

Hard Disk Drive 검사 시스템의 고장 진단용 퍼지 전문가 시스템에 관한 연구

A Study on Fuzzy Expert System for the Fault Diagnosis of Hard Disk Drive Test System

문운철*, 권현태**, 남창우***

* 중앙대학교 전자전기공학부(전화:(02)820-5286, 팩스:(02)825-1584, E-mail : ucmoon@cau.ac.kr)

** 중앙대학교 전자전기공학부 전력계통실�험실 석사과정(전화:(02)820-5286, 팩스:(02)825-1584)

*** 삼성전자 스토리지사업부 제조기술그룹(전화:(054)479-5367, E-mail : changwoo_nam@samsung.com)

Abstract : This paper proposes a fuzzy expert system for the fault diagnosis of Hard Disk Drive(HDD) test systems. The purposes of this system are diagnosis of HDD test systems, detection of system faults using test history, and presentation of the way of repair. Proposed Expert system is designed with Fuzzy logic and Binary Logic to present the way of repair using HDD test result, HDD test history. The proposed system is simulated with actual data from SMASUNG HDD product line in KUMI, KOREA, and show effective results.

Keywords : Expert System, Faults Diagnosis, Fuzzy System, Hard Disk Drive.

1. 서론

본 논문에서는 Hard Disk Drive(HDD) 검사 시스템의 고장 진단을 위한 퍼지 전문가 시스템에 대해 연구하였다. HDD 검사 시스템의 이상이란 검사 시스템이 HDD에 전원을 인가하여 쓰기, 읽기, 찾기 등의 검사를 진행할 때 검사의 양, 부 판정을 정확히 하지 못하여 양품 HDD를 불량으로 판정하거나 불량 HDD를 양품으로 판정하는 경우, 또는 검사를 진행하지 못하도록 검사 시스템이 고장난 경우를 의미한다. 이때 HDD 검사 장비의 고장 진단이 필요한 정도와 같이 판단을 하기가 애매한 경우 퍼지 이론을 적용한 규칙 베이스를 작성하였으며, 양부가 명확하거나 관리 규칙이 명시되어 그 적합성을 명확히 판단할 수 있는 경우는 일반적인 이진 규칙을 적용한 규칙 베이스를 작성하여 HDD 검사 시스템 고장 진단을 위한 퍼지 전문가 시스템을 설계하였다.

퍼지 전문가 시스템을 이용한 검사 시스템의 고장 진단은 퍼지 이론이 적용되지 않은 일반적인 고장 진단 시스템에서는 처리할 수 없는 전문가들의 경험에 기반한 애매한 상황에 대한 고장 진단까지도 체계화되고 정형화된 시스템에 의해 처리 될 수 있도록 한다. 이는 전문가들의 실수, 경험 부족에서 오는 잘못된 고장 진단을 방지하며 검사 시스템의 고장 진단을 빠르고 정확하게 할 수 있도록 하여 검사 시스템의 고장 진단에 소요되는 비용을 줄이고 HDD 검사 시스템이 정확한 HDD 검사를 가능 하도록 한다. 연구의 결과는 삼성전자 구미사업장의 HDD 검사시스템의 실제

자료를 통한 모의 실험을 통하여 제시된 방법의 실용성을 확인하였다.

II. HDD 검사 시스템의 고장 진단 전문가 시스템

1. HDD 검사시스템의 개요

HDD 검사 시스템이란 HDD 생산 공정에서, 최종적으로 완성된 HDD의 동작 성능의 양불 판정을 하는 공정에서 사용되는 시스템이다. HDD 검사 시스템은 챔버(chamber) 형태로 되어있어 이곳에서 HDD주변의 온도를 변화시켜가며 HDD에 전원을 인가하여 쓰기, 읽기, 찾기 등의 검사를 진행하여 HDD의 동작 성능 및 신뢰성에 대한 검사를 진행한다.

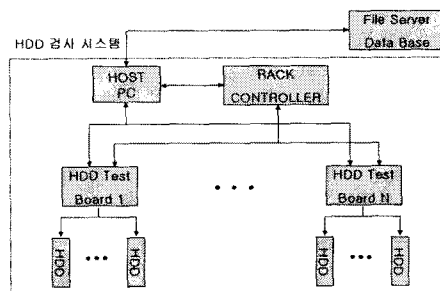


그림 1. HDD검사 시스템의 구성도
Fig. 1. Architecture of HDD Test System

분야 HDD 검사 시스템에 이상이 발생하여 정확하

지 않은 판정을 하게 되면 양품의 HDD를 불량으로 판정하는 경우 불필요한 HDD 수리비용 또는 폐기 비용이 발생하게 되며, 불량 HDD를 양품으로 판정하는 경우에는 이 제품이 바로 시장으로 출하되어 심각한 품질 문제를 야기시킬 수 있다. 그러므로 HDD 생산 공정에서 고장 없는 정상적인 상태의 HDD 검사 시스템을 유지하는 것은 매우 중요한 일 중의 하나이다. 그림 1은 HDD검사 시스템의 구성도이다.

