

基于应用层数据模式的电量计费系统的研究和开发

杨忠良,吴文传,张伯明,孙宏斌,汤磊,徐春晖

(清华大学电机工程系,北京 100084)

摘要: 分析了电量计费系统的数据访问的特点,设计并实现了一种基于应用层数据模式的数据访问机制,简化了应用程序的数据访问逻辑并真正实现了应用程序与底层数据的逻辑独立,提高了系统的现场适应性和可扩展性。同时在此基础上完成了基于商用数据库的用户自定义的数据统计模块和用户可定制的报表生成工具,方便了用户对系统数据的分析。该系统已经在鞍山电业局投入运行。

关键词: 电量计费; 数据模式; 通用报表

中图分类号: TM734 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4987(2002)-0019-05

1 引言

随着电力企业的深化改革和电力供求关系的逐步转变,实行以经济手段为基础的商业化管理模式和加强电网电能动态监测管理已迫在眉睫,电力市场是电力企业发展的必然趋势,作为电力市场支撑平台的电量计费系统 TMS (Tele-Metering System) 也就越来越受到人们的重视,并不断提出新的要求。

由于历史的原因,电量计费系统通常是一个集成系统。它要集成关口数据采集系统,大用户的负荷控制数据采集系统以及变电所和自建电厂的数据采集系统的多个数据源,同时数据量非常庞大,要求统计灵活,通用性、扩展性强。传统的电量计费系统是直接将应用建立在这种复杂的数据结构的基础上,实现复杂,模块之间耦合大,严重限制了系统的通用性和功能的扩展,不能适应电量计费系统发展的要求。

本文提出了一种基于应用层数据模式的新的数据访问模式,大大简化了应用程序的数据访问逻辑并使应用程序与底层数据完全逻辑独立,使电量计费系统的通用性和现场适应性大大加强,方便了系统功能的扩展,能够满足电量计费系统的不断发展的新的需求,并在此基础上设计和实现了基于商用数据库的自定义数据统计工具和用户可定制的报表生成工具。

2 系统总体结构

基于应用层数据模式的电量计费系统的软件结构如图 1 所示。

电量计费系统的数据库包括四部分数据:关口数据,负荷控制大用户数据,SCADA 系统数据和变电站

线路的电压和电量数据。这几个系统的数据的结构各不相同,为应用程序的数据访问造成不便。通过一个数据解析中间层,为上层应用程序提供了一个基于应用层数据模式的接口。这种数据访问方式,真正实现了上层应用与底层数据的逻辑独立性,数据描述逻辑简单,运行速度快,通用性、扩展性好。

在此基础上,实现了自定义统计功能和可定制报表功能,这两个部分是电量计费系统的重要功能。

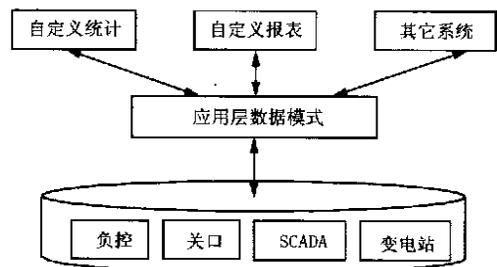


图 1 基于应用层数据模式的系统软件结构

Fig. 1 The software structure of TMS based on application layer data mode

3 基于应用层数据模式的数据访问机制的设计和实现

3.1 传统的数据访问解决方案

对于这个问题,传统的解决方法就是编写访问底层数据库的 API,上层应用调用这些 API。这种方式虽然也能解决我们的问题,但存在如下弱点和不足之处。

(1) 接口与上层应用程序耦合大,修改 API 需要重新编译和发布程序,对于一个客户端较多的系统,这是一个很麻烦的问题。修改接口,应用程序需要修改。

(2) 访问速度慢,电量计费系统中有大量的数据访问,有时候这些数据之间存在相关性,这种方式不能充分利用这些特点,在大量的数据访问的情况下,速度比较慢。

3.2 基于应用层数据模式的数据访问方式

虽然电量计费系统的数据源比较复杂,但是从应用的角度看,电量计费系统的数据需求还是非常规范的。一般是某个测点的某时刻的某个量,比如:某测点在某时刻的表底数据或是电压等;或是某测点在一段时间的某个量,比如:某测点在一段时间内的电量、最高电压、最大需量等等。不管系统的数据是以什么方式存储,这些需求才是系统最终需要的,并且这些数据一定可以通过底层数据计算出来。我们称这种数据的描述方式为应用层数据模式。应用层数据模式是对电量计费系统数据的更高层次的抽象。

