

文章编号: 2095-2163(2019)04-0237-04

中图分类号: TP212

文献标志码: A

融合表决策策略的多传感器可靠性研究

张 荣, 宋新爱

(西安石油大学 计算机学院, 西安 710065)

摘要: 传感器被广泛应用在医疗、航空、制造业等各个领域, 生产技术趋于成熟, 使用范围越来越广, 精度越来越高。因此, 进行多传感器可靠性的研究对生产生活具有重要意义。本文针对多传感器可靠性及故障检测的准确性问题, 利用二项分布的多传感器可靠性模型, 进行了融合表决策策略的多传感器可靠性研究。为了判定多传感器系统的准确性以及系统中出现的传感器故障数目, 对可靠性模型进行一票否决和少数服从多数研究, 进而更可靠、准确、迅速和全面地进行故障检测与报警, 为采取相应的措施提供依据。

关键词: 表决策策略; 多传感器; 一票否决; 少数服从多数

Multi-sensor reliability study integrated voting strategy

ZHANG Rong, SONG Xin'ai

(School of Computer Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

【Abstract】 As sensor production technology is becoming more mature, the scope of use is wider and wider, and the precision is getting higher and higher. Sensors are widely used in various fields such as medical treatment, aviation and manufacturing. Therefore, research on multi-sensor reliability is of great significance to the current production and life. This paper aims at multi-sensor reliability and the accuracy of fault detection, utilizes a multi-sensor reliability model with binomial distribution and conducts a multi-sensor reliability study with a fusion voting strategy. In order to determine the accuracy of the multi-sensor system and the number of sensor failures in the system, the reliability model is one-vote veto and minority-subjected majority research, so that fault detection and alarm can be performed more reliably, accurately, quickly and comprehensively, which could provide the basis for taking appropriate measures.

【Key words】 voting strategy; multi-sensor; one-vote veto; minority obeys majority

0 引言

随着医疗技术、安全防御系统的发展, 对传感器提出了越来越高的要求。尤其是在安防领域的应用中, 要求传感器具有可靠性、灵活性、监视跟踪的连续性、反应的快速性以及较强的生存能力。但是传统的单传感器系统已难以适应这一苛刻要求, 因此多传感器信息融合技术已然成为新时代备受瞩目的焦点研究课题。总地来说, 多传感器信息融合技术主要就是在某种准则的引导下, 通过引入计算机技术对传感器或多元数据信息进行自主整合与研究, 从而达成预期提出的决策与估计中的信息处理目的^[1]。

多传感器故障检测与诊断技术具有交叉性与综合性的特点, 以现代控制、信号处理、模式识别、最优化设计等作为理论基础, 并随着大数据的理论建设与推广而得到大规模应用, 时下更新的故障诊断方法主要有: 信息融合、主元分析、遗传算法、小波分析

等^[2]。因此, 对多传感器可靠性展开研究, 其选题意义及实用价值则是不言而喻的。

1 相关研究

目前, 多传感器信息融合技术研究呈现出蓬勃发展态势, 相继推出了一系列研发成果。其中, 廖文恺^[3]针对多传感器模糊信息融合在煤矿安全中的应用现状进行综合分析, 提出多传感器模糊信息融合在煤矿安全中的应用要点, 为相关工作人员提供一定的借鉴。王东明等人^[4]将相同或者不同性质的多传感器在进行有效结合的同时, 成功获取目标原始信息, 再通过各种特征提取的方法求得目标的多方位、多性质的特征值数据, 对此数据利用特征融合算法实现特征融合, 进而提升目标识别正确率、减少识别时间。潘峥嵘等人^[5]利用多传感器信息融合通过降低单个传感器测量中存在的噪声和误差来做出准确的距离估计, 最终避免四旋翼无人机在飞行期间碰撞障碍物。王世刚^[6]利用多传感器信息

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2019JM-174); 陕西省国际科技合作计划项目(2019KW-080)。

作者简介: 张 荣(1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机技术; 宋新爱(1973-), 女, 副教授, 主要研究方向: 计算机应用技术。

收稿日期: 2019-05-11

融合技术建立瓦斯监测系统,实时准确地监测瓦斯浓度并依据此数据预测了瓦斯的临界危险状态,有效降低了井下作业的危险度,保障了井下作业者的人身安全。杨康等人^[7]在基于环境感知实现计算、通信与物理元素紧密结合的下一代智能信息物理系统中,提出了一种基于融合间隔和历史测量的传感器攻击检测方法,大幅度提高了隐身攻击检测率和识别率。基于此,本文拟从多传感器信息融合的广泛性入手,对多传感器的可靠性进行研究,从而精确地获得传感器故障概率,以此验证反馈信息的可靠性。

