

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 23220131153343

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于粒子滤波算法的传感器
故障诊断方法研究

Research of Sensor Faults Detection Based on Particle-Filtering
methods

戴思弘

指导教师姓名: 吉国力 教授

专业名称: 控制工程

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘 要

传感器故障诊断一直以来都是工业界与学术界研究的热点话题。由于传感器通常安装在现场,一般在工作一段时间以后,其性能会受到现场恶劣环境的影响,甚至发生故障。据统计,在控制系统的各种故障中,传感器和执行器的故障占 80% 左右,所以在控制系统的诊断中,首先应进行传感器的故障诊断,对其状态进行有效的监视和评估。

本文研究的内容主要为:针对非线性系统中的传感器故障问题,提出了一种基于粒子滤波与假设检验方法的故障诊断算法,对几种常见类型的传感器故障进行在线、实时诊断。通过使用一组粒子滤波器来获取系统当前的状态和输出的估计值,并与传感器真实的量测值进行比较。并用序贯概率比检验法和广义最大似然法则分析、辨识具体的故障类型,得出最终的诊断结果。

本文的创新点主要在以下几个方面:

1. 本文提出的一种自适应的粒子滤波方法,能够在传感器发生故障时进行诊断并且对故障值进行补偿。且在本文所研究的方法只使用一个粒子滤波器,相较于其他使用多个粒子滤波器进行故障诊断的算法能够减小很大一部分的计算负载量。
2. 在传感器故障诊断中,将粒子滤波算法与序贯概率比检验方法相结合。相较于其他需要固定样本数的假设检验法,序贯概率比方法能够在最小的时间得出准确的诊断结果。这有利于当故障发生以后,工作人员能够在最短时间内得知并及时做出措施,避免在事态变得更加严重。
3. 传统的假设检验方法无法解决涉及多元问题的复合假设检验问题。对此,本文提出通过广义最大似然法则方法对不同类型的传感器故障进行辨识,最终得到准确的故障的类别以及故障的严重程度。

最后本文以锅炉汽包模型作为仿真对象,对本文所提出的算法进行验证。通过仿真,所研究算法能够快速、精确的对故障进行检测、隔离和辨识,具有简易性、快速性和精确性。

关键词: 传感器, 故障诊断, 粒子滤波, 假设检验

Abstract

Sensor fault diagnosis has been a hot topic of industry and academic research. Since the sensors are usually installed in the industry field, while working for some time, the performances of them will be affected by the harsh environment of the scene, or even be failure. According to the research, about 80% of the failures in the control system are sensors and actuators failures. So for the fault detection of control system, sensor fault diagnosis should be carried out for effective monitoring and assessment of its status .

To detect the sensor faults in nonlinear and non-Gaussian systems, this paper presents a fault diagnosis algorithm based on particle filtering. Compared with the Kalman filter and other methods, the particle-filter based method can solve state estimation of the nonlinear and non-Gaussian systems. The main work of this paper is: to solve sensor failure of nonlinear system, we present a fault diagnosis algorithm based on particle filter and hypothesis testing methods. We use a particle filter to obtain the estimation of status and outputs of the current system online, and compare with the sensor's measured value. By sequential probability ratio test analysis, the residual diagnosis if a failure occurs when the failure is determined, we using the pf's output instead of the sensor output to represent real output. And finally through the generalized maximum likelihood rule, we make the decision whether there is faults and what kind of the fault.

The innovation of this paper in the following areas:

1. We only use one particle filter to detect the fault in our method. Compare with other algorithms using multiple particle filters for fault diagnosis, the algorithm can reduce the computational load in the amount of a large part.
2. To sensor fault diagnosis, the particle filter algorithm and sequential probability ratio test combined. Compared to the other hypothesis tests which require a fixed samples, sequential probability is able to draw an accurate

diagnostic results in minimum time. This facilitates when a failure occurs, the algorithm can detect the fault in the shortest time and make timely decision to avoid the situation becomes more serious.

