

利用Petri网检测的主动数据库技术在电网监控中的应用

李骥, 周步祥, 陈实

(四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065)

摘要: 在电网监控系统过程中, 数据往往是被动访问, 而在整个监控过程中又存在各种主动性需求, 因此, 建立能实现主动服务的主动数据库系统已成为可能。结合电网监控系统的功能需求介绍了主动数据库技术, 给出用于电网监控的主动数据库模型。分析了主动数据库技术中的复杂事件检测所存在问题, 提出了利用 Petri 网检测技术解决此问题的策略。Petri 网, 一种分析并行系统的算法模型, 本身具有同时性和异步性的特点, 因此, 用其可更好的模拟电力系统中复杂事件发生的不确定性。通过一典型事例说明了利用 Petri 网检测的主动数据库技术在电网监控中应用的可行性、高效性。

关键词: 主动数据库; 电网监控; 复杂事件检测; Petri 网

Application of active database technology using Petri net detection in power network supervisory and control

LI Ji, ZHOU Bu-xiang, CHEN Shi

(Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: In the monitor and control process of power system, the data are usually visited passively. However, the whole monitor and control process requires all kinds of active visits. Therefore, it is possible to establish the active database system, which can realize active service in the power system. According to the function requirements, this paper describes the active database technology and gives the active database model. It presents the method of Petri net by analyzing the composite event detection in active base technology. Petri net, a kind of arithmetic model to analyze parallel system, has the characteristics of synchronism and asynchronism, so it is used to better simulate the uncertainty of complex event detection in power system. Through the typical application, it is proved the effectiveness and feasibility of active database using Petri net in the power network supervisory and control system.

Key words: active database; power network supervisory and control; composite event detection; Petri net

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)13-0078-04

0 引言

电网监控包括两个过程:一是数据采集、传输、存储;二是调度端根据调度需求,通过访问数据库,实现调度功能。在这两个过程中,数据库中的数据往往只是被动地等待外部程序的访问,而在整个监控的过程中又存在各种主动性需求,如:越限告警、变位告警、主动发现及处理故障。因此,依靠原来单一的被动的访问数据库来实现电网监控不能很好地满足实时性。随着数据库技术的发展,在监控系统中建立能实现主动服务的主动数据库模型已成为可能。

本文介绍了主动数据库系统的原理和其在监控系统中的应用,并着重对主动数据库技术在电网监控中复杂事件检测方面进行了分析,提出了有效

的检测方法,以使主动技术更好地为电网监控服务。

1 主动数据库技术及模型

主动数据库系统(ADBS)相比其他数据库系统的优势在于:能提供强大的主动服务功能;根据实时数据库中内容的变化,主动完成数据库的功能。主动数据库通过主动规则的执行实现其主动服务,其模型^[1,4]可归纳为:ADBS=DBS+EB+EM。

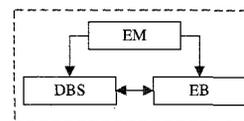


图1 主动实时数据库模型

Fig.1 The model of active database

其中 DBS 是一个传统的关系型数据库, 用来存储数据和数据进行维护、管理、应用。

EB (事件库) 是一组由事件驱动的主动规则的集合, 每一项主动规则表示在相应的事件发生时如何主动地执行其中包含的由用户预先设定的动作; 其中, 主动规则的表现形式是: ECA (事件-条件-动作) 规则。定义如下:

```

RULE<规则名>[(<参数>, ...)]
  WHEN<事件表达式>
  IF<条件 1> THEN<动作 1>:
  ...
  IF<条件 n> THEN<动作 n>:
END RULE<规则名>

```

其中, 规则名用来标识该规则, 其后的参数可选。事件表达式描述的是该规则要处理的事件。条件表达式是一种合法的逻辑公式, 如果条件表达式的值是真, 则执行动作序列。动作序列是当相应的事件发生并且条件满足时应做的一系列预定的动作, 也可以进一步引发另一个事件。