2 二项分布的多传感器可靠性

多传感器系统采集的数据来自于每个单一的传感器器件,各个传感器之间彼此独立,若众多传感器中有一个发生了损坏,亦不会给其它的传感器带来影响,由此分析可知多传感器故障服从于二项分布,其数学公式可表示为:

$$P(X = k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k} (k = 0, 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

其中, $X(X = 0, 1, 2, \dots, n)$ 为独立的试验次数; k 为实验中出现成功的次数; p 表示在每次独立试验中成功的概率,那么试验不成功的概率为 $1 - p$ 。

3 “一票否决”的多传感器可靠性模型

如前所述,多传感器系统采集的数据来源于每一个传感器器件,传感器之间相互独立、协同工作,如何标定传感器系统中传感器的正常工作状态以及传感器故障数目对于多传感器系统正常工作的影响也是本文的重点研究内容。

众所周知,现代航空发动机正朝着高温、高压、高转速的方向发展^[8],但非理想化的工作环境对数控系统传感器的运行有一定干扰,使得发动机性能下降,甚至导致飞行事故的发生。因此,对于具有精湛要求的航空工业类的领域而言,就要求将传感器带来的故障降至最低。故而,传感器系统中每个传感器均处于正常工作状态即显得尤为重要。为了提高系统可靠性,在多传感器系统中,当发生故障的传感器数目为1或者大于1时,就要采取相应的报警措施。多传感器故障概率可以表示为:

$$P = 1 - p^n (1-p)^0 = 1 - p^n. \quad (2)$$

4 “少数服从多数”的多传感器可靠性模型

针对传统制造业、社会生产等多传感器系统的

精度要求略低于航空业的领域而言,多传感器系统中一个传感器采集到的异常数据并不会影响系统的正常运行。此时,多传感器系统可以从其它传感器获得数据加以运算处理后,得到最佳的数据以供系统后期的调取使用。但当系统同时出现多个传感器采集到的数据超过或者低于系统给定的阈值时,也涉及到与前述同样的研究课题,即:如何标定传感器出现异常,采集数据准确率过低,以至于影响了系统来获取最佳数据,进一步地还将影响系统的后期运行^[9-11]。在多传感器系统中,多于一半的传感器采集得到的数据在阈值范围内,判定多传感器系统正常;一半、及更多传感器采集到的数据超过或者低于系统给定的阈值,此时认定多传感器系统采集数据异常,且准确率过低,为了不会给整个系统的正常运行带来影响,即需产生报警信号。多传感器系统正常运行概率见表1。

表1 多传感器系统正常运行概率

Tab. 1 Probability of normal operation of multi-sensor system

X	P
$X = [2/n]$	$C_n^X p^X (1-p)^{n-X}$
...	...
$X = n$	$C_n^X p^X (1-p)^0$

多传感器系统在运行中,也可能会出现长时间不对故障传感器进行检测、更换,采集数据短路或者断路的异常现象,即多数传感器出现异常的数据而少数传感器采集到正常的的数据,但是多传感器系统判定此时多数传感器系统采集到的数据正常,系统可以依靠采集到的数据开启后续的工作流程,整个系统却处于数据异常状态。为了防止以上异常现象的发生,采取少数服从多数的原则,也就是:当系统中任何一个传感器出现异常情况时,就会产生报警信号,但将对系统是否需更换传感器器件的裁决权利转交给工作人员,而多传感器系统中的其余器件均处于正常工作中。

在前述分析基础上,研究可得:对于实际生产中具有较高精确度要求的领域,使用一票否决的工作原则,即多传感器系统中任一个传感器采集到的数据不在系统给定的阈值范围内,便产生报警信号。而对于精确度要求不高的行业,采取少数服从多数的原则,即当系统中任何一个传感器出现异常数据时,产生报警信号,并将裁决系统是否更换传感器器件的权利移交给工作人员,多传感器系统中的其余器件均处于正常运行状态。至此,本次研究就有效保证了可以更为准确、迅速地进行故障检测和报警,

