

大数据环境下的电力客户服务数据分析系统^①

周文琼

(广东科学技术职业学院 计算机科学技术学院, 珠海 519080)

摘要: 作为电网企业对外服务窗口, 电网客户服务中心需要整合企业内部各种异构数据资源、存贮和分析海量的客户服务语音信息和 WEB 服务信息. 如何对电网企业各类数据进行高效、可靠、低廉地存储, 并快速访问和分析, 是当前重要的研究课题. 首先分析了大数据的特征和大数据的关键技术, 其后, 设计了大数据时代下的电力客户服务数据分析系统, 提出了系统的数据体系架构, 设计了系统功能, 总结了系统的关键技术和算法, 该系统利用大数据技术和数据仓库技术集中存储、管理和应用电网数据, 通过元数据管理实现统一的数据服务平台, 使用 Hadoop 数据库作为非结构数据的存贮平台和数据分析与挖掘的支撑平台, 基于 CDC 数据仓库 ETL 模型设计数据仓库 ETL 构件, 在数据展示层使用多维数据分析技术. 最后, 综述了系统应用案例, 实践表明, 系统具有成本低、扩展性较好、可靠性高、并行分析等特点, 可以大大提高电网企业的客户服务水平.

关键词: 大数据; Hadoop; 电力客户服务; 数据分析; 数据仓库

Power Customer Service Data Analysis System in Big Data Environments

ZHOU Wen-Qiong

(Computer Engineering Technical College, Guangdong Institute of Science and Technology, Zhuhai 519080, China)

Abstract: As an external service window of power grid enterprise, the customer service center needs to integrate heterogeneous data sources within the enterprise, storage and analysis vast amount of customer service voice information and WEB service information. Hence, it becomes a very important topic on how to carry out the way to store various types of data in power grid efficiently, reliably, inexpensively and with availability of quick access and analysis. We have analyzed the key features and key technologies of big data, and designed the customer service data analysis system for power enterprises under big data Era. This paper covers data architecture, major system functions, key techniques and algorithms of the system. The system is designed on top of big data technology and data warehouse technology to centralized store, manage and use data, to achieve a unified data services platform through metadata management. The system is using Hadoop database for unstructured data storage, which works as data analysis and mining support platform as well. The data warehouse ETL component is designed based on CDC data warehouse ETL model, while the data presentation layer is using multidimensional data analysis techniques. Furthermore, the paper includes case review of the system which proves that the system is low cost with better scalability, reliability and parallel analysis features, etc. It may greatly improve the customer service level of power grid enterprise.

Key words: big data; Hadoop; power customer service; data analysis; data warehouse

大数据日益受到学术界、产业界和政府部门的关注. 数据作为一种无形资产的价值正日益得到认可, 在大数据时代, 电网企业需要重视并建立大数据体系,

掌握大数据存贮与分析技能, 发掘大数据价值, 从而为自身的转型发展提供强劲动力^[1-3].

随着中国宏观经济的强劲增长、智能电网的发展

^① 基金项目: 广东省中小科技型企业创新基金(2013B011201377); 国家中小科技型企业创新基金(12C26214405399)

收稿时间: 2014-08-08; 收到修改稿时间: 2014-09-30

和电网规模的不断扩大,电网运营复杂度不断提高,需要综合运用先进的技术和管理手段,提高电网运维和客户服务水平.国内电网公司已初步建成国内领先的信息集成平台,从规模和类别上来看,电网企业的业务数据已初具规模,电网业务数据主要分为三类:一是电网生产数据,包括发电量和电压稳定性等数据;二是电网运营数据,包括交易电价、用电客户、售电量等数据;三是电网企业管理数据,包括ERP系统、协同办公、一体化平台等数据.多年来广东电网某市电网分公司在企业信息化的进程中积累了来自于电力营销系统、95598客户服务中心系统、配网系统等信息化系统的海量数据,但各信息系统间除了开放接口传输数据外,基本无其他协作性操作,数据传输操作通常会因为电网对象规约的升级而带来语义不一致问题,且随着接口开放的日益增多,系统间的数据调用呈蛛网状,不但阻碍了电网企业新电力服务的实施,而且不利于信息系统的维护.

