者融合至计算最优OLT位置的中点。

在基于上述三个运算层面的处理机制基础上，通过三维立方体模型将其有机融合为一个整体，并实现各个层面间数据的高效互动与协同计算。

业务接入点类型	一般所需PON口(个)
住宅小区	8
商务楼宇	2
校园网	80
聚类市场	4
产业园区	4

对比项	剩余PON口资源满足业务需求	剩余PON口+插板扩容满足业务需求	新增设备满足业务需求
纳入存量OLT节点位置	利旧存量PON口资源，无需建设	利旧存量OLT设备，插板扩容	利旧存量OLT节点，叠加OLT设备
纳入新建最优OLT节点位置	-	-	选定最优OLT节点位置，叠加OLT设备

注：节点OLT资源指OLT设备的剩余PON口现状+符合运营商配置规范的插板扩容可新增PON口规模

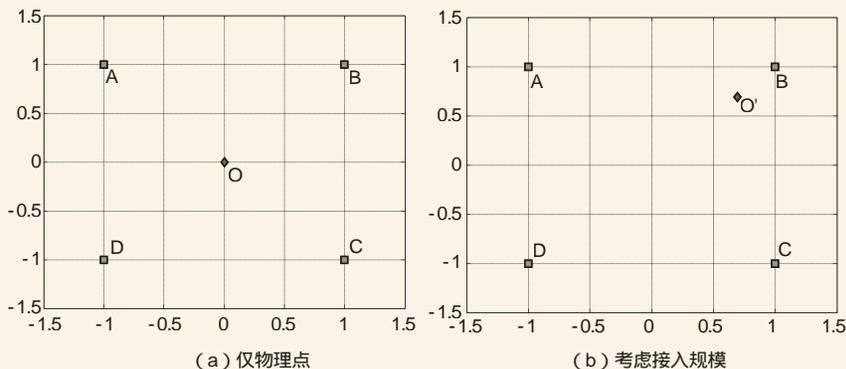


图2 优化质心算法示意

3.2 模型应用

由于上述模型具备业务需求大规模经纬度匹配功能以及现网设备情况的大数据支撑，对现网有线宽带接入网规划、建设起到非常显著的作用。主要体现在以下几个方面。

(1)业务分布及热点分析

以地图模式，将业务需求节点网格化处理后进行直观显示，同时以4格点样插值计算热力图，精确分析热点区域，助力捕捉业务重点区域。

(2)网格化业务及网元匹配、统计

运营商网格化划分方式多种多样。上海移动以综合业务接入区为主要网格划分方式，并规定多种基于综合业务接入区的网络资源管理及建设规定。上述模型的应用可衍生为对综合业务接入区内的各种资源进行归属处理，并进行分类统计，快速辅助常规资源梳理。

(3)资源需求类归属节点的计算

该模型虽然以有线接入网为基础进行模型及相关规划系统的开发，但是其核心的基于业务分布密度的质心聚类算法能够解决资源需求类归属节点的计算并广泛应用。例如，小区接入-OLT的分布关系、无线领域RRU-BBU的分布关系，甚至于基础资源中物理接入点-光缆交接箱的关系等。

4 地理网格化宽带接入网全生态规划模型及系统应用实例

以“立方体模型”为基础，为方便应用模型对实际问题分析，本文开发了相应的网络规划系统。为了能对模型及相应系统做全面、深入的了解，下面对上海市西区（包含原静安、普陀、长宁行政区）近期待发展的小区宽带进行分析。

(1)接入业务分布分析

对西区近期需要发展的总体小区规模进行经纬度匹配后，选择“综合业务接入区”包络图层进行解析，其中，勾选热力图分析功能。最终显示的结果及热力图分析结果如图3所示。

(2)PON规划分析

系统默认预设PON覆盖参数、接入模型参数，实际可根据网络情况进行高度定制化。其中，在“PON覆盖范围参数设定”区域内，“覆盖模式（Coverage Mode）”选项可选择“纯新建（green）”以及“结合存量资源（brown）”。为突出显示模拟细节，下面选择西区-静安区为模拟区域，并分别选择“green”模式以及“brown”模式进行模拟。