EM (事件监视器) 是一个随时监视 EB 中的事件是否已经发生的监视模块, 一旦监视到某事件已经发生时即主动地触发主动规则, 按 EB 中指明的相应知识执行其中预先设定的动作操作事件库和关系型数据库。

主动数据库的核心是 EB 中的主动规则模块和 EM 中的事件监视模块。其中, 事件监视模块里对事件模型定义的好坏和事件检测机制的优劣将影响主动规则的执行效率。下面将着重从事件监视部分讲述对主动数据库的改善。

2 主动数据库的事件模型

主动数据库的事件模型^[1]主要由基本事件和复杂事件构成。

2.1 基本事件

结合电力系统, 基本事件分为两类: 与时间相关的基本事件和与数据库状态相关的基本事件。

与时间相关的基本事件: ① $t = t_0$ 的事件是瞬时事件。如定时输出报表是这一事件的典型应用。② $t \geq t_0$ 的事件是区间事件。数据更新是该事件一种典型应用。

与数据库状态相关的基本事件: 在数据库中某些值发生改变时, 则相应事件发生。如越界报警, 遥信变位是这一事件的典型应用。

2.2 复杂事件

一般来说, 电力系统的复杂事件可由基本事件

通过运算获得。运算规则如下:

- 与运算AND: $E_1 \text{ AND } E_2$, 表示 E_1, E_2 两个事件同时发生。
- 或运算OR: $E_1 \text{ OR } E_2$, 表示 E_1, E_2 两个事件中任一个事件发生。
- 相继发生运算FOLLOW: $E_1 \text{ FOLLOW } E_2$ 表示 E_1 事件结束后立即发生 E_2 事件的事件。
- 之前发生运算BEFORE: BEFORE E 表示 E 事件发生之前的事件。
- 之后发生运算AFTER: AFTER E 表示 E 事件发生之后的事件。

3 主动数据库的事件检测

对于基本事件的检测, 其事件构成较简单, 实现起来较易。但对于复杂事件, 所采用算法的不同, 检测的结果就大不一样。由于一个基本事件可能是多个复杂事件的成分事件, 该基本事件的发生可能导致多个复杂事件的发生, 这就必然会存在事件冲突。本文介绍了一种具有同时性和异步性的检测算法——利用 Petri 网的复杂事件检测算法。

3.1 相对时序算子

组成复杂事件的每个基本事件都有其发生时间, 据此, 可以引入时序算子 (pre, at, post) 把它们在时间轴上统一起来便于分析其逻辑关系。令 E 是任意一个事件表达式, E 有其发生时刻, (pre E) 表示相对 E 发生时刻之前的偏移; (at E) 表示与 E 相同的发生时刻; (post E) 表示相对 E 发生时刻之后的偏移。当事件 E 发生时, (pre E), (at E), (post E) 均为发生事件, 但具有不同的发生时刻。算子 pre, at, post 可以嵌套并与选择发生 (|)、合并发生 (&)、相继发生 (;) 等运算符相复合, 表示任意复杂的相对次序关系。从而在任意要求的精度内量化时序事件的发生时刻。本文中, 相对时序算子用 ts 表示。

3.2 Petri 网

Petri 网^[7,9,10], 一种分析并行系统的算法, 具有同时性和异步性, 不同先后次序发生的状态变化可以导致不同的结果, 因此, 用 Petri 网可以更好地模拟电力系统中复杂事件发生的不确定性。

定义: Petri 网是六元组 (P、T、A、F、C、M), 其中:

P 是库所的集合, 结合电力系统可以表示基本事件。

T 是变迁的集合, 结合电力系统可以表示为基本事件运算构成复杂事件的过程。

$A \subset \{P \times T\} \cup \{T \times P\}$ 是弧函数的集合。结合

电力系统,引入的相对时序算子可作为弧函数。

$F = \{id, pre, at, post\}$ 是弧函数的集合。

$C = \{c_1, c_2, c_3, \dots\}$ 是库所状态集合,结合电力系统, C 表示事件发生时的状态信息,其中 $c_i = ts_i$, 由弧函数通过运算得到。