目前国内电网企业已经获得了海量、实时的电网业务数据,具备了规模性、多样性、实时性的特征,电网企业对大数据的存储、分析、管理等需求强烈,本文针对电网企业客户服务中心系统目前存在的数据局限性、需要企业内部海量数据支撑的现状,根据南方电网客户服务管理工作的业务内容和发展趋势,设计了大数据环境下的电力客户服务数据分析系统,提出了系统的数据体系架构,设计了系统功能,总结了系统的关键技术和算法.该系统旨在利用大数据技术集中存储、管理和应用电网数据和信息资源,并进行数据分析、数据挖掘、辅助决策.系统通过对电网和电力客户服务的各类数据(结构化、半结构化和非结构化)采集、清洗与集中,利用标准数据模型、数据仓库、大数据平台对电网客户服务各类数据进行整合与优化;通过元数据管理实现数据服务平台,统一和规范各类数据资源;使用Hadoop数据库作为非结构化数据的存贮平台和数据分析与挖掘的支撑平台;基于CDC的数据仓库ETL模型设计ETL构件;在数据展示层使用多维数据分析技术;在数据分析时,使用数据聚合与数据挖掘技术.系统重点实现了实时客服报表、KPI客服指标管理,通过对电力客户服务各类营销数据、客户服务数据、电网设备的远程监视,可以帮助维修人员快速定位故障,提高电网企业的客户服务水平.

1 大数据处理技术

1.1 大数据特征

大数据概念的内涵可以用大数据的4V(Volume、Velocity、Variety、Value、)特点来描述^[4-7].

①Volume 规模性,是指巨大的数据量以及其规模的完整性.数据的存储从TB级别跃升到PB级别或更高的EB级别,与社交网络技术的迅速发展、网络技术和数据存储和的发展相适应,数据量的数量级骤升,且要求数据具有完整性.其典型应用案例之一是对推特数据进行分析以了解人们的心理状态,推特的数据量约12tb/天.

②Velocity 高速性,是指现实中对数据的实时性需求.随着移动网络的发展,人们对数据的实时应用需求更加普遍,使得大数据具有移动性.例如,通过智能手机关注交通、天气、物流等信息,这类信息检索要求高速性,高速性要求具有时间敏感性和决策性的分析,即能在第一时间抓住重要事件发生的信息.例如:需要分析5亿条日实时呼叫的详细记录,以预测客户的流失率.

③variety 多样性,是指数据类型繁多、数据源异构.例如网页、网络日志、图片、视频、地理位置、来自传感器的监测数据、视频信号等,这些来自日常运营系统的各类信息等组成了一个大数据集,同时意味着需要在海量、种类繁多的数据间发现其内在关联.应用大数据多样性的原理是:保留一切需要的、有用的信息,舍弃那些不需要的数据,并发现有关联的数据,加以收集、分析、加工,使其变为有意义的信息.

④value 价值性,是指价值具有稀缺性、不确定性和多样性.2012年互联网发展趋势会议中,有两幅生动的图像用来描述大数据,其中一张图是整整齐齐的稻草堆,另外一张图是稻草堆中缝衣针的特写.寓意是通过大数据技术的帮助,可以在海量信息中找到你所需要的东西.以视频为例,连续不间断监控过程中,可能有用的数据仅是一两秒钟内的图片.

综上所述,大数据时代带来的挑战不仅体现在大数据存贮、大数据处理、从巨量数据中获取有价值的信息,更体现在如何加强大数据技术研发,抢占时代发展的前沿.

1.2 大数据的关键技术

大数据由海量的结构化交易数据、半结构化交易

数据、非结构化数据、交互数据组成,大数据技术主要解决海量数据和交互数据的数据捕捉、存储、计算、挖掘、展现和应用等问题。

大数据技术的国内发展情况。目前国内外大数据的解决方案具有多种模式,其中, Hadoop 是大数据技术架构的行业标杆和示范,它由 Apache 软件基金会研发,是谷歌大数据平台的 HDFS 和 MapReduce 的开源实现,凭借其对非结构数据的处理与分析技术、大规模并行处理技术和简单易用等特点,已成为业界主流技术。