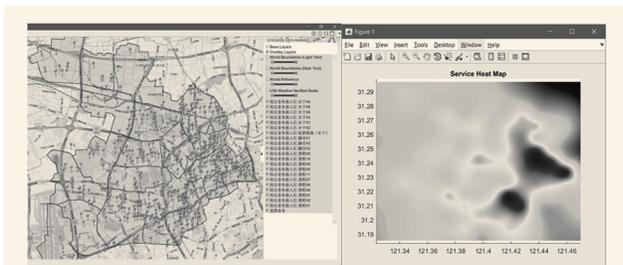


图3 西区待建小区分布及热力图分析



(a) green (纯新建) 模式下模拟OLT (b) brown (利旧资源) 模式下模拟OLT

图4 两种模式下模拟OLT

名称	地址	纬度	经度	属地	行政	综合业务接入区	光交接入区	一级光覆盖区	街坊	性质
1	皇亭公寓	31.2222	121.4529	西区	静安	静安02	静安02-01	NaHi	NaHi	住宅小E
2	文建坊	31.2350	121.4568	西区	静安	静安01	静安01-04	NaHi	NaHi	住宅小E
3	江民小区	31.2423	121.4575	西区	静安	静安01	静安01-01	NaHi	NaHi	住宅小E
4	九乐谷静	31.2312	121.4439	西区	静安	静安02	静安02-02	NaHi	NaHi	住宅小E
5	集丰园227	31.2322	121.4515	西区	静安	静安03	静安03-03	NaHi	NaHi	住宅小E
6	静西小区	31.2390	121.4560	西区	静安	静安01	静安01-04	NaHi	NaHi	住宅小E
7	常德路968	31.2424	121.4477	西区	静安	静安01	静安01-02	NaHi	NaHi	住宅小E
8	德义大厝	31.2375	121.4681	西区	静安	静安03	静安03-03	NaHi	NaHi	住宅小E
9	恒森广场	31.2403	121.4467	西区	静安	静安01	静安01-03	NaHi	NaHi	住宅小E
10	密家花园	31.2374	121.4399	西区	静安	静安01	静安01-03	NaHi	NaHi	住宅小E
11	凉心园	31.2389	121.4416	西区	静安	静安01	静安01-03	NaHi	NaHi	住宅小E
12	延安路小区	31.2325	121.4454	西区	静安	静安01	静安01-03	NaHi	NaHi	住宅小E
13	静安鼎盛	31.2421	121.4510	西区	静安	静安01	静安01-02	NaHi	NaHi	住宅小E
14	静安风华苑	31.2313	121.4346	西区	静安	静安01	静安01-03	NaHi	NaHi	住宅小E
15	静安凤凰苑	31.2403	121.4480	西区	静安	静安01	静安01-02	NaHi	NaHi	住宅小E
16	静安桂冠	31.2418	121.4425	西区	静安	静安01	静安01-03	NaHi	NaHi	住宅小E
17	静安新梅	31.2427	121.4586	西区	静安	静安01	静安01-01	NaHi	NaHi	住宅小E
18	静安华庭	31.2426	121.4515	西区	静安	静安01	静安01-04	NaHi	NaHi	住宅小E

OLT名称	Lat(B)	Log(B)	OLT属性
1	Overlapping_#E:OLT01-01	31.2345	121.4527/Overlapping existing OLT
2	new_OLT02	31.2420	121.4511/New OLT
3	new_OLT04	31.2448	121.4562/New OLT
4	new_OLT05	31.2326	121.4370/New OLT
5	new_OLT06	31.2265	121.4520/New OLT
6	new_OLT08	31.2316	121.4558/New OLT
7	大中量-OLT01	31.2338	121.4489/Existing OLT
8	大张路集林-OLT01	31.2315	121.4722/Existing OLT
9	静中量-OLT01	31.2403	121.4435/Existing OLT
10	静康-OLT01	31.2349	121.4501/Existing OLT
11	共富路-OLT01	31.2412	121.4516/Existing OLT
12	静鸟巢-OLT02	31.2308	121.4472/Existing OLT