2. 유지보수 인력의 고장 진단 지식 취합 정리

HDD 검사 시스템의 유지 보수 업무는 정기적인 점검 작업, 일상적으로 발생하는 문제에 대한 조치, 그리고 돌발적인 상황에 대한 조치로 구분되어 지며 이에 대한 고장 진단 및 조치도 유지보수 인력의 지식과 경험에 의해 달라질 수 있다. 이 중 본 논문의 주 대상이 되는 일상적으로 발생하는 문제란 특정 검사 시스템의 과거와 현재의 누적된 검사 결과가 평균적인 검사 결과와 달라 HDD 검사 시스템의 고장을 의심하게 되는 경우를 말한다. 이때 HDD 검사 시스템이 자동적으로 고장 진단을 요구하거나 검사 작업자가 유지보수 인력에게 HDD 검사 시스템의 고장 진단을 요구하게 된다. 이때 유지보수 인력은 자신의 고장 진단에 대한 지식 및 경험을 통하여 고장 진단을 하게 된다. 유지보수 인력의 고장 진단에 대한 지식 및 경험을 인터뷰를 통하여 수집하고 수리 이력에 대한 자료를 파일 서버의 데이터 베이스에서 추출해 정리한 결과, 4개의 범주 내에 세부 48 항목으로 정리하였다. 표 1은 정리된 HDD 검사 시스템 고장 진단규칙의 몇 가지 예이며, 표 2는 HDD 검사 시스템 검사 이력파일 분석 규칙의 몇 가지 예를 나타낸다. 표 2에서 불량률이 연속하여 여러 번 반복되면 일단 HDD와 검사 시스템 중 검사 시스템의 고장으로 판단하고 표 1의 HDD 검사 시스템의 고장 점검 규칙을 반복하여 세부 고장 부위를 확인한다.

표 1. HDD 검사 시스템의 고장 점검 규칙

대분류	중분류	소분류	고장부위
N/R	PORT N/R	1. Pogo Pin 접촉 이상	Pogo Pin
		2. Jig 밀면 Guide 파손	Jig
		3. Set 장착상태 헐거움	Pogo Block
		4. Cable 접촉 이상 (Pogo Pin 빠짐)	Pogo Pin
		5. 반복하여 스스로 테스트	Logic B/D
		6. HDD Calibration시 0번 Track 안착음 없음	40 Pin Pogo

표 2. HDD 검사 시스템 검사 이력파일 분석 규칙

대분류	중분류	소분류	시스템 고장가능성
검사 이력 파일	최근 7회결과	1. 불량률이 연속하여 여러 번 반복	많다
		2. 불량률이 많다	많다
		3. 마지막 검사의 불량률이 장비일 가능성이 많다	많다
	전체결과	4. 불량률이 높다	많다

3. 전문가 시스템의 구조 설정

취합, 정리된 전문가의 고장진단 규칙을 분석하여 보면, 주로 검사 이력파일에, 같은 불량률이 여러 번 반복, Pass와 Fail 이 섞여 있음, 최근 이력에 불량률이 많음 등의 기존의 이진로적으로는 처리하기 곤란한 모호하거나 정형화하기 어려운 사실들이 포함되어 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 사실들의 특성을 분석하여 그림 2와 같은 전문가 시스템의 전체구조를 설정하였다.

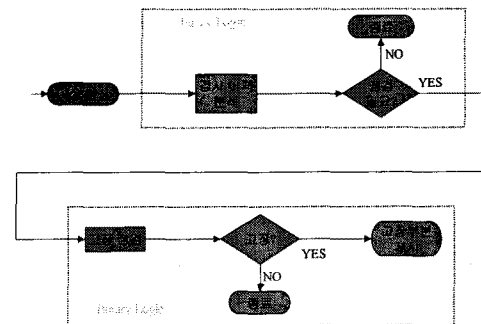


그림 2. 전문가 시스템의 전체구조
Fig 2. Overall structure of Expert System

즉, 먼저 퍼지이론을 이용하여 검사이력 파일의 정보를 추론하여 고장의 유무를 평가한 다음, 고장으로 판단된다면, 이진 논리를 이용하여 고장 부위를 제시하는 구조이다.