在应用领域和赢利模式上, ORACLE、IBM、微软、Facebook、谷歌等跨国巨头在不同时间陆续推出各自的大数据方案。Oracle 提出了大数据软硬一体优化集成解决方案, Oracle 大数据应用的硬件部分由服务器、CPU、内存、磁盘空间和网络部分组成,软件部分由 Oracle Linux、Oracle JDK、Cloudera Hadoop Distribution、Cloudera Manager、NoSQL DataBase 等组成, Oracle 行业解决方案包括:移动用户行为统计分析、基于日志和访问内容的用户画像、语义分析和搜索引擎实时处理、海量指纹识别以及人脸识别查询系统、分布式大数据存储和管理系统、海量历史数据分析平台、基于互联网的舆情监控系统等。IBM 提供了全面的大数据解决方案 InfoSphere, 主要包括两个部分: BigInsights、Streams, BigInsights 基于 Hadoop, 增加了文本分析、统计决策工具,且在可靠性、安全性、易用性、管理性方面提供了工具, Streams 采用内存计算方式分析实时数据,可以动态地分析大规模的结构化和非结构化数据, IBM 大数据平台适合于企业级应用。微软在 Microsoft Windows Azure 平台上提供基于云端的 Hadoop 服务,且在 Windows Server 上提供基于本地的 Hadoop 版本,且与 Microsoft Business Intelligence 平台无缝结合,使用户能借助熟悉的工具以及公用的数据和服务来丰富他们的模型。Facebook 数据处理分析平台 PUMA,通过对数据多处理环节区分优化,相比之前单纯采用 Hadoop 和 Hive 进行处理的技术,数据分析周期从 2 天降到 10 秒以内,效率提高数万倍。谷歌推出新一代搜索引擎平台和大数据分析核心技术,包括五个核心技术系统:一是基于 Percolator 的增量处理索引系统,该索引系统被命名为 Caffeine,用来取代 MapReduce 批处理索引系统;二是分布式存储 Colossus 也被称为 GFS2(二代 Google 文件

系统),专为 BigTable 设计;三是列存储数据库 BigTable,支持大数据集互动分析的 Dremel 和 PowerDrill, Dremel 用来管理非常大量的大数据集, PowerDrill 用来分析少量的大数据集;四是 Google Instant 提供服务的实时搜索引擎存储和分析架构;五是谷歌更快捷的网络和图算法 Pregel。

国内大数据技术的发展呈现良好势头。华为提供了基于 x86 服务器的 SmartVision 大数据处理解决方案,催生数据基础架构的革新,该方案引入了流处理机制、提供统一的存储处理平台、提供基于虚拟机的弹性服务方案,是一项系统性的工程。阿里巴巴三步走发展策略“平台、金融、数据”,2011 年,阿里巴巴推出“数据魔方”产品,商家可以直接获取行业宏观情况、自己品牌的市场状况、消费者在自己网站上的行为等情况;2012 年阿里巴巴集团的“聚石塔”正式发布,“数据分享平台”战略全面展开,阿里巴巴将成为更强壮的数据平台和服务电商。

2 系统设计

系统针对供电企业建立的 95598 客户服务中心如何改进营销效果、提高客户满意度的问题,提出供电企业呼叫中心话务的数字化管理模型,建立电力客服数据分析及运营辅助决策系统,该系统以数据统一规划、信息资源共享为基础,通过客服话务信息及业务数据的整合,建设高度集约、高度智能的综合数据监控平台,实现客户服务资源图形化、服务状态信息化展示。系统采用量化管理的分析手段,形成了相应的行为策略;量化管理的分析手段是指萃取有意义的信息数据,分析原因和结果,并预测发展趋势,为运营绩效的评估、决策以及运营的改善提供支持;策略运营则在呼叫中心量化的话务管理上,定期分析呼叫中心运行的内、外部衡量指标,与参考行业“最佳实践”基准进行比较,找出存在的问题并及时解决,综合考虑呼叫中心的外部参考指标与内部参考指标,严格按照优秀标准来引导呼叫中心的运营,并建立自动化模型,提供一定的专家智能。

2.1 数据体系架构设计

以《南方电网公司客户服务监控业务模型说明书》为依据,系统从整体上分为四个层次:数据整合&源数据层、数据仓库&Hadoop 系统&Stream 流计算层、数据服务平台层、分析型应用层,其体系结构如图 1 所示。