图5 “业务归属OLT总结表”以及“OLT建设整体规模表”的输出

图4分别是选择“green”及“brown”模式下模拟的结果。在“green”模式下，存量OLT资源均不考虑使用，适用于新技术试点、新区域业务发展等特殊场景。通过图4(a)可见，为满足业务接入需求，模拟结果显示需要建设8套OLT(图4中圆圈标注)，且在各自综合业务接入区内均匀分布，较好地均衡业务接入。

图4(b)是经“brown”模式模拟后的结果。现网存量OLT以三角形进行标注。根据业务分布情况、存量网络资源可利旧情况的不同，本次模拟后建议新增OLT设备5套，

并用圆圈标注。考虑到实际机房购租情况的复杂性及客观限制条件，购租节点建议在模拟新增最佳节点附近(500m范围内)进行选择。为了与实际建设情况进行对比，图4(b)中将静安区实际新购租站点与模拟的情况进行对比分析，标注方框的节点为实际购租节点，并将与模拟新建节点进行配对。可见，在模拟的5个新建节点中，与实际新购租节点位置接近的有3个。因购买困难或位置可选性限制等因素，有2个偏离计算最佳结果。总体上基本吻合模拟结论，符合系统模拟结果的整体建设规模及全局布局。

此外，包含每个小区建议接入OLT的“业务归属OLT总结表”以及指导OLT下一步建设的“OLT建设整体规模表”也一并给出，具体如图5所示，并生成Excel文件，方便后续交互操作。

5 结束语

将业务需求、网络能力以及基础资源三方面内容进行统一融合，结合地理网络的可伸缩性，形成一种有线宽带接入网高效、规范的规划方法及模型，并开发与之对应的规划系统。

在“业网能力协同”层次，通过栅格化应用，降低业务发展不确定性对网络建设的影响；通过核心算法位置信息与地理栅格的匹配，精准适配业务发展需求与网络能力协同关系。

在“基础资源匹配”层次，通过核心算法2——质心聚类算法，能够定位最佳物理节点，客观给出需物理节点拓展建设的OLT最佳推荐位置。

在“综合全生态”方面，通过建立“业务需求-能力协同-资源匹配”三维一体的“立方体模型”，统一“业网能力协同”及“基础资源匹配”两层关系，真正实现自业务发展至网络能力与基础资源匹配的端到端全生态规划目的及功能，对建设宽带接入网、夯实基础资源以及支撑业务发展起到积极作用。

参考文献

[1] 韦乐平.接入网[M].北京:人民邮电出版社,1997

[2] Frank Effenberger,David Cleary,Om Haran,Glen Kramer,Ruo Ding Li,Moshe Oron,Thomas Pfeiffer.An Introduction to PON Technologies[J].IEEE Communications Magazine,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

张奇
硕士,高级工程师,主要研究方向为光通信技术、有线宽带接入技术、SDN等。

大数据分析在3G用户向4G迁移中的应用

张继东 李 想 王晶晶

中国电信江苏公司淮安分公司

摘要 利用大数据分析手段,通过建模分析与推演校正,对已转4G的用户在3G时期的行为进行分析,提炼出其中典型的用户特征,从而为3G用户向4G迁移提供更加准确的营销参考。

关键词 大数据 3G升4G 用户体验

1 引言

“十三五”时期,我国大力实施国家大数据战略和“互联网+”行动计划,促进互联网和经济社会的融合发展。国家将大数据上升到国家战略,高度重视大数据产业发展,制定了一系列大数据相关政策,并鼓励大数据在不同行业应用,其中大数据在电信运营商中有很大应用空间。