4. 고장가능성의 퍼지 추론

퍼지 제어에서는 언어 변수가 사용되는데 이는 시스템이 크고 복잡하여 모델링이 어려운 경우 시스템을 근사적으로 정의하고 특성을 평가할 수 있도록 해 주는 체계적인 수단이 된다. HDD 검사 시스템의 고장 진단에서는 고장 진단의 수행 여부를 결정하기 위해 HDD 검사 시스템의 과거 및 현재의 검사 이력을 저장하고 있는 검사 이력파일(history file)을 분석한다. 표 3은 선정된 퍼지 입출력 변수를 나타낸다.

표 3. 퍼지 추론을 위한 입출력 변수

입력	FCOL	최근 HDD 검사에서의 불량 발생 수
	FCOCF	최근 HDD 검사에서의 연속적인 불량 발생 수
	COFC	장비에서 유래된 불량일 가능성
출력	POFA	고장 진단이 필요할 가능성

선정된 3개의 입력을 각각 3개의 언어변수로 나누어 표현하고, 출력인 고장진단이 필요할 가능성은 5개의 언어적인 변수로 설정하였으며, 출력인 고장진단이 필요할 가능성은 5개의 언어적인 변수로 설정하였고, 이를 그림 3에서 나타내었다. 그림 3의 언어적 분할에 따라, 3개의 입력 변수의 조합에 따른 27개의 퍼지규칙이 생성되며, 이 중 몇 가지의 예를 표 4에 나타내었다. 퍼지추론에 필요한 추론 방식은 일반적인 Mamdani의 방식을 사용하여 최종적인 고장 가능성을 출력하였다. 최종적으로 퍼지시스템의 출력인 POFA값이 적절한 임계값을 넘어선 경우에는 HDD 테스트시스템의 고장이 발생한 상황으로 판정하게 된다.

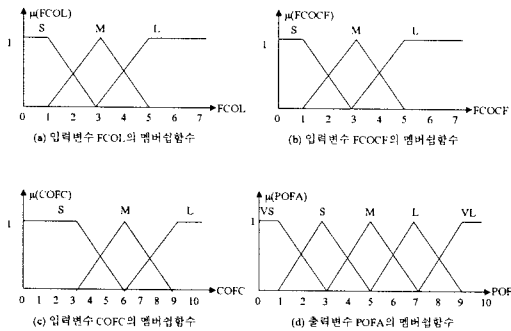


그림 3. 입출력 변수의 멤버십함수

Fig. 3. Membership function of Input and Output.

표 4. 퍼지규칙의 예제

규칙	입력변수			출력변수
	FCOCF	FCOLS	COFC	
1	S	S	S	VS
2	S	S	M	VS
3	M	S	S	S
4	M	M	S	M
5	L	M	S	VL

5. 고장 부위의 이진 추론

객관적인 판단에 근거하여 그 참, 거짓 여부를 파악할 수 있는 규칙의 경우에는 기존의 이진 논리를 이용하여, 고장부위를 제시하도록 정리하였고, 이를 표 5에 나타내었다. 이진 추론용 입력 변수 값들을 각종 센서를 통하여 받

아들인다. 예를 들어, 표 5의 입력으로 사용되는 "STATE_CELL"은 한 테스트 보드에 연결된 HDD의 상태에 관련된 정보로서, 여부를 명확히 알 수 있는 사항이다. 그림 4는 고장 여부 판단 또는 고장 부위 결정에 사용하는 이진 추론의 흐름도로써, 크게 3개의 고장 종류로 분류되어 처리하도록 구조를 설정하였다.

표 5. 이진 추론용 입출력 변수

항목	내용	
입력	STATE_CELL	한 테스트 보드에 연결된 전체 HDD 상태
	STATE_IDE	한HDD 카드에 연결된 전체 HDD 상태
	STATE_PORT	한 포트의 HDD 상태
	HISTORY_CELL	한 테스트 보드에 연결된 전체 HDD 검사 이력
	VOLT_SMPS300	SMPS300의 5V/12V 출력 전압값
	CMOS_PM	테스트 보드의 "CMOS Power Management" 설정값
	CMOS_MAIN	테스트 보드의 "CMOS Main" 설정값
	PB_ID	"Power Control Board ID" 설정값
	PB_HDD	"Power Control Board HDD" 상태값
	FILE_TEST	검사 관련 파일들의 상태
FILE_LAN	네트워크 관련 파일들의 상태	
출력	PART	수리가 필요한 부분의 이름
	CELL	테스트 보드 번호
	PORT	포트 번호

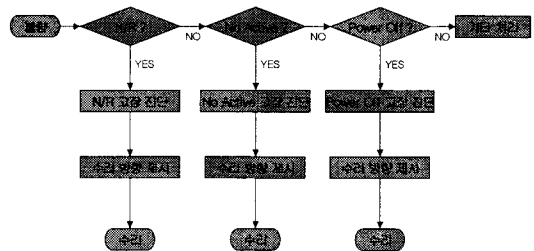


그림 4. 이진 추론 흐름도

Fig. 4. Binary Inference Flow

III. 모의 실험 결과

제한한 퍼지 전문가 시스템의 적용 가능성을 확인하기 위해 유지보수 인력이 실제로 고장 수리한 데이터를 입력

으로 하여 퍼지 전문가 시스템의 출력(POFA)을 구하였으며, 이 출력과 실제 고장 수리한 데이터를 비교한 결과를 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서, 점검 결과를 나타내는 선은 실제 테스트 시스템의 고장이 발생한 경우는 그 값을 10으로, 고장이 발생하지 않은 경우는 0으로 표시하였고, 퍼지 추론의 결과는 별표로 나타내었다.