如果上层应用程序都是以这种应用层数据模式描述底层数据,那就可以实现上层应用程序与底层数据的逻辑独立。底层数据结构修改或是增加新的数据,只要我们能保证应用层数据模式不变,就可以不用修改上层应用程序。

3.3 应用层数据模式的理论基础

应用层数据模式不同于 API,它不是一种应用层编程接口,而是一种数据库层次的数据抽象,是关系数据库的三层模式结构的扩展,如图 2 所示。

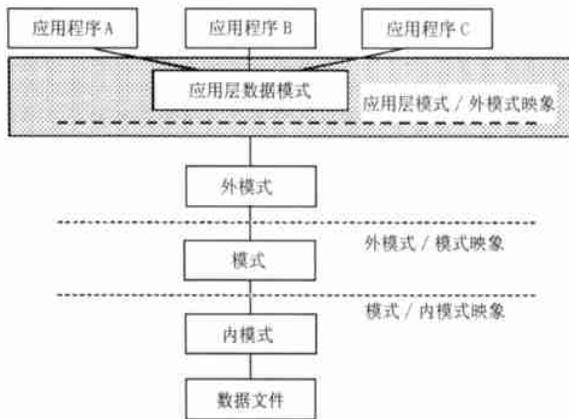


图 2 数据库模式的层次结构

Fig. 2 the layer structure of database model

关系数据库的逻辑结构分为三层数据模式:内模式、模式和外模式。

内模式描述的是数据库系统数据的基于文件系统的存储结构,对于大型数据库,一般都是以 B 树

结构存储,数据块之间以指针连接。这是数据库的物理结构。

模式描述的是数据库系统的基于二维表格的结构,将数据看成是关系的集合。这是数据库的逻辑结构。

外模式描述的是从用户的角度看到的数据库系统的逻辑结构。

在这三层结构之间,关系数据库提供了两个映像,内模式/模式映射和模式/外模式映像。

内模式/模式映像,实现了从基于指针的物理存储结构到基于关系集合的逻辑结构之间的数据抽象,为上层提供一个与底层数据物理存储结构无关的逻辑结构,实现了数据库系统的物理独立性。

模式/外模式映像,将数据库的一般的逻辑结构转变成适合于特定用户的特殊的逻辑结构,这种映像一般是通过数据库的视图实现的。这个映像一方面是为了方便用户,另一个目的也是为了实现上层应用与数据库逻辑结构的独立性。当模式结构修改,如果我们能通过视图保持外模式不变,就可以保证上层应用程序不用修改。

由于数据视图只能实现数据表之间的关系运算,对于非关系的运算就无法实现,所以模式/外模式的映像能实现的逻辑独立性是非常有限的。我们提供的基于应用层数据模式的中间层,就是建立一个数据库外模式到应用层数据模式的逻辑映像,为上层应用程序提供一个与底层数据完全逻辑无关的数据库访问模式。

3.4 模式映像的实现方法

外模式/应用层数据模式映像的实现过程如图 3 所示。从图 3 可以看出,程序分为四个层次。

最上层是应用程序,它需要访问底层数据。

第二层是应用程序访问底层数据的接口。这一层主要包括两个表,一个是数据需求表,它是访问数据的输入。它是按照应用层数据模式描述的,含义为:某个需求编号对应的数据是某变电站的某测点的对应开始时间到结束时间的某数据量。比如:(1, 红一变, 1# 主变, '2002/1/1', '2002/2/1', 电量)的含义为:1 号需求需要的数据为红一变 1# 主变在 2002/1/1 到 2002/2/1 时段的电量数据。因为需求是批量提交的,所以需要有一个编号来区别。另一个表是数据结果表,它是结果的输出,只有数据需求编号和数据计算结果。其中需求编号就是数据需求表中的编号。