2 大数据分析的主要方法与流程

3G升4G用户的大数据分析有不同的方法和手段,下面采用的大数据分析算法处理主要分为数据源准备、脏数据清理、数据模型建立和最优算法建立设计等步骤。

2.1 数据源准备

数据源主要来自两方面:一是立足于无线网络后台网管和数据库强大丰富的海量话单大数据;二是市场营销部门提供的客户套餐类等数据信息。由于此类分析对实时性要求不高,为了避免接口上的繁琐,所有数据可以统一采用标准文本文件的格式提供。数据表结构举例见表1和表2。

2.2 脏数据清洗

脏数据清洗的过程就是检查数据一致性,处理无效值和缺失值,通过设计算法的处理,让之前准备的大数据源变成适合于算法应用的有效数据源。

从3G用户升4G的目标上看,数据清洗至少要包括如下一些方面:去除无用的终端子型号;剔除无效套餐类型的数据,把套餐类型属性分为流量、金额进行合并和分离;去除IMSI为0、扇区号为0的异常数据等。

脏数据处理虽然从理论上讲是一个很简单的过程,但如果去除不好或者没有完全去除,会对模型建立的准确性有一定影响,因此务必要做到精确。

2.3 数据模型建立

数据建模是对现实世界各类数据的抽象组织,确定数据库需管辖的范围、数据的组织形式等直至转化成现实的数据库。

根据清洗后的数据分析,考虑到直观有效支撑营销发展和提炼出的特征有利于一线人员识别操作,可以从套餐流量、消费金额、上网时长、兴趣爱好、终端类别、政企用户、性别共7个维度进行建模,通过原始模型(原始集)、训练模型(候选集)、校准模型三步走,反复验证,让模型无限接近真实。

2.4 利用最优化算法进行用户特征提取

算法设计是大数据挖掘过程中的关键一环,关系到结果精度和挖掘效率。鉴于3G向4G迁移数据模型研究,最终输出的是一个二分类问题,在综合比较各类算法的基础上,可以选择基于决策树的随机森林算法。简单地说,随机森林就是用随机的方式建立一个森林,森林由很多决策树组成,随机森林的每棵决策树之间是没有关联的。当有一个新的输入样本进入的时候,就让森林中的每一棵决策树分别进行判断:此样本应该属于哪一类(用分类算法),然后看哪一类被选择最多,就预测这个样本属于哪一类。

选用MySQL数据库平台,编写脚本,可以得到一些成功率较高的组合模型,下面列举成功率最高的4组:

(1)上月使用流量大于1000MB,且职业为白领的,成功

表1 无线大数据结构

COLUMN_NAME	TYPE_NAME	LENGTH	定义
SERV_ID	nvarchar	100	SERV_ID
BILLING_NBR	nvarchar	40	用户号码
IMSI	nvarchar	30	用户IMSI
PPP_ID	nvarchar	40	PPP_ID
BSID	nvarchar	40	占用扇区BSID
MSC	nvarchar	20	占用扇区MSC
LAC	nvarchar	20	占用扇区LAC
CELL_ID	nvarchar	20	占用扇区CI
START_DATE	datetime	16	开始时间
END_DATE	datetime	16	结束时间
RECV_AMOUNT	numeric	12	反向流量
SEND_AMOUNT	numeric	12	前向流量
SERVICE_TYPE	bigint	8	服务类型
MDN	nvarchar	40	MDN
PID	nvarchar	40	PID
RATING_GROUP	nvarchar	40	RATING_GROUP
HOLD_TIME	bigint	8	时长

表2 用户信息大数据结构

COLUMN_NAME	TYPE_NAME	LENGTH	定义
SERV_ID	nvarchar	100	SERV_ID
TRMNL_MDL_TP	nvarchar	100	用户号码
TRMNL_BRAND	nvarchar	100	终端厂商
TRMNL_MDL_NM	nvarchar	100	终端型号

率高达90.2%;

(2)上月使用流量大于5000MB,且使用习惯为爱购物的,成功率为86.27%;

(3)上月流量大于1000MB,且套餐流量仅有500MB的,成功率为84.47%;

