

Fuzzy 알고리즘을 이용한 엘리베이터 안전진단 및 동특성 분석 포터블 장비 개발

김태형*(성균관대 대학원 기계공학과), 김훈모(성균관대 기계공학과)

A study on the Development of the Portable Device for Safety Diagnosis and Dynamic Characteristics Analysis of Elevator using Fuzzy Algorithm

T. H. Kim (Mech. Eng. Dept., SKKU), H. M. Kim (Mech. Eng. Dept., SKKU)

ABSTRACT

An elevator system, which is essential equipment for vertical movement of an object, as a property of building, has been driven by various expenditures and purposes. Since developing electrical control technology, control systems are highly developed. The elevator system has expanded widely, but a data accuracy acquisition technique and safety predict technique for securing system safety is still at a basic level. So, objective verification for elevator confidence condition requires an absolute accuracy measurement technique. Therefore, this study is executed in order to acquire a method of depending on sense of a manager with simple numeric measurement data, and to construct a logical, analytical foresight system for more efficient elevator management system. As an artificial intelligence for diagnosis, the fuzzy inference algorithm is used for foreseeing the system in this thesis, because the fuzzy algorithm is the most useful method for resolving subjective ideas and a vague judgment of humans. The fuzzy inference algorithm is developed for each sensor signal (i.e. vibration, velocity, current).

Key Words : Elevator (엘리베이터), Dithering (디더링), Double buffering (더블 버퍼링),
Safety diagnosis (안전진단), Elevator dynamic characteristic (엘리베이터 동특성),
Fuzzy inference system (퍼지 추론 시스템)

1. 서론

현재 수직운반수단으로 필수적인 장비가 된 엘리베이터는 건물 특성에 따라서 다양한 용도와 목적으로 운행되고 있다. 엘리베이터가 물체의 수직이송의 대부분을 담당하면서 물체를 편하고, 안전하게 이동시키기 위한 방법이 다양하게 개발되어 왔으며 전기·전자 제어 기술의 발달로 권상기 모터를 위주로 구동장치 및 인버터(Inverter)와 벡터(Vector)제어를 중심으로 한 다양한 제어 시스템이 선보이게 되었다. 그러나 엘리베이터 장비는 양적으로는 상당히 팽창하였지만 시스템의 안전성 확보를 위한 데이터 정밀 측정 기술 및 예지 진단 기술 면에서는 여전히 초·고화 단계를 벗어나지 못하고 있다. 건물이 고층화

되면서 엘리베이터도 또한 고속, 고정밀도를 필요로 하는 현재의 상황에서 안전성의 확보는 매우 중요한 문제이다. 따라서 엘리베이터의 신뢰도에 대한 객관적인 검증이 절대적으로 필요한 상황이다. 하지만 현재의 엘리베이터 안전진단 측정의 수준은 단순 계기를 이용한 정량적인 수치 측정에 의존한 점검자의 체감에 의존하는 방법이 대부분이다. 따라서 본 연구는 이러한 한계를 극복하고, 엘리베이터를 더욱 효율적으로 관리·관제하기 위한 논리적이고 분석적인 예지 정미 시스템 구축을 목적으로 한다. 이를 위하여 최적화된 각종 센서연구를 바탕으로 엘리베이터 운행 중 발생이 예상되는 과전류, 정상속도 이상 주행, 모터 정지 등의 경우 이를 미리 감지하여 대비할 수 있도록 엘리베이터의 속도, 주행거리, 가.

감속도, 권상기의 진동, 온도, 전류 등을 정밀하게 측정 한 후, Fuzzy 분석 알고리즘을 적용하여 이전의 데이터와 비교·분석한 후 데이터의 변동 추이 및 이상 발생상황 여부를 추론하여 사용자에게 최종적으로 이상여부 결과를 도출할 수 있게 해주는 포터블 안전진단 장비 개발을 목표로 한다.

2. 시스템 구성 및 신호 전처리

2.1 시스템 구성

본 장비는 설비의 상태를 과학적인 방법으로 파악하여 엘리베이터 설비의 이상을 조기에 발견, 예측하고 이상원인을 분석하는 시스템으로서, 외형은 진동·온도·전류·속도 센싱부, 노트북 PCMCIA에 장착된 신호 처리부, 그리고 노트북으로 구성된다. 전체 시스템은 Fig 1과 같이 센서를 통한 동특성 센싱 (Sensing)부, 신호처리(Signal processing)부, 분석 (Analysis) 및 예측(Predict)부로 구성되어 있다.