第三层是模式映射层,是应用层数据模式与底

层数据的映射,它也包括两个表。一个表是测点配置表,用来描述某变电站的某测点的数据是由那个采集系统采集的,编号是多少。其中测点编号是主键。

另一个表是数据量配置表,用来描述应用层数据模式的数据量与底层数据的映射关系,即某采集

系统的某个量是由哪个表的哪一列经过什么运算得到。运算方式对应一种对数据的处理,比如:最大值,最小值,平均值,累加,求电量,求最高电压等。

最后一层是原始数据层,也就是电量计费系统的原始数据表。原始数据表中的数据都是带时标数据,格式为:测点编号+采集时间+数值。

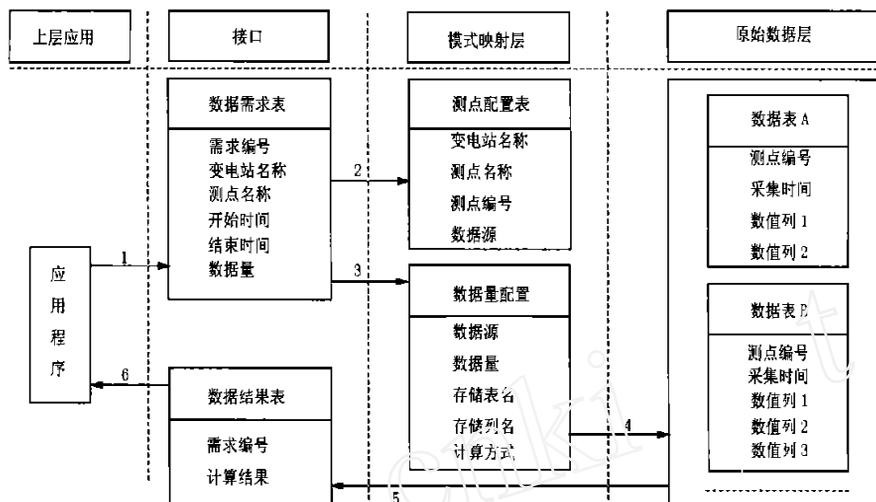


图3 数据映射的实现过程

Fig. 3 The implementation procedure of data mapping

数据访问的过程如下(各步骤对应图中的箭头编号):

第一步:应用程序首先将需要的数据全部写入数据需求表,对下一层提出数据需求。

第二步:根据数据需求表中的变电站名称和测点名称到测点配置表中查到该测点对应的数据源和测点编号。

第三步:根据数据需求表中的数据量和第二步查到的数据源,到数据量配置表中查到该数据量是对底层数据的哪个表的哪一列执行什么操作得到。

第四步:根据第二步查到的测点编号、数据需求表中的开始时间和结束时间,对第三步查到的那个表的那一列执行相应的运算,得到计算结果。

第五步:将结果写入数据结果表。

第六步:应用程序从数据结果表读取数据计算结果。

以上的第二步到第五步都是由外模式/应用层数据模式的映象解析程序完成。应用程序只需向数据需求表写入数据需求,再调用映象解析程序,然后就可以使用数据,完全不用关心这个执行过程,这就大大简化了应用程序的数据访问逻辑。

3.5 基于模式映象方式的性能分析

基于模式映象的数据访问方式在性能上也有很多优于API方式的特点。

(1) 应用程序访问数据库方便直观

应用程序按照应用层数据模式的格式访问数据库,只需要提供需要什么数据,而不用关心底层的数据结构和这些数据是怎么计算出来的。应用层数据模式结构简单,物理含义明确。

(2) 真正实现了上层应用程序与底层数据的逻辑独立性

如果底层数据结构修改了,只需要修改数据映射关系和解析程序,保证应用层数据模式的结构不变,上层应用程序可以不用修改。使上层应用程序真正与底层数据结构逻辑独立。

(3) 通用性和可扩展性好

通过数据映象方式可以使应用程序适应于不同的数据环境,对于不同的数据环境,数据映射解析过程会有所差别。并且如果应用层数据模式扩展了,我们只需要将扩展的数据量写入数据量配置表,上层应用程序就可以访问到这个数据量,使系统平滑升级。