M 是当前标记向量。结合电力系统,表示组成复杂事件的各基本事件是否发生。

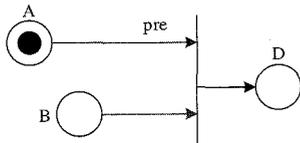


图2 Petri 网的简单模型

Fig.2 Sample model of Petri net

如图所示:圆圈表示P(库所),圆圈中的黑点表示M(标记),垂直线段表示T(变迁),有向线段表示弧函数。图中表示的复杂事件:

$$D = (pre(A) \& B).$$

Petri 网以库所的变迁为主导,以标记为变迁发生依据。一次变迁分为变迁的输入和变迁的输出。当所有作为变迁输入的库所拥有标记时,变迁才能发生。变迁发生后,作为变迁输出的库所则拥有标记,而作为变迁输入的库所标记消失,从而可能引起新的变迁。这样数次变迁后,则可判断最终库所(即复杂事件)是否发生及得到发生时的状态信息。其算法流程图如图3所示。

3.3 典型应用

本文研究的利用 Petri 网检测的主动数据库技术在四川省江口水电站监控系统中得以运用。江口水电站其硬件结构如下:发电机3个,可调变压器5个,主要线路12条,可发生故障总数98个。对于这种小系统的电网监控,多重故障即引起多个复杂事件出现的现象较多,系统中存在不少事件冲突,而利用 Petri 网检测的主动数据库能较快的检查出事件和较好地解决冲突,从而,满足系统的实时性。其实现方式^[2,3]是通过改造原有 SCADA 数据库的基础上通过现有数据库触发器功能加以实现。下面以

主变电气故障处理主动服务为例:

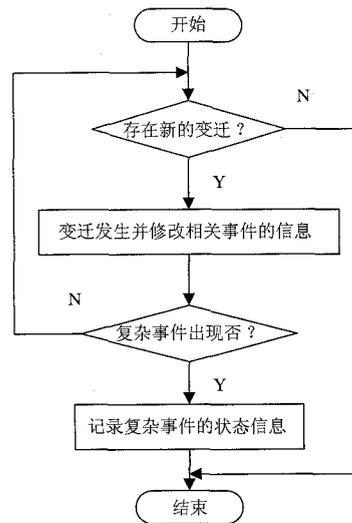


图3 Petri 网算法流程图

Fig.3 Diagram of Petri net algorithm

```
CREATE TRIGGER<主变电气故障处理触发子>
{AFTER}<触发事件1—主变保护动作>
ON<主变保护对象表>
{AFTER}<触发事件2—与主变相关开关动作>
ON<与主变相关开关对象表>
WHEN <触发条件1—电气故障处理1>
BEGIN <触发操作1—电气故障处理1> END
...
WHEN <触发条件n—电气故障处理n>
```

BEGIN <触发操作 n—电气故障处理 n> END
其中,触发事件(主变保护动作、与主变相关开关动作)属于复杂事件。数据库系统实时采用 Petri 网检测技术检查是否有复杂事件发生,如果有,再根据触发条件判断采取相关电气故障处理操作。从而实现主动服务功能。

通过原有 SCADA 系统、改造后的主动数据库系统、利用 Petri 网的主动数据库系统对电网中故障的检测处理时间对比,可得到如表1的比较结果。系统运行硬件环境: Intel 双核 3.0GHz, 4G 内存, Oracle9i 数据库。

表1 比较结果

Tab.1 The result of comparison

基本事件数量 /个	复杂事件数量 /个	原 SCADA 系统处理时间 /ms	主动数据库系统处理时间 /ms	利用 Petri 网的主动数据库系统处理时间 /ms
5-6	13	0.121	0.067	0.040
10-11	26	0.261	0.153	0.089
20-30	50	0.394	0.241	0.135

由表1可知,当复杂事件成倍增长时,采用主动数据库能大大缩短系统处理时间,利用Petri网的主动数据库又能改进主动数据库技术中的不足(如复杂事件间的冲突等),从而达到进一步缩短检测和处理时间,使系统更能满足实时性。

