

# 数据融合在智能电网中的应用研究

李向阳, 李玲娟, 陈建新, 徐小龙

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

**摘要:**数据融合是一种自动化信息综合处理技术。智能电网是物联网的一项重大应用,它具有海量的终端设备和海量的采集数据,为数据融合技术提供了很好的研究点和应用点。为了明确数据融合在智能电网中的应用方向和方法,文中首先介绍了数据融合技术的原理,分析了智能电网的特点;接着分别从数据的采集、传输、处理三个方面探讨了数据融合在智能电网中的应用;最后给出了数据融合在线路监测、设备监测和用户信息采集方面的应用意义和具体方法。为进一步展开研究提供了可选方向和技术参考。

**关键词:**数据融合;物联网;智能电网

**中图分类号:**TP274

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2012)04-0215-04

## Research on Application of Data Fusion in Smart Grid

LI Xiang-yang, LI Ling-juan, CHEN Jian-xin, XU Xiao-long

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** Data fusion is a comprehensive automatic information processing technology. Smart grid is one of the major applications of Internet of Things, it has large numbers of terminals and mass collected data, so it provides good chance for data fusion research and application. In order to nail down the application directions and methods of data fusion in smart grid, the principle of data fusion and the characteristics of the smart grid are introduced; The applications of data fusion in different phases of the smart grid, such as data collection phase, data transmission phase and data processing phase are analyzed, and the meanings and methods of applying data fusion to detect and monitor lines and equipment and to collect the users' data are given. Thus, the feasible research points and the technical reference can be gotten from this paper.

**Key words:** data fusion; Internet of Things; smart grid

## 0 引言

智能电网是电力产业信息化的产物,是物联网的主要应用之一。智能电网的主要任务之一就是通过电网中各种感知数据的分析处理来监控电网的运行,产生对电网的优化管理方案。数据融合是一种自动化信息综合处理技术,起源于二十世纪七十年代初期,目前在无线传感网中得到广泛的应用,也是智能电网中智能信息处理的重要手段。

文中首先对智能电网的特点、智能电网的全程监测网络架构、智能电网对数据融合技术的需求进行了分析和研究;接着重点从数据的采集、传输和处理三个方面探讨了数据融合在智能电网中的应用,给出了应用的意义、方法和原理。

收稿日期:2011-08-21;修回日期:2011-11-26

基金项目:国家“973”计划资助项目(2011CB302903)

作者简介:李向阳(1985-),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为数据融合技术;李玲娟,教授,博士,研究方向为数据挖掘、信息安全、分布式计算。

## 1 数据融合技术

数据融合是一种自动化信息综合处理技术,是实现情境感知的重要手段<sup>[1]</sup>。该技术利用多源数据的互补性和智能计算技术来综合处理具有时空特性的数据,从而更精确地描述现实环境,对情境做出准确的识别和判断。可以说,各种传感器是数据融合的基础,多源数据是数据融合的对象,协调优化和综合处理是融合的核心<sup>[2]</sup>。

●数据融合的基本原理如下:

- (1) 多个不同类传感器收集被观测目标的数据;
- (2) 对传感器输出的数据进行特征提取的变换,提取代表观测数据的特征矢量  $Y$ ;
- (3) 对特征矢量  $Y$  进行模式识别处理,完成各传感器关于目标的说明;
- (4) 将各传感器关于目标的说明数据按同一目标进行分组,即关联;
- (5) 用融合算法将各传感器数据进行合成,得到该目标的一致性解释与描述。

●数据融合的作用主要体现在以下几个方面:

(1) 能耗方面: 由于单个传感器的监测范围和可靠性是有限的, 在部署传感器网络时, 为了增强整个网络的可靠性和感知信息的准确性, 通常要使传感器节点达到一定的密度, 有时甚至需要多个节点的监测范围互相交叠<sup>[3]</sup>。这种重叠会使来自相邻节点的感知数据出现某种程度的冗余, 而对冗余数据的传输会产生不必要的能耗。如果各中间传感器节点在转发数据之前运用数据融合技术消除冗余数据, 最小化传输数据量, 将有效地节省能耗。

(2) 信息的准确性方面: 无线传感网中被部署在各种各样环境中的节点通常价格低廉, 它们感知的信息会由于自身的精度不够、无线信号易受干扰、所处环境条件恶劣等因素而不可靠或不准确。此时, 可以运用数据融合技术对多个传感器所采集的被监测对象的数据进行融合来消除信息的不确定性, 提高信息的可信度。

(3) 网络拥塞方面: 如前所述中间传感器节点可以运用数据融合技术消除冗余数据, 从而减少所需传输的数据量。显然, 数据量的减少有助于减轻网络的传输拥塞, 降低数据的传输延迟, 减少传输中的冲突碰撞现象, 也能提高无线信道的利用率<sup>[4]</sup>。