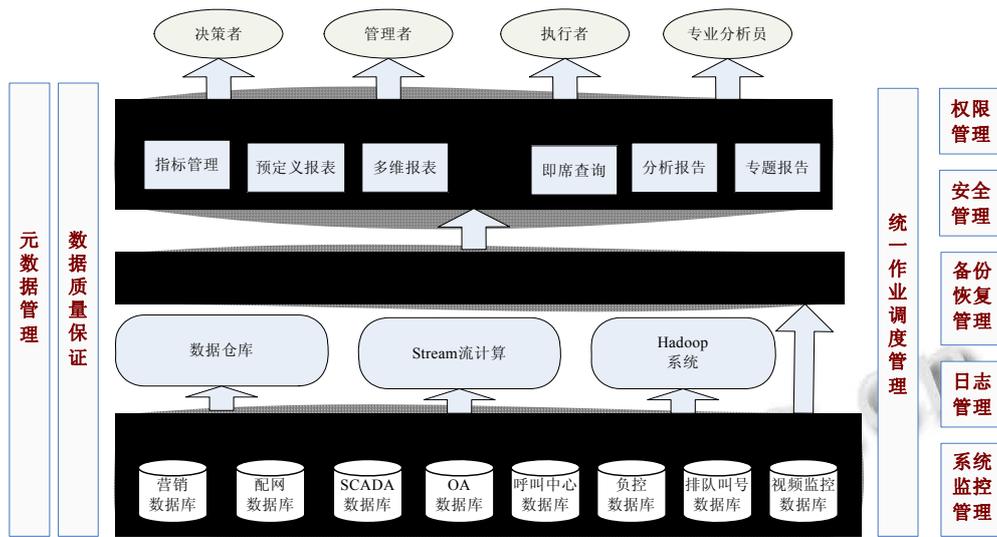


图1 系统数据体系架构图

①数据整合&源数据层。源数据库主要是电网企业八大业务系统数据库：呼叫中心数据库、营销系统数据库、配网系统数据库、SCADA系统数据库、负控系统数据库、OA系统数据库、排队叫号机系统数据库、营业厅视频监控系统数据库；对异构的八大数据源的访问节点进行统一配置和管理。

②数据仓库&Hadoop系统&Stream流计算层，Hadoop系统主要用于存贮非结构化数据，如呼叫中心的电话录音信息、呼叫中心自助服务的按键信息、WEB服务数据、企业OA系统的文档数据、企业微博数据和元数据XML等，Hadoop分析这些原始数据并能提高系统性能；Stream流计算用来分析文本、语音和图像信息，它快速判定对于特定问题下某类数据的相关性；数据仓库则是为电网公司电力营销和客户服务的决策制定过程提供支持的电力营销数据的战略集合，其中，数据ETL(Extract-Transfer-Load, 提取、转换和加载)的设计和实现是极其重要的过程，也是数据仓库中数据分析的基础和关键性构件。

③数据服务平台层。在数据仓库&Hadoop系统&Stream流计算层和分析型应用层之间，构建一层代理层，统一进行数据管理与数据访问，在该层具有两个特性：模型数据映射和性能优化，前者实现业务模型各属性与底层不同类型数据源的模型数据映射，支持对关系型数据库、数据仓库和非关系型数据库的访问，提供基于业务模型的统一查询和更新API；后者提供基于热点缓存平台的为二级缓存、异步并行的数

据查询、并发保护和高危查询过滤等。

④分析型应用层。该层主要包括数据展示构件、数据分析构件和报表构件等，并向决策者、管理者、执行者和专业分析者等用户提供驾驶舱、报表分析和图形化分析等数据访问和数据展示。基于统一的数据服务平台，利用前端工具，完成各类报表、数据分析与挖掘的定制、生成、发布等工作，集成展现工具，完成KPI管理、预定义报表、多维报表、即席查询、专题报告的分析展示和数据应用。

2.2 系统功能设计

在系统分析型应用层，系统结合实际业务划分合理的业务功能，“围绕一个中心、抓住两个指标、建立三个体系、完善四个机制、提高五个能力”营销工作思路，实现服务环节全过程监控、服务质量全过程监控，对外打造客户问题解决中心，快速应对和解决客户的需求，全面提高客户服务能力和水平。系统的功能结构如图2所示。

系统主要包括六个业务模块：服务质量与客户感知监控、综合服务质量评价管理、客户服务质量分析、大屏展示、监控工单管理和全景调度联动与信息支撑。

服务质量与客户感知监控：是指供以客户感知为出发点、营销指标监控为手段、信息化系统为技术支撑，通过“四个监控，一个分析”，即对客户停电及故障急修服务情况的监控，对营销业务流程客户体验点的监控，对各服务渠道运营情况的监控，对营销服务人员工作情况的实时监控，以及对客户服务质量及问题