3. The traditional hypothesis testing methods cannot solve the complex problem involving multivariate hypothesis testing problem. To solve this problem, we propose the generalized maximum likelihood method rule for different types of sensor failure identification, finally we get the exact severity of the fault and identify the fault type.

Finally, through a simulation of drum-boiler model, we verify the proposed algorithm. In the simulation, the algorithm can be fast and accurate for fault detection, isolation and identification, with simplicity, speed and accuracy.

Key word: sensor, fault detection, particle filter, hypothesis test

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 问题的提出与研究意义	1
1.2 传感器故障诊断的任务及所研究的内容	2
1.2.1 传感器故障诊断定义	2
1.2.2 故障诊断方法	3
基于模型分析的方法	3
基于信号处理的方法	5
基于知识的方法	6
1.3 粒子滤波算法在故障诊断中的应用现状	6
1.4 本文主要研究内容及结构	7
第二章 粒子滤波算法推导	9
2.1 贝叶斯滤波估计	9
2.2 粒子滤波算法.....	11
2.2.1 蒙特卡洛方法	11
2.2.2 重要性采样	13
2.2.3 序贯重要性采样	14
2.2.4 重采样	17
2.2.5 完整粒子滤波算法	20
仿真实例	21
2.3 粒子滤波改进算法	22
2.3.1 核密度粒子滤波算法	22
2.3.2 带约束条件的粒子滤波算法	25
2.4 本章小结.....	28
第三章 基于粒子滤波的故障诊断算法设计	30
3.1 假设检验模型的建立	30
3.2 相关残差分析方法	32
3.3 故障辨识方法.....	33

3.4 算法设计.....	35
3.5 本章小结.....	42
第四章 传感器故障诊断实例.....	43
4.1 传感器故障模型建立	43
4.2 仿真实例：锅炉汽包模型	44
4.3 分析与讨论.....	51
4.4 本章小结.....	53
第五章 总结与展望.....	55
5.1 本文的主要工作	55
5.2 论文后续工作的展望	55
参考文献.....	57
致谢.....	61

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and Significance of The Study	1
1.2 Task and Content Research of Sensor Fault Diagnosis	2
1.2.1 Define of Sensor faults	2
1.2.2 Method of Fault Diagnosis	3
Model-based Methods	3
Signal-Processing based Methods	5
Knowledge-based Methods	6
1.3 Application Status of Particle-Filter based Fault Diagnosis	6
1.4 The Structure of This Dissertation	7
Chapter 2 Bayesian State Estimation.....	9
2.1 Bayesian Filtering Estimation.....	9
2.2 Particle Filtering	11
2.2.1 Monte Carlo Method.....	11
2.2.2 Importance sampling Algorithm	13
2.2.3 Sequential-Importance Algorithm	14
2.2.4 Resampling Algorithm.....	17
2.2.5 Complete SIR Particle Filter.....	20
Simulations	21
2.3 Several Improving Algorithms	22
2.3.1 Kernel Particle Filter.....	22
2.3.2 Constrained Particle Filter	25
2.4 Discussions	28
Chapter 3 Diagnostic Algorithm Design.....	30
3.1 Hypothesis-Testing Model Setting	30
3.2 Related Residual Analysis Method	32
3.3 Maximum Likelihood Rule	33
3.4 Algorithm Designing	35

3.5 Discussions	42
Chapter 4 Sensor Fault Diagnosis Example	43
4.1 Sensor Fault Model	43
4.2 Simulation: Drum-boiled Model.....	44
4.3 Analysis and Discussion.....	51
4.4 Discussion.....	53
Chapter 5 Conclusions and Future Directions	55
5.1 Conclusions	55
5.2 Future Directions	55
References	57
Acknowledgements.....	61