## 2 智能电网

### 2.1 智能电网的概念

关于智能电网, 不同领域的专家给出了不同的定义<sup>[5]</sup>, 比较主流的定义有四种。第一种把智能电网看成是一个自动化的供电网络, 能对其中的每一个用户和节点进行实时监控, 能保证从发电厂到用户端电器之间的每点上电流和信息的双向流动; 它通过分布式智能、宽带通信和自动控制系统的集成, 保证实时的市场交易和电网中各成员间的无缝连接及实时互动。第二种是把智能电网归纳成三个层面: 用传感器实时监控发电、输电、配电、供电各个环节的关键设备的运行状况; 通过网络系统收集、整合所获得的数据; 对数据进行分析、挖掘, 实现对整个电力系统运行的优化管理。第三种认为智能电网综合运用传感技术、嵌入式处理技术、数字化通信和 IT 技术, 把电网的信息集成到电力公司的流程和系统中, 使电网可观测、可控制和自动化, 打造更加清洁、高效、安全、可靠的电力系统。第四种观点是: 智能电网通过传感器把各种设备、资产连接到一起, 形成一个客户服务总线, 从而对信息进行整合分析, 以此来降低成本, 提高效率, 提高整个电网的可靠性, 使运行和管理达到最优化<sup>[6]</sup>。

### 2.2 智能电网的特点

智能电网的主要特点可以归纳如下:

(1) 良好的自愈和自适应性: 智能电网能实时掌

握和控制电网的运行状态, 能及时发现并快速诊断和消除故障隐患, 能快速隔离故障和自愈, 防止大面积停电。

(2) 高的安全可靠: 能辨识各种人为的和自然的扰动并做出合理的反应, 保证人身、设备和整个电网的安全。

(3) 高效性: 能通过优化资源配置提高资源利用率, 能通过动态浮动电价实现用电供需平衡, 从而实现整个电力系统优化运行。

(4) 良好的兼容性: 同时支持大电源的集中接入、分布式发电接入和可再生能源的大规模应用。

(5) 良好的互动性: 能实现与用户的智能互动, 为用户提供高的电能质量和供电可靠性; 能与批发及零售电力市场实现无缝衔接。

## 3 智能电网中的数据融合

通过智能电网的定义, 可以清楚地看到, 智能电网不仅要实时地采集大量的原始数据, 把这些信息传输到计算中心, 同时还要对这些大量的原始数据进行信息处理, 从而把这些难以理解的原始数据转变为易懂的信息。数据融合在智能电网中起着十分重要的作用。在传感器数据传输过程中, 通过数据融合能够降低网络数据传输总量、减少网络拥塞发生、提高网络性能; 在数据计算中心, 通过数据融合, 特别是异类数据的融合能够将传感器的原始数据融合成一些易懂的信息或是决策。

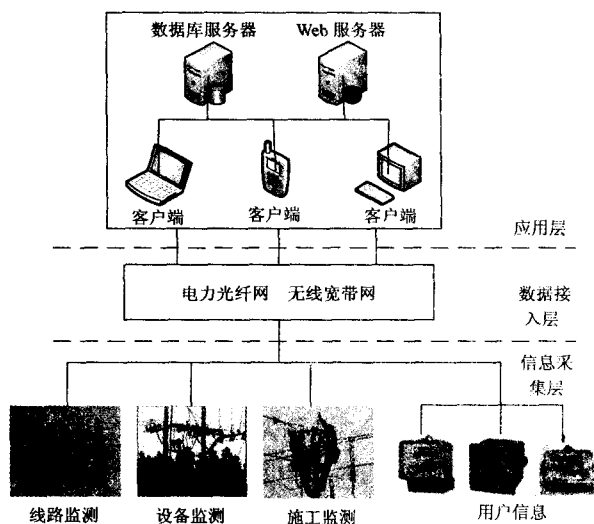


图1 电网生产过程的全程监测网络架构

图1描述了智能电网生产过程的全程监测网络架构<sup>[7]</sup>, 整个过程可以分为三层: 应用层、数据接入层和信息采集层。底层的终端设备完成智能电网的信息获取与汇集、数据融合处理与传输。主要涉及到下面几个方面: 输电线路在线监测、设备防护、现场作业管理、用户信息采集等。

### 3.1 线路监测中的数据融合

我国输电线路分布范围广、线路长,对于绝大部分的野外站点,设备运行状态一直沿用工作人员定期到现场检查的方式<sup>[8]</sup>,这样不仅消耗了大量的人力物力,而且不能及时检测故障事件。