处理能力综合分析,实现客户服务体系全过程管控。

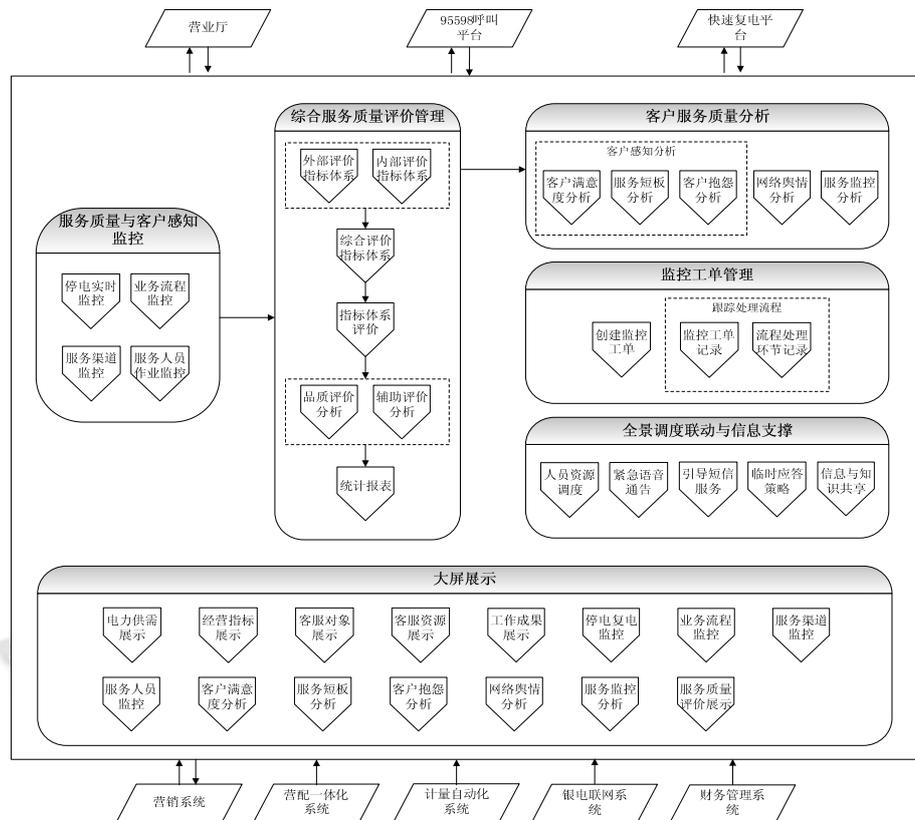


图2 系统功能结构图

综合服务质量评价管理：是指对供电企业的服务品质进行综合评价，在分析供电服务现状的基础上建立服务品质的内部评价体系和外部评价体系，然后将二者结合起来确立核心内容：建立供电服务品质综合评价指标体系，并对现有的、历史的评价数据进行深度挖掘，实现对供电服务品质指标进行数据整合和统计分析的综合评价功能。

客户服务质量分析：是指根据服务质量指标体系，对客户服务质量进行自动化统计分析。客户服务质量分析主要分析对象为客户感知价值，客户感知是客户与服务系统之间在互动过程中的“真实瞬间”的感受，是影响客户服务感知的直接来源。客户感知是客户满意度的延伸和深化，当需要一个既量化又有细节的工具来指导各单位及部门开展服务质量提升工作的时间，可以通过客户感知研究，获得一个既量化而又具体到细节的结果。

大屏展示：是指系统从服务质量与客户感知监控、综合服务质量评价管理、客户服务质量分析自动

获取数据后，对业务及服务的各项内容及指标，通过大屏幕进行实时、动态、分类展示的过程。

监控工单管理：监控工单管理，是指对客户服务质量监控中出现的非话务异常自动生成监控工单，并对所有该类工单进行统一管理和跟踪处理。

全景调度联动与信息支撑：是指通过紧急语音通告、人员资源调度、引导短信服务、临时应答策略等调度策略进行调度，并全程记录服务过程，构建一个“全景”客户服务中心，并以信息与知识共享平台为信息支撑，给客户服务人员提供知识辅助。