(4)套餐金额小于150元,且上月使用流量大于1000MB的,成功率为84%。

3 3G升4G的用户典型特征分析

根据以上校准模型和数据分析,配合地理位置、终端信息等关键因素,得出如下一些推测与结论。

3G升4G成功率较高用户的特征1: 月用流量/套餐流量

500MB及以上,在此基础上,流量使用越多,用户迁移到4G的成功概率越高;如果用户有视频偏好或者爱购物的特征则迁移概率更高。

特征2: 政企客户由于其特殊属性和单位的一些优惠政策,在同等条件下比公众客户有更高的升级到4G的成功概率。

特征3: 用户的3G终端品质和使用时长也对升级4G有重要影响。3G用户如果终端消费能力强,则4G终端新的功能和特性会吸引这些用户有更高的概率率先转为4G用户,同时用户3G终端如果使用时间过长,伴随着新终端的购买,升级为4G的概率更高,特别是年轻女性升级为4G的可能性更大。

4 结束语

从3G、4G用户感知对比来看,4G用户感知良好的比例要明显高于3G。在用户从3G升为4G之后,带来的是对运营商网络的认可,提升了品牌在用户和社会中的口碑。利用大数据分析手段,提炼出一些3G升级4G的典型用户特征,从而为更好的实现3G用户向4G迁移提供营销参考。

参考文献

- [1] "十三五"启航"互联网+"步入落地关键期[J]. 电信快报,2016,(05)
- [2] 李佳亮.大数据产业的发展现状及发展举措[J]. 商,2016,(19)
- [3] 李俊奎,王元珍,李专.一种基于规则的数据清洗方案[J]. 计算机工程,2007,32
- [4] 姚登举.基于随机森林的特征选择算法[J]. 吉林大学学报(工学版),2014,(01)

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

张继东

博士,研究方向为物联网智能组网方案、大数据算法研究、无线通信与网络信号处理。

李想

硕士,研究方向为无线网络规划优化、用户感知行为分析、物联网数据信息处理。

王晶晶

硕士,主要研究方向为无线网络用户感知提升、数据编程、无线网络优化和维护。



基于NAT组网的家客业务异构形态自动化冗余机制

王永军

中国移动通信集团河南分公司

摘要 为缓解公网IPv4地址枯竭的现状，对NAT组网技术在运营商网络中的演进以及自动化冗余方案进行分析，同时考虑安全部门的溯源需求。

关键词 IPv4公网地址 NAT 自动化冗余溯源

1 背景

近年来，宽带中国战略的提出促进光纤入户基础网络设施的完善部署，家庭宽带业务呈爆发式增长。用户接入带宽的提升推动智能家庭业务的普及，家宽用户在线时长显著增加。用户与业务的发展对IPv4公网地址提出巨大需求，然而IPv4公网地址面临枯竭，IPv6产业链的固有缺陷使得这一技术在短期内难以大规模推广普及，这种形势导致NAT（网络地址转换）技术在运营商网络中的普遍使用。

2 NAT技术

NAT作为一种成熟的技术，在IP地址能否复用方面有两种使用场景。

(1)非复用场景

这种情况下内部网络中的每台主机都被静态或动态映射成外部网络的某个合法IP地址，NAT前后的IP地址是一一映射关系，这并没有提高公网IP地址的使用效率。如果是静态映射，可以隐藏内部网络信息，但不影响对外部网络提供服务并且溯源简单方便。如果是动态映射，则需要通过NAT日志溯源。

(2)复用场景（NPAT：网络端口地址转换）

这种情况下多个私网IP地址映射到一个单独的公网IP，通过使用不同的端口实现多对一的映射，提高IP地址的使用效率。通过是否使用固定的端口块，确定静态或动态映射，动态映射仍然需要NAT日志溯源。

3 NAT设备形态

当前运营商网络的NAT设备主要以两种形态存在：独立集中式NAT、分布插卡式NAT。独立集中式NAT一般成对部署，侧挂省网核心或城域网核心节点设备，成对部署的独立集中式NAT设备互为主备，这种组网形式一般适用于家客业务发展初期或中期前的阶段。分布插卡式NAT指在城域网汇聚层SR/BRAS设备增加具有NAT功能的板卡来实现，为确保冗余，一般每台SR/BRAS至少插入两块NAT板卡，这种组网部署一般用于家客业务发展中期或业务量爆发式增长阶段。