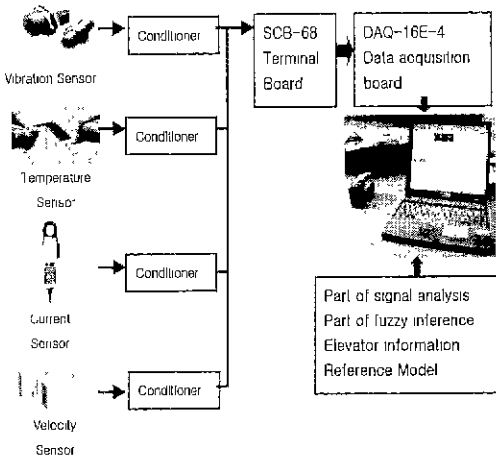


Fig 1. Diagram of Whole System

2.1 신호 전처리

각 센서로부터 입력된 아날로그 신호를 디지털 데이터로 변환할 때 발생하는 노이즈를 제거하기 위한 디더링(Dithering)은 하드웨어적으로 처리하였고, Fig 2에 디더링 회로를 나타내었다.

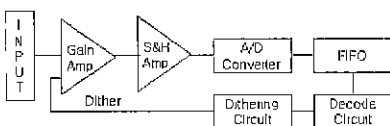


Fig 2 Diagram of Dithering Circuit

진동 신호와 같은 고속 아날로그-디지털 변환과 그래픽처리 등의 작업을 동시에 수행하기 위하여 시스템이 허용하는 최대 DMA 기능과 버퍼링 (Buffering) 기법을 사용하였다. Fig. 3은 이중버퍼링의 개념도이다.

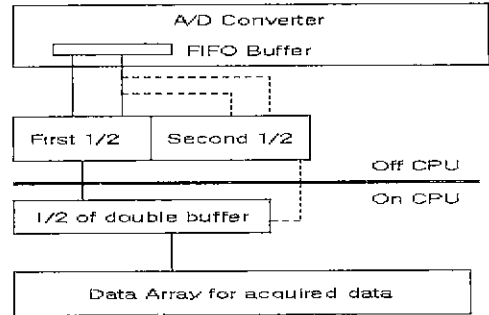


Fig 3 Flow Chart of Double-Buffering

3. Fuzzy Algorithm을 이용한 분석 및 예측 프로그램

본 연구는 노트북 컴퓨터와 DAQ장치, 그리고 간편하게 디자인된 센서를 일체형으로 하여 휴대가 간편한 엘리베이터 안전진단 장비의 개발을 목표로 하는 것으로서, 개발의 핵심 내용은 하드웨어 장비 개발과 더불어 지금부터 논하고자 하는 Data Acquisition 과 Fuzzy 알고리즘을 이용한 분석 및 예측 프로그램이다. Fuzzy 알고리즘을 이용한 추론 system은 Fig 4와 같다.

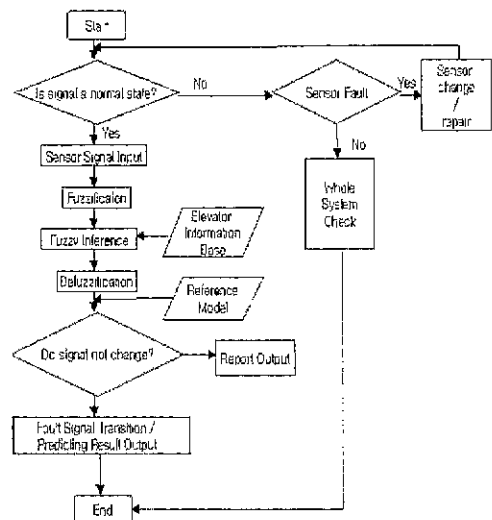


Fig. 4 Flow Chart of Fuzzy Inference System

3.1 입력신호 처리부

입력신호 처리부의 화면구성은 Fig. 5와 같이 구성되어 있고, 각각 진동·온도·전류·속도의 데이터를 입력받는다. 전체 프로그램은 프로그램 구동 Switch, 파일경로 및 이름 입력부, 데이터 로거부, 신호의 최대·최소값 기준 입력부, 각각의 데이터가 저장될 위치 및 파일명 입력부와 파일을 덮어쓰기 할 수 있는 기능들로 이루어져있다