目前的解决方法是在输电线路布置大量的传感器<sup>[9]</sup>。例如:温度传感器、输电线塔倾斜传感器、摄像头、风速传感器、光纤覆冰检测传感器等,通过这些传感器就能实时地采集输电线路的信息,从而监测输电线路的状态。

如前所述,为了增强传感网的可靠性和感知信息的准确性,通常要使传感器节点达到一定的密度,而大量的传感器会带来数据冗余问题,当冗余度很高时,将各节点感知的数据全部发送给汇聚节点,很可能在增加网络开销和能耗的同时未能使汇聚节点获得更多的有效信息。

根据输电线路的特点,可以选择 PEGASIS 路由协议。按照 PEGASIS 协议的规定,各节点在传输数据前先发送测试信号,依据应答来确定自己的最邻近节点,将之作为其下一节点,遍历整个网络的所有节点后会形成一条链。在链中,所有节点都只与它的最相邻的节点相连,这就使每个节点都能以最小的功率发送数据分组,达到了节能目的。与此同时,各节点接收上个节点的数据并通过必要的融合来减小数据流量,既可节能又能减轻网络拥塞;另外,由各节点轮流充当 leader 向基站传送数据,均衡了能量耗费<sup>[10]</sup>。

PEGASIS 的实现过程分为两个阶段:

第一阶段称为成链阶段。在这一阶段,PEGASIS 使用了贪婪算法,从离基站最近的节点开始,各节点依次找到与其最近的节点,将其作为链上的下一节点,依此遍历全网后形成最终的链<sup>[10]</sup>(见图2)。

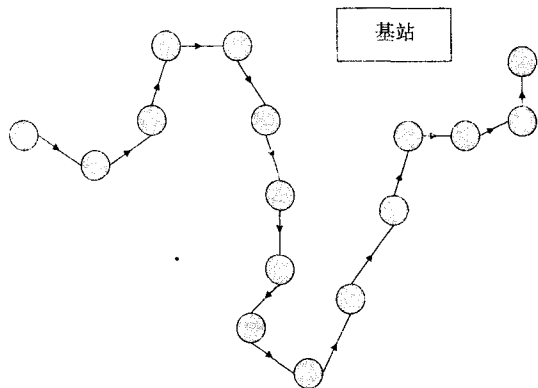


图2 成链的示意图

第二阶段是数据传输阶段。在这一阶段,PEGASIS 从链的两端开始数据传输过程。每一轮中都选出一个节点充当 leader。各节点接收邻节点的数据后先与自身的数据进行融合,再向下一个邻节点传送,最后

由 leader 传给基站<sup>[10]</sup>。

可以看出,线路监测中的数据融合就是要对上述冗余数据进行网内处理,在满足应用需求的前提下,中间节点在转发感知数据之前,通过去冗余将需要传输的数据量最小化。

### 3.2 设备监测中的数据融合

在电网中,曝露在室外的配变电设备易因设备自身老化、天气影响及人为破坏而发生故障,而这些故障会直接影响到电网的安全运行。因此,智能电网必须能够监测和记录各种电力设备的运行参数、状态参数,以便及时发现设备状态的异常、设备的破损和性能的下陷趋势,并在各种隐患发生前采取应对措施,避免电网设备出现故障<sup>[11]</sup>。

利用传感器实时监测电力设备的运行参数,就可以掌握设备的运行状况。当发现电力设备的某一项或几项运行参数出现异常,可以利用历史数据库,判断发生故障的原因,从而采用一定的预警和应急方案。这样就能减少一定的损失,大大提高电网的故障恢复能力。