运营商网络部署NAT设备后存在以下问题。

(1)由于在业务传输路径上增加了一跳，导致传输时延增加，业务质量降低（尤其是集中式NAT组网情况）。

(2)NAT技术特性使集中式部署的NAT需要占用两倍业务带宽资源；分布式部署NAT板卡占用SR/BRAS的槽位资源，导致SR/BRAS业务接入资源下降，投资效率降低。

(3)NAT设备的部署引入业务额外的风险和故障点，作为业务通道上的关键节点，必须要有主备冗余机制，而且最好是1+1冗余。

(4)NAT设备的部署使某些特定的业务，如网银、网上投票等，不能正常使用。

随着互联网业务的发展，对传输带宽资源的需求越来越大，用户对业务感知的要求越来越苛刻。运营商通过各种内容下沉措施缓解带宽投资需求、提高业务质量，同时对NAT

的组网结构进行同步改进，即采取省网核心集中部署、城域网核心集中部署、BRAS+NAT插卡分布部署的演进历程，使得具备NAT功能的设备越来越靠近用户。

4 异构形态NAT冗余部署

河南移动早期采用省网核心旁挂集中式NAT组网部署，随着业务量的发展及热点内容下沉，当前NAT部署逐步下沉，处于城域网核心集中式部署与BRAS+NAT插卡分布式部署的过渡阶段。当前遇到的问题：一方面大量BRAS设备业务槽位不足导致BRAS设备的NAT板卡级备份难以实现，或占用过多业务槽位资源导致业务接入资源不足，投资效率下降；另一方面，面临城域网核心集中式NAT设备即将退网闲置的问题。如果能将两者结合起来考虑，在保证业务冗余性的同时确保投资效益不下降并进一步提高IP地址利用率，将是一个很好的解决方案。

具体解决措施：保持城域网核心集中式NAT组网结构不变，BRAS+NAT插卡不考虑主备冗余，即BRAS+NAT多块插卡独立运行，业务优先使用BRAS+NAT插卡。若BRAS+NAT插卡失效，业务旁路NAT板卡自动切换到城域网核心集中式NAT疏导；BRAS+NAT插卡恢复后，业务自动切回BRAS+NAT插卡疏导。该解决措施实际上就是以城域网集中式NAT作为城域网全部BRAS+NAT板卡的冗余备份。

BRAS+NAT正常情况下和插卡失效情况下的业务流向示意分别如图1、图2所示。从图2可以看出，集中式NAT与城域网核心的链路带宽需求是实际业务需求的两倍以上。

路由发布：城域网各BRAS要发布本设备各私网地址池路由及相应的NAT后公网路由，城域网集中式NAT要发布本设备相应的NAT后公网路由。

投资效益：河南移动城域网目前有500余台BRAS设备，按每台BRAS至少节省一个业务槽位，再加上NAT板卡投资及少数早期BRAS设备必须替换以支持NAT板卡冗余考虑，将大大提高投资效益。

5 安全溯源及IP地址效率提升

考虑到安全部门的溯源需求及投资，NAT映射关系建议采用静态NPAT、固定端口块大小。根据经验值及中国移动集团规范要求，复用比不大于1:64。例如：城域网BRAS全部私网地址池使用的私网地址空间为C（假设为10.240.0.0/12，规划后分配到各BRAS地址池），BRAS+NAT板卡的NAT后公网地址聚合后为B（假设为183.204.0.0/18，复用比为1:64，规划后分别对应各BRAS私网地址池NAT后地址）。城域网集中式NAT设备针对私网地址空间C对应的NAT公网地址为A（地址块大小和B相同，