并及时采取应对措施,从而切实提升了系统自身的可靠性。

5 应用研究实例

时下,饲养观赏鱼类已经成为一种时尚。与之相适应的是,观赏类鱼缸也逐渐走进家庭、酒店、商场等公共场所。但是由于观赏鱼的品种对温度的要求各有不同,就需要对其生活环境的温度进行精密调控。目前,市面上大多数对鱼缸温度的调节主要就是依靠普通加热棒来实现。因此,当鱼缸温度检测仪配备有单一传感器时,这时若传感器出现不能正常检测鱼缸温度的情况,即达到了鱼缸水温设置的上、下限时,而水温一旦超出鱼儿正常生存温度的规定界限,将会不利于鱼儿的生长。此外,还会存在一种更为严重的情况,就是:鱼缸中水、盐等物质都会逐渐腐蚀掉温度传感器,致使温度传感器发生损坏,假如此时采集到的水温始终低于设定的阈值,这样一来,加热棒就会持续不停地处于加热状态,从而使鱼缸中的鱼儿生命受到严重威胁。

为了验证多传感器的故障概率情况,本次实验中假设选取5个传感器来组成多传感器系统,对鱼缸水温进行检测。单个传感器出现故障的概率为 10^{-3} ,则每个传感器正常采集数据时的概率就为0.999,即: $p = 0.999$ 。对5个传感器组成多传感器系统进行可靠性分析,分析结果见表2。

表2 5个传感器正常采集数据的概率

Tab. 2 Probability of normal data acquisition by five sensors

X	P
$P(X = 5)$	0.995×10^0
$P(X = 4)$	4.980×10^{-3}
$P(X = 3)$	9.970×10^{-6}

由表2可以看出传感器系统中不同传感器个数出现异常的概率情况。在多功能智能鱼缸中,传感器全部都可正常采集数据的概率为0.995。如果多传感器系统中有一半以上传感器能正常工作的情况下,该多功能智能鱼缸就可以正常地采集温度数据,就可以较准确地获得鱼缸内的水温,以此对鱼缸的温度进行控制,给鱼儿营造舒适的生活环境。

迄今为止,传感器已然应用在各个社会生产领域中。本文中,是假设传感器正常采集数据的概率为0.999,但在传统制造技术不断进步、创新飞跃的今天,单一传感器成功采集数据的概率已远远大于0.999,其采集精度正越来越高,如此就使得多传感

器协同工作效率也得到了大幅提升。并且,多传感器系统中传感器同时出现异常,从而不能实时准确地采集当前真实数值的概率也在显著下降。

6 结束语

目前,传感器已广泛应用于医疗、航空、传统制造业、高科技新兴产业、交通运输等各个领域,其研发技术也已日趋成熟。但是,考虑到时下生产中来源不同、格式不一的海量数据,单一传感器已很难满足现代高科技背景下的制造业生产的实际需求,由多个传感器所构成的多传感器系统已然成为各领域实践应用中的热门研发设计。基于此,本文有针对性地开发提出了融合表决策的多传感器可靠性研究方案。大体来说,对于实际生产要求精度较高的领域而言,采取一票否决工作原则,多传感器系统中任何一个传感器采集到的数据若不在系统给定的阈值范围内,便产生报警信号的措施。而对于生产要求精度不高的行业,则采取少数服从多数的原则,而当系统中任何一个传感器出现异常数据时,产生报警信号,并将裁决系统是否更换传感器器件的权利交给工作人员,多传感器系统中的其余器件均将继续正常工作。通过文中给出的应用实例表明,本文研究方案能够有效提升多传感器系统的可靠性,准确率高,实用性强,并可为后续的科研工作提供良好有益的借鉴。

参考文献

- [1] 杨春娣. 多传感器信息融合及其运用[J]. 科技风, 2019(8): 86.
- [2] 陈淑鑫, 迟立颖, 刘娜娜. 信息融合多传感器故障贝叶斯可靠性分析[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2016, 32(3): 36-39.
- [3] 廖文恺. 煤矿安全中多传感器模糊信息融合的应用[J]. 低碳世界, 2018(10): 30-31.
- [4] 王东明, 张明堂. 基于多传感器信息融合的目标识别技术[J]. 科技资讯, 2018, 16(12): 1, 3.
- [5] 潘峥嵘, 周宗儒, 朱翔. 基于多传感器信息融合的无人机防撞预警系统[J]. 自动化技术与应用, 2018, 37(3): 130-133.
- [6] 王世刚. 基于多传感器信息融合技术的瓦斯监测系统[J]. 煤炭技术, 2018, 37(3): 287-289.
- [7] 杨康, 王瑞, 关永, 等. 具有多传感器的CPS系统的攻击检测[J/OL]. 软件学报: 1-15 [2019-03-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2560.TP.20190329.0914.008.html>.
- [8] 陈慈章. 航空发动机技术的发展[J]. 科学中国人, 2015(28): 10-19.
- [9] TSE Y L, CHOLETTE M E, TSE P W. A multi-sensor approach to remaining useful life estimation for a slurry pump [J]. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 2019, 139(10): 140-151.