3 关键技术与算法

3.1 面向大数据的 ETL 模型

面向大数据的 ETL 模型，必须满足一定的性能目标。为了提高效率，系统的数据抽取策略应对不同的数据源采用不同的方法，系统的数据处理策略应利用 MapReduce 的分布式计算，系统的数据加载策略应支持并行装载。

针对电网的结构化数据设计 ETL 模型, 可将电网结构化数据的 ETL 行为表达为:

定义 1. 电网结构化数据 ETL 行为模型是一个四元组 $N=(P,W,O,M)$, 其中, P 表示 OLTP 数据源的数据集合, W 表示数据仓库的数据集合, O 表示多个相互独立的 ETL 任务集合, M 表示数据仓库建模的元数据集合.

定义 2. ETL 任务 $O=\{O_1, O_2, O_3\}$, O_1 表示数据抽取任务, 根据数据仓库元数据直接从源系统中抽取数据; O_2 表示数据导入任务, 主要负责将接口文件区的数据表映射到数据仓库过渡文件区的数据表并进行相关的数据转换、清洗和导入; O_3 表示集成任务, 负责按照数据仓库模型, 对过渡区中的数据进行数据验证 (Validation) 和数据对照 (Mapping), 并且将进过检验过的数据集成到数据仓库区中.

要实现 O_1 数据抽取任务, 有两种数据抽取策略是: 全量抽取策略和增量抽取策略. 前者是在数据抽取时全新加载数据源数据, 后者是在全量抽取的基础上, 后续数据抽取任务只抽取上次抽取以后的变更数据. 以下说明基于 CDC 的数据抽取模型.

定义 3. 设 T 是 ETL 过程的数据源表, T_i 是 T 在时刻 i 的数据仓库过渡区中的数据副本, $T_i=\{D,T\}$, 其中 D 表示时间戳.

定义 4. 设 I 是 T 从 i 时刻至 $i+1$ 时刻的数据变更副本, 则 $I=\{L_{sn}, M, T_o, T_n\}$. L_{sn} 表示发生数据变更的日志号, M 表示数据变更操作, T_o 表示变更前的数据或删除前的数据, T_n 表示变更后的数据或新增的数据.

定理 1. 存在 F 映射 $F:\delta(T_i, I)\rightarrow T_{i+1}$, 根据 T_i 、 I 映射获得 T_{i+1} .

定理 2. 因为 $|I| < |T|$, 在获得 T_{i+1} 时, 与直接对数据表 T 做选择运算相比较, 定理 1 的映射 F 的效率可以大大提高, 并且对源数据库的性能影响较小.

定义 5. 在数据仓库过渡区中, 从 T_{i+1} 映射到事实表 S , 可用关系代数表示如下:

$$\Pi_{col,stat}(\sigma_{时间戳\ between\ (i, i+1)}(T_{i+1}))$$

其中 $stat=\{Max, Min, Count, Sum, Avg\}$, 即首先获得 T_{i+1} 在 $[i, i+1]$ 时段中的事实数据, 再按照数据仓库的元数据定义, 作相关的聚集投影运算.

3.2 多维数据分析技术

由于电力客服管理涉及的对象繁多, 其中对象的属性各不相同, 工作表格也甚为复杂, 来自电力营销及配网等方面的数据量和信息量与日俱增, 如何高

效、简便、直观地对客服信息进行管理 & 分析处理, 并能有效地为施工和决策人员服务, 是提高客户服务效率及客户服务管理水平的关键技术之一.

多维数据分析具有很强的人机互动性、数据表达的灵活性, 业务人员可以完全脱离技术人员的帮助, 360 度全方位自由地分析数据, 在联机交互分析的过程中, 大量的信息特别是“例外”信息被发掘出来. 使用相应的分析模型工具对数据仓库中的数据进行相关分析后, 生成不同导向的分析模型 (包括服务质量指标分析和服务质量主题分析等), 不同用户可通过多层和多维数据库对分析结果进行访问.

3.3 数据聚合与数据挖掘

① 统计分析. 针对电力客户服务管理组织方式的 主题分析, 设计了基于电力客户服务业务信息和电力客户服务分析指标两维度指标的多维数据模型. 数据统计值主要有 6 个统计值: 累计值、增量值、平均值、最大值、最小值和标准差值. 按照各类空间数据特点, 生成点、线、环等电力客户服务的基本支撑业务数据, 再进行数据处理 (如: 概率抽样、假设检验、相关性分析、回归和决策树分析), 以实现分析空间数据. 并在统计分析基础上, 进一步实现客服数据挖掘建模和矩阵计算, 实现具有切片、钻取和钻透等功能的数据分析立方体.