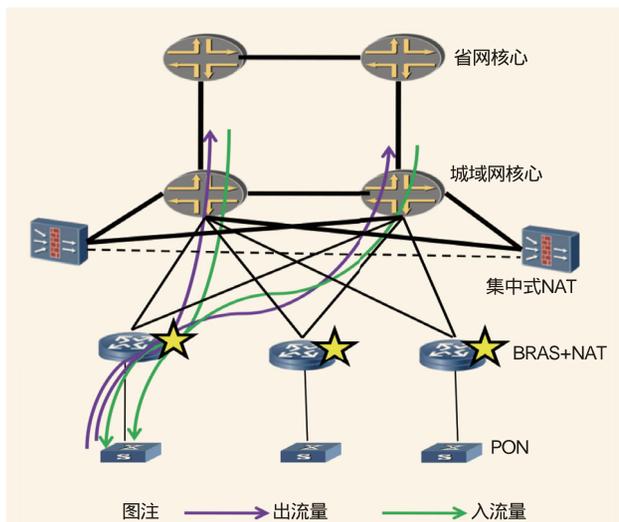


图1 BRAS+NAT板卡正常情况下的业务流向示意

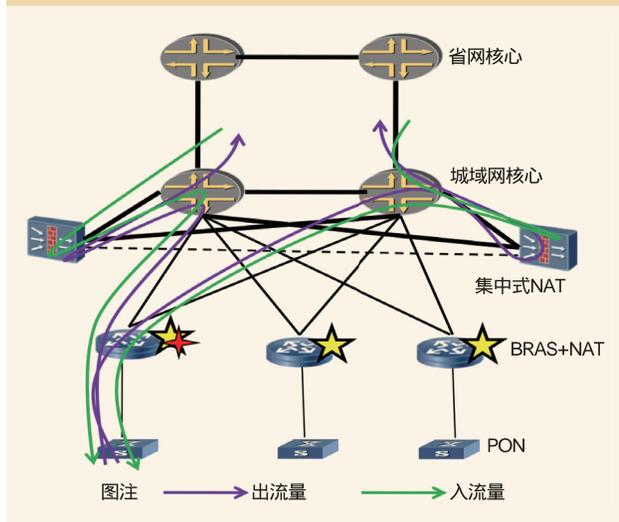


图2 BRAS+NAT板卡失效情况下的业务流向示意

但地址范围不同)。

进一步分析，为提高NAT后公网IP地址的使用效率，可以考虑BRAS+NAT板卡的NAT后公网地址B与城域网集中式NAT设备对应的公网地址A使用相同的地址范围，即A=B，此时BRAS设备的NAT后路由发布策略需做适当的调整。城域网集中式NAT设备仍发布本设备的NAT后公网路由A，各BRAS+NAT板卡除发布本设备私网地址池路由外，还要发布相应的NAT后公网路由（A的子集），并且在发布NAT公网路由时通过控制策略与NAT板卡失效检测机制相关联。即正常情况下，业务优先通过BRAS+NAT板卡疏导，BRAS设备发布相应的私网地址池路由及NAT公网路由；当NAT板卡失效时，业务旁路NAT板卡通过城域网集中式NAT疏导，此时BRAS设备只发送本设备私网地址池

路由,通过NAT板卡失效检测机制,停止发送相应NAT公网路由,确保业务回程通过城域网集中式NAT疏导;NAT板卡恢复后,业务优选NAT板卡疏导,BRAS设备继续发布相应NAT公网路由,业务自动切回BRAS+NAT板卡疏导。这种方式相对于A与B不相同的情况,NAT后公网地址的使用效率提高一倍。需要注意的是,在使用静态NPAT的情况下,当A与B使用相同的地址空间时,为方便溯源,对NAT映射关系提出更高的要求,即要求城域网集中式NAT静态映射关系与BRAS+NAT板卡映射关系保持一致。

6 结束语

引入NAT技术后,虽然运营商通过地址复用和分布式部署解决了公网IPv4地址短缺和业务瑕疵问题(某些互联网特定应用在部署NAT后不能正常使用的问题也可以通过局部的控制策略解决),但是从发展的眼光来看,根本的解决

