

패리티 공간 방법을 이용한 항공기의 고장진단 및 제어기 재구성

Fault Diagnosis and Control Reconfiguration of an Aircraft with Multiplicative Faults by Parity Space Approach

“이 승 우”, 최 재 원”

* 부산대학교 기계공학부(Tel : 051-510-3203; Fax : 051-510-2470; E-mail: aerosam@hyowon.pusan.ac.kr)

** 부산대학교 기계공학부(Tel : 051-510-2470; Fax : 051-510-2470; E-mail: choijw@hyowon.pusan.ac.kr)

Abstract : In this paper, a design method of a fault diagnosis filter for a system with multiplicative faults which cause to change its parameters is developed. Linear time-invariant systems are dealt with in discrete-time domain. The residual which is sensitive to a damage of control surface of an aircraft by parity space approach is defined. Next, the fault is isolated by a new decision logic. Control reconfiguration is achieved by the result of fault diagnosis. Finally, the feasibility of the method is illustrated with a simulation study of a fault diagnosis system for a damaged control surface of an aircraft.

Keywords : fault diagnosis, parity space approach, control reconfiguration

1. 서 론

시스템의 고장을 진단하는 방법에는 하드웨어적인 중복을 이용하는 방법, 수학적인 모델에 기초한 방법[1-3], 그리고 지식기반 접근방법[3]이 있다. 수학적인 모델을 이용하여 시스템의 고장을 진단하는 방법에는 패리티 공간 방법[4-5], 관측기 방법[6], 검출필터(detection filter) 방법, 그리고 파라미터 추정 방법[7-8]이 있다. 본 논문에서는 패리티 공간 방법 중에서 시간중복 관계식(temporal redundancy relations)을 이용하여 잔차를 생성하고 이를 이용하여 고장을 진단하고자 한다. 본 논문에서 다루게 될 시스템은 선형 시불변이며, 고장은 시스템 파라미터의 변화로 모델링한다. 고장의 발생은 구동기(actuator)에서만 일어난다고 가정하였고, 고장은 비행기 조종면의 물리적인 파손을 말한다.

패리티 공간 방법이란 입력과 출력의 실제 측정값을 이용하여 잔차(residual)를 생성시키고 이를 이용하여 수학적인 관계식의 일치성(consistency of parity)을 조사하는 것이다. 이 때, 고장이 발생하지 않은 경우에는 잔차(residual)가 영의 값을 가지도록 하고 고장이 발생하였을 때는 영이 아닌 값을 가지도록 하여 고장을 감지한다.

고장을 모델링하는 데는 두가지 방법이 사용된다. 첫 번째 방법은 첨가적인 형태로 고장을 모델링하는 것이고 두 번째 방법은 시스템의 파라미터의 변화로 모델링하는 것이다. 주로 전자의 경우는 시스템의 기능저하 또는 오동작에 이용되나[4] 비행기 조종면의 물리적인 파손과 같은 고장을 표현하는 데는 적합치 않다. 후자의 경우는 이산시간영역에서 매우 복잡하게 표현되므로 시간영역에서 직접 파라미터를 추정하는 방법이 있다[1]. 본 논문에서는 패리티 공간 방법을 이용하여 이산시간영역에서 시스템의 파라미터 변화를 유발하는 고장을 새로운 개념의 잔차 진단법으로 진단하고자 한다.

2. 선형시불변 시스템의 표현식

먼저, 고장과 미지입력이 없는 이산선형시불변 시스템을 아래와

같이 가정한다[4,5,7].

$$\begin{aligned}x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k) \\y(k) &= Cx(k)\end{aligned}\tag{1}$$

여기서, $x(k) \in R^n$, $u(k) \in R^m$, $y(k) \in R^l$ 는 각각 상태변수, 입력 및 출력을 나타낸다.

해당 조종면의 손실이 발생하였을 경우, 시스템의 파라미터 변화를 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}x(k+1) &= (A + \Delta A)x(k) + (B + \Delta B)u(k) \\y(k) &= Cx(k)\end{aligned}\tag{2}$$

여기서, ΔA , ΔB 는 조종면의 손실에 의한 파라미터 변화를 말한다.

3. 패리티 공간 방법

서론에서 소개한 바와 같이 패리티 공간 방법은 입력과 출력의 측정신호들간에 관계식이 만족해야 한다는 것을 이용하여 고장을 진단하게 되는데 이를 위해 패리티 방정식과 잔차를 유도한다.

3.1 조종면 손실에 대한 패리티 방정식의 유도

식 (1)과 식 (2)에서 조종면 손실에 대한 패리티 방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}Y(k) &= H_{\rho}x(k-s) + H_1U(k) \\Y(k) &= \Delta H_{\rho}x(k-s) + \Delta H_1U(k)\end{aligned}\tag{3}$$