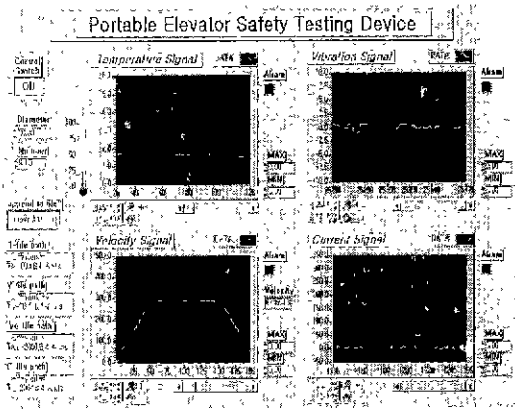


Fig 5 Scene of Data Acquisition

3.2 분석 및 예측 프로그램

분석 프로그램은 진동, 속도, 전류 각각 3가지의 독립된 프로그램으로 구성되고 Fig 6. (a) (b) (c)와 같다. 신호의 Fuzzy 알고리즘을 이용한 이상 예측 시 온도 데이터는 사실상 거의 변화가 없고, 선형적으로 변하기 때문에 일정 온도 이상으로 과열되는 현상에 대한 Alarm 기능 이상을 부여하기가 어렵다. 따라서 온도 신호에 대하여서는 지능형 알고리즘을 적용하기가 어렵고, 지능형 알고리즘을 적용할 타당성도 떨어진다. 따라서 온도 신호는 다른 분석 프로그램들과 접목되어져서 복합적인 신호분석으로서의 의미 이상을 가지기 어렵기 때문에 독립된 예측 시스템은 구성치 않았다.

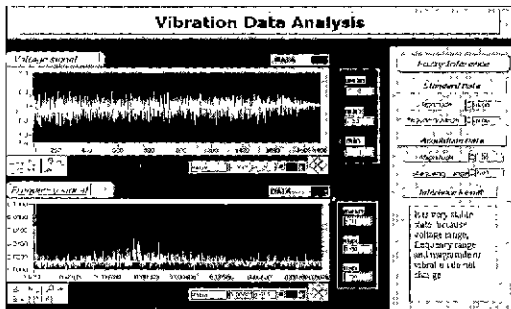


Fig 6 (a) Result of Fuzzy Inference for Vibration

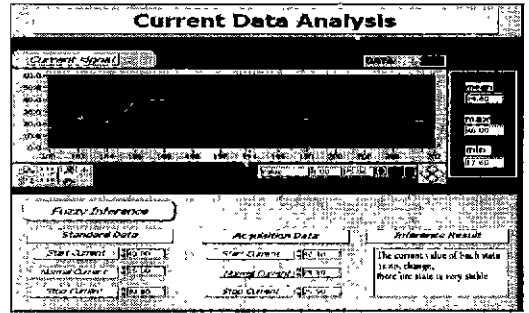


Fig. 6 (b) Result of Fuzzy Inference for Current

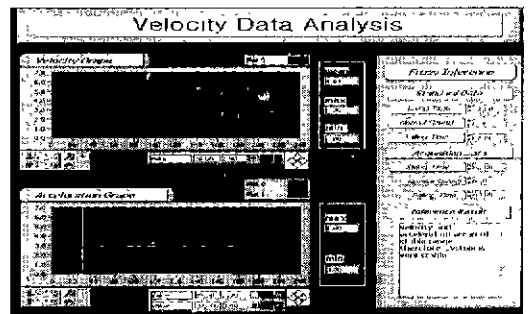


Fig. 6 (c) Result of Fuzzy Inference for Velocity

4. 결과

진동 신호는 FFT(Fast Fourier Transform)을 거쳐 주파수로 변화된 값을 입력신호로 하여 수행되었다. 상황에 따른 진동 주파수 입력에 따른 추론 결과는 Table 1.과 같이 나타난다. 각각의 case에 대한 내용은 Table 2.와 같다.

Case	추론 내용
1	주파수 대역 및 Magnitude의 변화가 거의 없이 일정하게 유지되고 있으므로 매우 안정적인 상태입니다.
2	주파수 대역의 변화는 없으나 Magnitude가 약간의 변화가 있습니다.
3	주파수 범위와 Magnitude 값 두 가지 모두 변화하고 있어 시스템이 불안정한 상태로 진행되고 있습니다.
4	주파수 범위가 불안정하고 Magnitude의 변화가 심하여 매우 불안정한 상태입니다.
5	시스템에 심각한 문제가 있어 운행중단 및 주요부품 교체가 요구되고 안정성이 보장되지 않아 탑승을 금지할 것을 강력히 권고합니다.

Table 1. Result of Fuzzy Inference- Vibration

속도 신호 입력에 따른 추론 결과는 Table. 2와 같다.