4 结论

主动实时数据库技术将实时性要求高的电网监控功能变成由数据库主动来实现,这种数据应用模式更符合实时监控的过程。通过引入 Petri 网检测机制,能更好地保证主动实时数据库和结合主动实时数据库的电网监控系统的实时性。通过进一步研究事件的运算规则和构成复杂事件的方法,可以实现更加复杂的功能。

参考文献

- [1] 周步祥,阮树骅,赵鸿图. 电网监控中的主动实时数据库技术[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(12): 39-41.
ZHOU Bu-xiang, RUAN Shu-hua, ZHAO Hong-tu. The Active Real-Time Database Technology in Power Network Supervisory and Control[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(12): 39-41.
- [2] 辛勇军,李咸善,胡翔勇,等. 主动的对象数据库技术及其在电力系统自动监视与控制中的运用[J]. 继电器, 2001, 29(4): 42-44.
XIN Yong-jun, LI Xian-shan, HU Xiang-yong, et al. The Active Object-oriented Databases Technology and Its Applications in Supervisory and Control Systems[J]. Relay, 2001, 29(4): 42-44.
- [3] 文本颖,谈顺涛,袁荣湘. SCADA系统中主动实时数据库技术的研究与运用[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(6): 85-87.
WEN Ben-ying, TAN Shun-tao, YUAN Rong-xiang. A Study on the Active Real-Time Database and Its Application on the SCADA System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(6): 85-87.
- [4] 毕利. 主动数据库的模型及实现途径[J]. 计算机工程, 2000, 26(9): 102-104.
BI Li. The Model of Active Database and Realization Ways[J]. Computer Engineering, 2000, 26(9): 102-104.
- [5] 何新贵. 具有主动功能的程序设计语言及其实现技术[J]. 计算机学报, 1996, 19(3): 221-229.
HE Xin-gui. The Application of the Programming Language Which Has Active Function[J]. Chinese J Computers, 1996, 19(3): 221-229.
- [6] 刘艳琼. 面向对象的主动技术在电网监控中的运用[J]. 四川电力技术, 2004, (2): 37-39.
LIU Yan-qiong. The Application of the Object-Oriented Active Database Technology[J]. Sichuan Power Technology, 2004, (2): 37-39.
- [7] 袁崇义. Petri网原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
YUAN Chong-yi. The Theories and Methods of Petri Net[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [8] 蒋昌俊. Petri网理论与方法综述[J]. 控制与决策, 1997, 12(6): 631-636.
JIANG Chang-jun. Research Survey on Theories and Methods of Petri Net[J]. Control and Decision, 1997, 12(6): 631-636.
- [9] Gatzju S, Dittrich K R. Detecting Composite Events in Active Database Systems Using Petri Nets[M]. IEEE Computer Society Press, 1994.2-9.
- [10] Widom J, Ceri S. Active Database Systems: Triggers and Rule for Advanced Database Processing[M]. Morgan Kaufmann Publishers, 1996.1-332.

收稿日期: 2007-10-22

作者简介:

李骥(1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统自动化及其计算机应用; E-mail: lijie_firefox@163.com

周步祥(1965-), 男, 博士, 教授, 从事电力系统自动化及其计算机应用的研究和教学工作;

陈实(1977-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为电力系统自动化。

(上接第 60 页 continued from page 60)

- [5] 谢强,李杰. 电力系统自然灾害的现状与对策[J]. 灾害学, 2006, 15(4): 16-21.
XIE Qiang, LI Jie. Current Situation of Natural Disaster in Electric Power System and Countermeasures[J]. Journal of Catastrophology, 2006, 15(4): 16-21.

作者简介:

王明(1970-), 男, 本科, 工程师, 研究方向为电力系统; E-mail: wgdd_wm@126.com

叶青山(1966-), 男, 本科, 工程师, 研究方向为电力系统;

王得道(1983-), 男, 大专, 助理工程师, 研究方向为电力系统。

收稿日期: 2007-10-19; 修回日期: 2007-12-10