(4) 运算速度方面也会比 API 方式有大大提高,主要有如下几个因素。

a. API 方式的数据访问一般通过 ODBC 等应用层接口,而模式映象方式大部分操作都是用存储过程完成,服务器的性能通常也优于客户端机器。

b. API 方式应用程序需要调用大量的 API 函数,访问逻辑也相对复杂,而模式映象方式只需要调用一次且数据访问逻辑简单。

c. API 方式需要大量的网络数据传输,而模式映象方式传输的数据量非常少。

d. API 方式只能每个需求独立地处理,而在大量访问数据库的时候,模式映象方式可以批量处理,依靠数据之间的相关性,可以大大提高处理速度。我们在报表计算中对这两种方式进行了比较,使用数据映射方式,报表的计算时间一般为几秒到十几秒,而利用 API 方式,相同报表的计算时间一般要 1 min 到 2 min。

3.6 模式映象方式与传统方式的比较

模式映象方式与传统的 API 方式的比较如表 1 所示。

表 1 API 方式与模式映射方式的比较

Tab. 1 The comparison of the API mode and the data mapping mode

	API 方式	模式映射方式
性质不同	应用程序层编程接口	数据库层逻辑抽象
实现工具不同	高级语言,比如 VC 等	主要是存储过程,也需要高级语言
实现方式不同	每个 API 函数独立访问数据库	有一套统一的代码来实现模式映象
接口不同	通过输入参数和函数的返回值	通过数据库表
与应用程序耦合度	大,如果 API 修改需要修改程序或重新编译	小,扩展模式或修改映射不用修改应用程序,可维护性和可扩展性好
计算速度	大量独立的数据访问,速度慢	批量计算,速度快

4 基于应用层数据模式的应用程序实例

基于商用库的自定义数据统计功能和用户可定制报表是电量计费系统中的两个重要应用,下面就以这两个应用为例,说明应用程序如何使用这种数据访问方式,以及这种数据访问方式为应用程序的编写提供了什么好处。

4.1 基于商用库的自定义数据统计功能

电量计费系统采集的数据是原始数据,有必要

对这些数据进行进一步的分析和统计。由于电量计费系统用户的需求比较多,如果根据用户的需求做特定的程序来完成数据的统计,那工作量是非常大的,如果需求改变,也要修改程序,系统维护的工作量也非常大。如果能提供一种自定义的分析统计工具,让用户自己定义数据的统计方式,将大大减轻程序的开发和维护工作量,用户使用也方便灵活。

4.1.1 自定义统计的特点

电量计费系统的数据都是带时标数据,对它的统计处理从形式上分为两种,一种是时间的纵向运算,也就是对应某测点的一段时间的量,它往往会有比较明确的物理含义。另一种情况是时间的横向运算,也就是对应相同时间段内的不同测点对应量之间的算术运算或逻辑运算,不同时间段的不同测点的量之间的运算是没有意义的。

从以上分析可以看出,对数据库的统计运算应该可以分解为两个步骤,首先是计算一段时间内的某测点对应的量,然后对相同时间段的这些量进行算术运算或是逻辑运算。比如计算一个变电站的每小时不平衡电量,首先需要计算每条线路一小时的电量,然后再用所有输入线路的电量之和减去输出线路的电量之和。第一步运算是数据库的运算,第二步运算不涉及数据库,只是数量之间的运算,这是编译原理的一些理论的应用,在此不多介绍。第一步对数据库的定义和计算是自定义数据统计的重点和难点。

4.1.2 自定义统计的实现方法

定义某测点的对应一段时间的量并且这个量有明确的物理含义,这正是我们应用层数据模式所能提供的。系统所有能够提供的数据量在数据量配置表中都有描述,在定义这个量的时候直接从系统的数据量配置表中选择就可以了,它的计算也是由模式映象解释程序完成。也就是说,自定义统计时只需要指定需要什么数据量和对这些数据量如何处理,而不用关心这些数据量如何存储和计算,使定义和计算的过程都结构清晰,物理含义明确,大大简化了程序实现。