② 预测数据分析. 在大数据基础上, 数据挖掘预测模型的建立相对更为复杂, 数据准备环节至关重要, 需要紧密结合业务规则和挖掘模型, 优化和模型化电力客服数据形成低维度精简数据集或精简深度数据. 系统主要进行线性回归模型、对数线性模型和多维尺度模型建立与分析.

③ 决策数据分析. 利用系统进行定量分析和统计分析, 其中, 算法在 BI 分析中处于及其重要的地位. 常用 BI 算法有: 时间序列算法、线性回归算法、神经网络算法、因子分析算法、主成分分析算法、聚类分析算法等. 本系统主要实现分类回归树算法, 并对该算法进行封装, 该算法主要用于在没有隐含假设前提下, 预测变量与因变量之间的线性相关性.

4 系统应用实例

南方电网某电网公司以数据服务平台为基础, 以客户和市场为导向, 建立了数字化管理模型, 建立了专属营销的系统性算法模型库, 从而发现各类电

力营销相关数据之中的隐藏关系, 提供直观、全面、多维且深入的电力数据分析和数据预测, 提高了电网企业的服务质量和营销能力. 该公司对 95598 客服系统、电力营销 MIS 系统、计量自动化、配网系统等营销相关系统的业务系统数据进行整合, 提取出 190 个 KPI 数据指标, 设立预警阈值进行实施检查, 对营销各环节进行全过程、全方位、全维度的闭环分析管理, 及时发现系统相关问题并进行督察办理, 从而改善了客户服务质量, 提高了工作效率. 例如, 系统中某些 KPI 主题是一个相对独立的仪表盘页面, 仪表盘页面的主要有模板、内容区和层组成, 其中客户构成仪表盘页面如图 3 所示.



图 3 客户构成仪表盘

5 结语

电网企业积累了海量的电网数据, 电网客户服务中心作为统一的对外服务窗口, 一方面, 需要整合企业内部各种数据资源, 另一方面, 电网客服中心也积累了海量的语音信息和 WEB 服务信息, 未来的电网客户服务将是依托大数据处理分析技术的全景电网客户服务中心. 作为数据服务平台的基础, 大数据技术

和数据库仓库为电网企业异构的各类数据提供了存储和分析的平台, 基于大数据和统一数据服务平台的电网客户服务分析系统将会为电网企业内部各信息系统的互通提供支持, 并成为客户服务的重要支撑和辅助决策, 该系统具有成本低、扩展性较好、可靠性高、并行分析等特点, 但在数据隐私性和数据安全性方面仍有不少的挑战, 有待人们去探索^[8-10].

参考文献

- 1 宋亚奇,周国亮,朱永利.智能电网大数据处理技术现状与挑战.电网技术,2013,37(4):927-934.
- 2 竺刘丹,曹建彤,王璐.基于大数据的商业模式创新研究——以国家电网为例.当代经济管理,2014,36(6):20-26.
- 3 梁小宇,张纯,丁文东,等.基于电力载波通信的电能质量监测系统设计.武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2013,35(5):659-663.
- 4 周江,王伟平,孟丹,等.面向大数据分析的分布式文件系统关键技术.计算机研究与发展,2014,51(2):382-394.
- 5 王元卓,靳小龙,程学旗.网络大数据:现状与展望.计算机学报,2013,36(6):1125-1138.
- 6 申德荣,于戈,王习特,等.支持大数据管理的 NoSQL 系统研究综述.软件学报,2013,24(8):1786-1803.
- 7 宫夏屹,李伯虎,柴旭东,等.大数据平台技术综述.系统仿真学报,2014,26(3):489-496.
- 8 周文琼,徐猛,尚敏,等.基于工作日历的工作流时间管理的研究与实现.测控技术,2013,32(7):91-94.
- 9 周文琼,李庆忠,范路桥,等.SaaS 模式多租户数据存贮模型的研究与实现.计算机科学,2013,47(10):194-197.
- 10 周文琼,王乐球,曹重,等.基于 ORACLE 物化视图的电力营销系统优化.东莞理工学院学报,2012,19(3):50-57.