Case	추론 내용
1	속도와 가속도 신호 모두 안정적인 범위 내에서 작동하고 있습니다
2	정속시 속도에 약간의 차이가 있습니다. 엘리베이터 연결부를 점검해 야할 필요성이 있습니다.
3	현재 가/감속 시간 및 가속도 신호에 상당히 큰 오류가 있습니다. 시스템 사용을 중지하고 정밀 점검을 실시하여야 합니다.
4	현재 시스템이 극도로 불안정한 상태입니다. 즉시 운영을 중지하고 원인을 분석하여야 할 필요성이 있습니다. 원인이 규명되기 전까지는 운영을 중단할 것을 강력히 권고합니다.

Table 2. Result of Fuzzy Inference- Velocity

전류 신호에 따른 추론 결과는 Table 3.과 같다.

Case	추론 내용
1	각 상태의 전류 값이 거의 변함이 없이 안정적인 상태입니다.
2	전류치의 약간의 변화가 있습니다. 연결 부위의 소모품을 점검해야 할 필요성이 있습니다.
3	초기전류 및 구동 전류 그리고 정지시 소모 되는 전류치의 변화가 상당히 큼니다. 시스템에 이상이 발생한 것으로 예상되므로 즉시 점검에 들어가 주시기 바랍니다.
4	전류치의 변화가 극심합니다. 사고의 위험성이 상당히 크므로 즉시 가동을 멈추고 보수작업을 시작하여야 합니다.

Table 3 Result of Fuzzy Inference- Current

5. 결론

본 연구는 엘리베이터 휴대용 안전진단 및 동특성 분석·예측 장비를 개발하고자 시작되었다. 현재까지 개발된 핵심 기술은 실시간 데이터 그래픽 처리 프로그램, 진동·온도·속도·전류의 동시 측정 기능, 장비의 포터블(Portable)화이다. 현재 까지 개발 단계로서 객관적이고 정량적인 검증과 측정의 신뢰도를 확보하는 것이 가능해졌다. 하지만 아직 Fuzzy 분석 알고리즘을 이용한 분석 프로그램 부분이 알고리즘은 각각에 대한 프로그램은 개발되어 있지만, 실제로 이것들을 조합하여 종합적인 예측 알고리즘을 개발하는 것이 궁극적인 목표로 향후 이 분야에

대한 연구가 집중적으로 이루어져야 할 것이다

또한, 이에 더하여 기대되는 추가 개발과제는 각각의 신호 분석이 아닌 4가지 센서로부터 들어오는 신호를 조합하여 포괄적으로 추론하여 안전여부를 판단하는 포괄 예측 프로그램에 대한 연구와 안전에 큰 영향을 끼치는 다른 요인들과의 통합작업을 통한 시스템 전반을 관리하는 기술이 필요할 것이다. 이 모든 작업이 완료 된다면 엘리베이터의 안전성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Kevin M. Passino, Stephen Yurkovich. "Fuzzy Control," Addison Wesley Longman. 1998
2. Hermann Kopetz, "Real-Time Systems." Kluwer Academic Publisher, 1997
3. Narihiro Terazono, Yoshitaka Matsukura. "Ercbetaa Hartecku - Sekai Saikousokudo eno Chousen," Ohmsha 1994
4. Nobuyoshi Mutho, Naoto Ohnuma, Akihiro Omiya. Masahiro Konya, "A motor Driving Controller Suitable for Elevators," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.13, No.6, pp 1123-1133, November 1998
5. Mutoh, Nobuyoshi; Ohnuma, Naoto; Omiya, Akihiro; Konya, Masahiro. "Motor driving controller suitable for elevators," IEEE Transactions on Power Electronics, Volume 13, Issue 6, pp. 1123-1133, November 1998
6. Dyck, Derek N.; Caines, Peter E., "Logical control of an elevator," IEEE Transactions on Automatic Control, Volume 40, Issue 3, pp. 480-486, 1995
7. Phayung Meesad and Gary G. Yen, "Pattern classification by a neurofuzzy network: application to vibration monitoring," ISA Transactions, Volume 39, Issue 3, pp. 293-308, July 2000
8. Yue Zhang, Guangyuan Wang and Sufang Liu, "Frequency domain methods for the solutions of N-order fuzzy differential equations, Fuzzy Sets and Systems," Volume 94, Issue 1, pp. 45-59. 1998.
9. 신남호, 임은섭, "가변운전설비의 설비감시 및 진단방법에 관한 연구", 99년도 추계학술대회 논문집, PP.164-167, 1999.
10. Gregg R. Yost, Thomas R. Rothenfluh, "Configuring elevator systems," International Journal of Human-Computer Studies, V 44 N.3-4, pp. 521-568, March 1996.