方案还是IPv6普遍使用。期待产业链能一致行动,共同推动IPv6的产业化进程。

参考文献

- [1] Geoff Bennett.TCP/IP互联网的规划与设计[M].北京:电子工业出版社,1997
- [2] 华为技术有限公司.ME60产品手册[Z]
- [3] 上海诺基亚贝尔股份有限公司.7750SR-12产品手册[Z]
- [4] 杭州迪普科技股份有限公司.DPtech FW1000系列应用防火墙用户

手册[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

王永军

现就职于中国移动通信集团河南分公司,主要负责河南移动CMNET省网及城域网的维护管理工作。

迪普科技为山东大学打造“智美”校园

山东大学分布在济南、青岛和威海3地,共8个校区,随着学校规模的加大,校园网的建设和服务正在逐步向更高的标准靠拢。迪普科技帮助山东大学在安全保障、数据融合、服务优化等方面不断提升,为在校师生提供了具有良好使用体验的“智美”校园。

数据中心安全保障。山东大学中心校区数据中心支撑着全校170多个网站以及其他众多的业务系统,原有部署的安全设备已经不能满足日益增加的网络安全需求。因此,迪普科技为山东大学提供了“云安全·硬实力”数据中心解决方案:通过部署防火墙、IPS入侵防御系统、Web应用防火墙和漏洞扫描等设备实现全面的安全防护。值得一提的是,迪普科技还采用物理旁路、逻辑引流的部署方式,将安全设备与数据中心核心交换机连接,避免当安全设备出现问题时,正常业务转发受到影响的可能性,从而既保证安全又实现数据中心的高可靠性。

校园网出口优化。在山东大学的“3地8校区”中,位于济南的中心校区承担了济南范围内6校区的所有出口流量——18Gbit/s带宽,校园网出口是否“强壮”直接影响6所校区老师和学生的上网体验。在此背景下,迪普科技提供“融慧管通”校园网出口解决方案。山东大学校园网出口主要运行2组链路,其中一组重点保障科研应用,另一组则支撑普通互联网应用,迪普科技在这两条链路出口处部署两台DPX8000-A12设备及高性能负载均衡板卡,通过双机多虚一的虚拟化技术实现负载均衡资源池整合,同时在虚拟资源池中应用一虚多技术,保证每台虚拟出口负

载均衡网关分布在两台硬件设备上,实现链路带宽保障。

校园内网安全防护。山东大学校园网内网承载着校内师生的网络接入功能,用户数量大,覆盖范围广。在运行过程中,经常发生个别异常终端的异常行为,影响大面积用户正常上网的情况,并且运维后期还会面临异常定位慢,事后追溯难的问题。为改变校园网内网缺乏安全管控手段的现状,山东大学采用迪普科技自安全园区网解决方案对中心校区内的邵逸夫科学馆、化学院两座楼宇进行改造。迪普科技经过详细的实地考察后,应用自安全园区网解决方案替换原有网络汇聚、接入以及WLAN设备,用三步实现“自安全”:一是,从接入层实现内网异常的发现与定位;二是,黑白名单模型下实现内网流量管控,内部互访流量通过白名单按需放通,对外访问流量则通过黑名单保护访问安全;三是,通过内网异常的可视化展现,帮助学校实现快速响应。

校园安全服务建设。在山东大学的授权下,迪普科技安全服务团队从网络、主机、应用、终端、数据、物理、管理共7个方面,对山东大学核心网、山东大学数据中心、山东大学中心校区的关键业务系统进行渗透测试及评估,有效发现网络中的安全漏洞、安全隐患、安全风险。迪普科技还结合山东大学的信息安全需求,从安全组织、安全技术、安全管理三个层面,为山东大学提供“十三五”期间的信息安全规划。除此之外,迪普科技还在山东大学中心校区和青岛校区建立攻防实验室,为师生提供攻防实验培训课程,并提供教师培训、配套教材以及完备的攻防演练设备,帮助授课教师建立良好有序的实验环境。