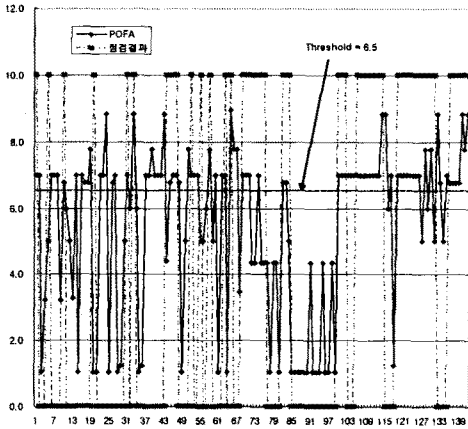


그림 5. 실제 고장과 전문가 시스템의 고장 판단 비교.
Fig. 5. Comparison of Real Fault and Fault Decision of Expert System.

이 경우, 고장 수리 데이터의 기록분석 결과, 유지보수 인력의 테스트 시스템 고장 판단은 40.8[%] 적중하였으나, 퍼지 추론의 결과로는 71.8[%]로 나타나 월등하게 테스트 시스템의 고장을 판정하였다. 또한, 고장으로 판명된 경우, 전문가 시스템의 고장부위 판정의 적중률은 약 95[%]로 나타나 상당한 수준의 신뢰도를 나타내었다.

IV. 결론

본 논문에서는 HDD 검사 시스템의 고장 진단을 위한 전문가 시스템을 퍼지 논리를 이용하여 구현하였다. 기존의 이진 논리로는 구현하기 어려운 검사 시스템의 고장유무를 판정하기 위하여 퍼지 논리를 적용하였으며, 고장 부위를 판정하기 위해서 이진 추론을 이용하였다. 제시된 퍼지 전문가 시스템은 삼성전자 구미공장의 실제 생산 데이터를 이용한 모의 실험을 통하여 그 효율성을 입증하였다.

따라서 본 연구의 결과는, 기존에 유지보수 인력이 수동으로 직접 확인하던 많은 과정을 자동화하여 고장 진단에 소요되던 시간 감소 및 정확한 수리에 크게 도움을 줄 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] C. C. Lee, "Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller-Part I", IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, Vol.20, No.2, March/April, pp.404-418, 1990
- [2] C. C. Lee, "Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-Part II", IEEE Transactions on system, Man, and Cybernetics, Vol.20, No.2, March/April, pp.419-435, 1990
- [3] 채석, 오영석, "퍼지이론과 제어", 청문각, 1995
- [4] 양재우, "Expert System의 개요", 대한전자공학회 잡지, Vol.12, No.2, 4, 1985
- [5] 황희수, 김현기, 오성권, 우광방, "하수처리 활성오니공정을 위한 규칙 베이스 퍼지 제어기 설계", 대한전자공학회논문지, Vol.28, No.7, 7, 1991
- [6] 이재규, 주석진, 오상봉, "전문가 시스템의 응용과 사례분석", 법영사, 1995
- [7] 김화수, 조용범, 최종욱, "전문가 시스템", 집문당, 1998
- [8] Moti Schneider, Abraham Kandel, Gideon Langholz and Gerard Chew, "Fuzzy expert system tools", John Wiley, 1996
- [9] M. Sugeno, "An intruductionary survey of fuzzy control", Inform.Sci.,vol.36,pp.59-83, 1985
- [10] R. Johansson, "System modeling and identification", Prentice Hall, 1993.
- [11] John, A.B., "Use of a rule-based system for process control," System Magazine, pp.3-13, October, 1988
- [12] Zadeh, L.A., "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process," IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3, no. 1, pp.28-44, 1973
- [13] M. Jamshidi and N. Vadiiee, "Fuzzy logic control," Prentice-Hall Inc.1992
- [14] B.Kosco, "Neural network and fuzzy systems", Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1992
- [15] H. J. Zimmermann, "Fuzzy set theory and its applications," Kluwer Academic Publishers, 1991
- [16] W. Pedrcz, "Fuzzy logic and fuzzy systems," JOHN WILEY & SONS, 1989