4.2 用户可定制的报表生成工具

报表系统也是电量计费系统的重要应用。电量数据可以说是电力系统最重要的数据,每个部门都很关心,他们也需要制作各种各样的报表,用来对数据进行分析 and 统计。所以电量计费系统的报表量非常大,并且格式也比较多,情况比较复杂。如何生成这些大量的,结构复杂的报表,也是电量计费系统的

重要问题。

4.2.1 可定制报表的设计思想

Excel 是广泛使用的,功能强大的报表制作工具,并且提供了二次开发工具 VBA (Visual Basic Application)。所以,Excel 就成了我们开发通用报表的首选工具。我们的思路是,利用 Excel 的强大的表格制作功能制作表格,然后针对每一个单元格定义一个数据源,这个数据源定义了一种对数据库数据的统计运算。

4.2.2 报表的定义和生成

报表的每个单元格的数据也应该是对应某测点的一段时间的量,它应该也有明确的物理含义,这也是应用层数据模式可以提供的。报表定义也就是指定每个单元格需要显示什么数据量(从数据量配置表中选择),而不管这些数据是如何存储和计算的,这些工作都是由系统实现。对于一些比较复杂的统计,可以将它做成自定义统计量,在报表定义中直接使用统计结果,因为自定义统计可以实现一些比较复杂的数据处理。

4.3 基于应用层数据模式的应用程序的特点

基于应用层数据模式的应用程序具有如下特点: 1) 数据访问逻辑清晰,实现简单; 2) 数据描述与底层数据完全逻辑无关; 3) 能够随应用层模式的扩展平滑升级。这两个程序都是支持自定义的,如果应用层数据模式扩展,即增加了新的数据量,这个数据量就会写入系统的数据量配置表,应用程序不用修改就能直接访问。

5 现场工程实例

以上系统已经在鞍山投入运行,取得了良好的效果。

鞍山的电量计费系统集成了关口采集系统,负控采集系统,SCADA 采集系统以及我们系统自身采

集的数据,这几个系统的数据结构各不相同。鞍山局有采集测点大约 500 个,数据量大约每年 5 G。目前系统已经正常运行两年,数据库中有 10 G 的数据量。

用户定义了计算点 100 多个,每个周期执行时间只要 30 s 左右。用户自己定制了 150 多张报表,满足了系统运行的要求,报表生成的时间一般在 8 s 到 20 s 之间,速度能够满足用户的要求。

6 结束语

本文提出的基于应用层数据模式的数据访问机制,它是对电量计费系统数据的更高层次的抽象,为应用程序提供了一种与底层数据完全逻辑无关的数据描述方法,使应用程序的数据访问逻辑大大简化。同时,这种数据访问方式运行速度快,通用性、可扩展性好,能够适应电量计费系统的不断发展的新的需求。并在此基础上设计了自定义统计和可定制报表工具。

参考文献:

- [1] 张晶. 面向电力市场的电能量计费系统[J]. 电网技术, 2001, 25(2): 52 ~ 56.
- [2] 刘志坦, 谭志强, 傅军. 电网电能计费系统及其现状和发展[J]. 继电器, 2001, 29(2): 56 ~ 58.
- [3] 杨冬青, 唐世渭. 数据库系统概念[M]. 北京: 中国机械工业出版社, 2000.

收稿日期: 2002-05-15

作者简介:

杨忠良(1973 -), 男, 硕士, 研究方向为电量计费;

吴文传(1973 -), 男, 博士, 从事调度自动化系统的研究;

张伯明(1948 -), 男, 教授, 博士研究生导师, 从事电力系统运行、分析和控制的科研和教学工作。

The research and development of tele-metering system based on application layer data mode

YANG Zhong-liang, WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming, SUN Hong-bin, TNAG Lei, XU Churr hui

(Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper analyzes the property of data access of TMS and a data access mechanism based on application layer data mode is designed and realized, which simplifies the application data access logic and the logic independent between application and database is then realized and the adaptability and expansibility is improved. Based on the mechanism, a user defined statistics module and a user designable report create tool are completed, which make it easy to analyze the data for the user. The system is already in run in Anshan electric bureau.

Key words: tele-metering system; data mode; flexible report