第一章 绪论

1.1 问题的提出与研究意义

随着电子技术、通信技术、计算机技术和自动化技术的飞速发展，现代各种系统的集成度和复杂度越来越高，诸如军事、工业生产、制造、能源、航空航天等领域。传感器作为系统采集信息的重要部件，是构成工业生产过程自动化、智能化和网络化系统必不可少的重要环节，其性能的好坏将会直接影响系统输入输出的品质。传感器每时每刻都在监测着生产对象的运行状况，并为系统的进一步决策提供依据，所以传感器的传递信息的及时性、运行的可靠性至关重要，只有自身良好才能对生产对象进行有效的监视与评估，为生产、决策提供准确可靠的依据。

由于传感器一般安装在工业现场，同时现场环境往往比较恶劣，在使用一段时间后传感器的机能将会受到很大影响，甚至发生故障。据统计，在控制系统的各种故障中，传感器和执行器的故障占 80%左右。一旦传感器出现故障将可能会对系统带来一系列严重甚至造成重大损失的灾难。例如，美国宇航局在一次地面实验中，由于火箭发动机主燃烧室控制回路中压力传感器的失灵而出现了爆炸事故^[1]；河北沧州市化肥厂层因电涡流传感器的线圈短路造成重大停产事故^[2]等等。因此，在控制系统的故障诊断中，首先应该进行传感器的故障诊断，对其运行状况进行有效的监视和评估。

在过去几十年中，控制器、执行器以及过程的监视与评估已取得较为显著的进展^[3]。但传感器作为自动检测与控制系统的重要组成部分之一，对它的性能监视研究工作大大落后于其他部分。这使得先进控制器实际的实施过程通常由于缺乏可靠的传感器或缺少可靠的传感器监视手段而无法进行，一些已采用先进控制的生产过程，常常断开先进的控制器而转为手动操作，其原因是由传感器引起的不可靠的测量结果，导致先进控制策略无法实施。传感器故障可能会影响当前控制系统甚至造成整个生产过程的瘫痪。

传统提高传感器可靠性和安全性的方法,有加强传感器元器件的可靠性和鲁棒性,设计高可靠性的系统等^[4]。但即便如此,也无法保证完全杜绝故障的发生。因而过程监控和故障诊断成为现代化自动控制系统不可或缺的重要环节。当故障发生时,能够及时地检测、报警、分离和准确估计,并进一步进行容错控制,防止事故蔓延。

因此,展开传感器的故障诊断,切实保障系统中传感器的可靠性与安全性,具有十分重要的意义,引起了各界的高度重视。

1.2 传感器故障诊断的任务及所研究的内容

1.2.1 传感器故障诊断定义

传感器故障是指传感器出现不希望有的异常现象,或者是传感器中部分元器件发生功能失效而导致其输出出现较大的偏差,超出其允许范围,发生失常、功能不达标或完全失效,难以完成其原本所预设的功能的情况或事件^[5]。

已知传感器存在的故障类型有很多,文献^[7]从不同的角度提出了多种故障分类方式。按照故障的程度区分,可以分成硬故障和软故障,硬故障是指那些由于结构损坏引起的故障,故障的幅值较大而且变化突然;软故障的特征是变化幅度小,变化缓慢。按发生的形式区分,可以分成间歇性故障和永久性故障。按照发生的进程可以分为突变故障和缓变故障。按故障原因可以分为有偏故障、冲击故障、开路故障、短路故障、周期性故障、非线性死区故障等;从数学建模的角度上分,大部分传感器的故障可以分为有恒有偏、恒增益、漂移和完全失效四种。

完整的故障诊断由以下三方面内容组成:

故障检测 (Fault Detection): 检测在系统过程中发生故障的功能单元,即那些会导致对整个系统造成不希望出现或者无法忍受的行为发生^[6]。

故障隔离 (Fault Isolation): 对故障发生的位置进行定位、确定故障的大小和故障发生的时间。

故障辨识 (Fault Identification): 确定故障的类型、程度及发生原因。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.