对于电力设备的监测可以采用分层的体系结构,如图3所示。

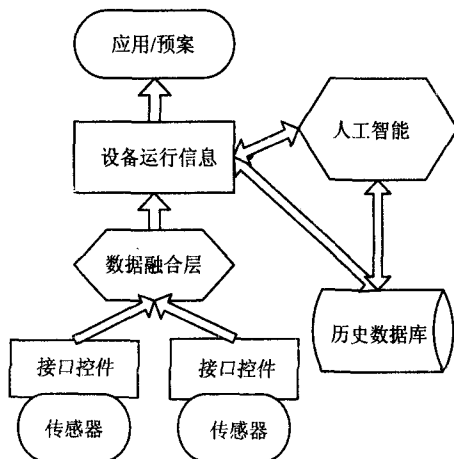


图3 电力设备监测采用的分层体系结构

数据融合层可以直接调用下层的传感器接口控件(见图4),从而得到需要的特定信息。

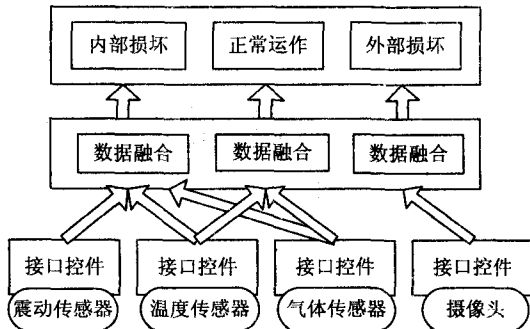


图4 数据融合层与传感器的关系

该模型利用多个传感器资源,通过多传感器的数

数据融合,把多传感器数据在时间或空间上的冗余或互补信息进行组合,从而获得设备运行状况的描述,这比仅从某一个传感器得出的结论更加准确。

### 3.3 用户信息采集中的数据融合

目前的电网技术中,最薄弱的环节就是储电,也就是说发出来的电必须马上上网用掉,否则将造成能源的巨大浪费。如果把用户的电表就看成是一个传感器,那么就可以利用数据挖掘和数据融合技术来进行按需发电供电,从而减少能源的浪费。数据融合与数据挖掘的主要过程如图 5 所示。

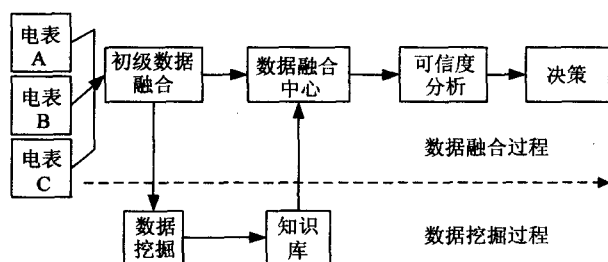


图 5 数据融合与数据挖掘的主要过程

初级数据融合的过程可以看作是一个数据级排除差错的过程,通过初级的数据融合,得到一致格式的数据;数据挖掘过程是对初级融合后的数据通过关联挖掘、聚类等算法进行分析,从而得到一些有价值的知识,并把这些知识存储到知识库<sup>[12]</sup>;数据融合中心直接利用已经形成的知识库,通过贝叶斯理论、D-S 理论等进行可信度分析,从而得出决策信息。

## 4 结束语

文中对数据融合技术在物联网的重要应用领域——智能电网中的应用进行了探讨,着重分析了数据融合技术在智能电网的线路监测、设备监测和用户信息采集过程中的应用意义、方法和原理,涉及到了数据融合与数据挖掘的结合。为进一步开展深入的理论研究做了知识铺垫。

需要指出数据融合在智能电网中的应用远不止这些,在作业现场监测、应急救援人员调度、智能家居电

源管理等许多方面数据融合都起着重要的作用。数据融合是智能电网中必不可少的部分,在智能电网中,从传感网感知数据的采集到数据的传输,再到海量异类数据被智能处理成决策信息的各个环节都离不开数据融合技术的支撑。相关研究(包括不确定性数据的、实时的、节能的数据融合的算法)将具有很高的价值和很好的应用前景。

### 参考文献:

- [1] Wu Huadong, Siegel M, Ablay S. Sensor Fusion for Context Understanding [C]//IEEE Conference of Instrumentation and Measurement Technology. Anchorage, USA: [s. n.], 2002: 21-23.
- [2] 刘青松, 钱苏翔, 严拱标. 基于多传感器的信息数据融合技术在电力系统中的应用[J]. 传感器与仪器仪表, 2006, 22(31): 191-193.
- [3] 黄惠宁, 刘源璋, 梁昭阳. 多传感器数据融合技术概述[J]. 科技信息, 2010(15): 72-73.
- [4] 李颖丽, 彭亦功. 数据融合技术及其应用 [C]//智能检测控制技术及其仪表装置发展研讨会论文集. 出版地不详: 出版者不详, 2006: 103-108.
- [5] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33(8): 1-6.
- [6] 刘晓静, 刘拓. 智能电网大有可为[J]. 决策咨询通讯, 2010(4): 27-29.
- [7] 李娜, 陈晰, 吴帆, 等. 面向智能电网的物联网信息聚合技术[J]. 信息通信技术, 2010(2): 22-28.
- [8] 黄新波, 张国威. 输电线路在线监测技术现状分析[J]. 广东电力, 2009, 22(1): 13-19.
- [9] 王秋瑾. 架空输电线路在线监测技术的开发与应用[J]. 电力信息化, 2009, 7(11): 59-62.
- [10] 黄静. 无线传感器网络 LEACH 算法浅析[J]. 湖北广播电视大学学报, 2010, 30(1): 160-161.
- [11] 孙向作, 潘宏侠. 基于多传感器数据融合的电机故障诊断[J]. 微计算机信息, 2008, 24(9-1): 218-220.
- [12] 张西川, 张平定, 杨丽娜. 数据挖掘与数据融合相结合的异类信息融合[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(3): 42-45.

《计算机技术与发展》欢迎投稿、欢迎订阅！  
邮发代号: 52-127