

# Fuzzy 알고리즘을 이용한 엘리베이터 포터블 안전진단 및 동특성 분석장치 개발

김태형\*(성균관대 대학원 기계공학과), 김훈모(성균관대 기계공학과)

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

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

### ABSTRACT

An elevator system which is a essential equipment for a vertical movement of object, as a property of building, have been drove by various expenditure and purpose. Since developing electrical control technology, control systems are highly developed. An elevator equipment is expended to wide, but a data accuracy acquisition technique and safety predict technique for securing system safety is still basic level So, objective verification for elevator confidence condition is required absolutely accuracy measurement technique. Therefore, this study is accomplished in order to conquer a method of depending on sense of a manager with a simple numeric measurement data, and construct a logical, analytical foresight system for more efficient elevator management system.

**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 전자제어 기술의 발달로 권상기 모터를 위주로 구동장치 및 인버터(Inverter) 와 벡터(Vector)제어를 중심으로 한 다양한 제어시스템이 선보이게 되었다. 그러나 엘리베이터 장비는 양적으로는 상당히 팽창하였지만 시스템의 안전성 확보를 위한 데이터 정밀 측정 기술 및 예지 진단 기술 면에서는 여전히 초기화 단계를 벗어나지 못하고 있다.<sup>(1)</sup> 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. 엘리베이터를 포함한 모든 기계 시스템은 그 수명연한이 정해져 있어서 기기

의 사용에 따라 마모가 발생하고 이완이 일어나 안전성은 상대적으로 떨어질 수 있는데, 평상시의 정기 점검과 보수·유지관리에 따라 그 수명이 연장될 수 있다. 그러므로 엘리베이터 기기의 수명 연장과 안정적인 시스템 성능, 그리고 가장 중요한 안정성 확보를 위해서 주기적인 점검과 조정 및 교체가 이루어져야 한다. 주기적인 점검에는 동일개소의 기계에 대하여 정기적으로 측정하여 정상시의 데이터를 기준으로 시간경과에 따른 경향을 관측하여 판정하는 경향관리법에 기초한 정비의 기준을 시간 및 설비의 상태를 기준으로 실시하는 예지정비의 방법이 주로 사용된다. 예지정비는 설비의 상태를 알고서 정비를 하기 때문에 과잉보수를 줄이고 꼭 필요한 때에 꼭 필요한 부분만 가장 적당한 시기에 최소 시간을 들여 정비할 수 있다. 이 예지 정비를 수행하기 위해서 현재의 엘리베이터로부터 이상신호를 감지하는 기능과 이 신호의 이상유무를 정성적으로 분석하여 줌으로써, 관리주체 및 관리감독자들이 각 기기의 사용연한을 정확히 파악하고, 이상 유무를 정확히 감지 할 수 있도록 해주는 시스

템의 필요성이 절실히 요구된다. 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·관재하기 위한 논리적이며 분석적인 예지 정비 시스템 구축의 일환으로 최적화된 각종 센서연구를 바탕으로 엘리베이터 운행 중 발생에 예상되는 과전류, 정상속도 이상 주행, 모터 정지 등의 경우 이를 미리 감지하여 대비할 수 있도록 엘리베이터의 속도, 주행거리, 가감속도, 권상기의 진동, 온도, 전류 등을 정밀하게 측정하여 이 측정 데이터를 1 차로 데이터추출 알고리즘에 의해서 수집하고, 2 차로 Fuzzy 분석 알고리즘을 적용하여 이전의 데이터와 비교·분석한 후 데이터의 변동 추이 및 이상발생상황 여부를 추론하여 사용자에게 최종적으로 이상여부 결과를 도출할 수 있게 해주는 포터블 안전진단 장비 개발을 목표로 한다.<sup>(4)</sup>

## 2. 시스템 구성

본 장비는 설비의 상태를 과학적인 방법으로 파악하여 엘리베이터 설비의 이상을 조기에 발견, 예측하고 이상원인을 분석하는 시스템으로서, 외형은 Fig 1.과 같이 진동·온도·전류 속도 센정부, 노트북 PCMCIA 에 장착된 신호처리부, 그리고 노트북으로 구성된다. 전체 시스템은 센서를 통한 동특성 센싱(Sensing)부, 신호처리(Signal processing)부, 분석(Analysis) 및 예측(Predict)부로 구성되어 있다.<sup>(2)</sup>



Fig. 1 Appearance of potable safety diagnosis device

## 3. Fuzzy Algorithm 을 이용한 이상 분석 및 예측 프로그램

### 3.1 프로그램 개요

본 연구는 노트북 컴퓨터와 DAQ 장치, 그리고 간편하게 디자인된 센서를 일체형으로 하여 휴대가 간편한 엘리베이터 안전진단 장비의 개발을 목표로 하는 것으로서 하드웨어 구성부품은 시중에서 판매하는 각종 품목에 불과하며, 개발의 핵심 내용은

모두 지금부터 논하고자 하는 Fuzzy 알고리즘을 이용한 분석 및 예측 프로그램이다

사용된 그래픽 제어프로그램은 미국 National Instrument 의 LABVIEW Ver.5.1 이다. 모든 실행모듈은 그래픽 환경하에서 동작하며 입력신호처리, 데이터 분석 및 예측부로 구성되어 있다.

### 3.2 입력신호 처리부

입력신호 처리부의 화면구성은 Fig. 4 와 같이 구성되어 있고, 각각 진동·온도·전류 속도의 데이터를 입력 받는다

#### ① 온도 데이터 측정부

메인 그래프 화면에는 센서로부터 입력된 0℃ ~150℃사이의 입력 온도 신호를 0~10V 의 전압신호로 변환하여 그래픽 오실로스코프(Oscilloscope)에 표시된다. 또한 그래프 좌측에 위치한 디지털 온도계에 바로 현재의 온도 값이 나타나며 우측에 위치한 디지털 인디케이터(Indicator)에는 현재의 전압 값이 나타난다. 알람 램프는 사용자가 선택한 신호의 상/하한선의 기준에 따라 실시간으로 일차적인 이상 신호를 알려주는 기능이다. 그래프에는 확대/축소기능, 데이터 자동 추적기능, 데이터 정밀도 변환기능, 지나간 데이터를 볼 수 있는 스크롤 바(Scroll bar) 기능 등이 있다.

#### ② 진동 데이터 측정부

메인 그래프 화면에는 센서로부터 입력된 진동에 따른 접압 신호를 표시하며, 나머지 기능은 온도 측정부의 기능과 같다.<sup>(4)</sup>

#### ③ 속도 데이터 측정부

광학 엔코더(Encoder)입력되는 펄스 신호를 속도 데이터로 변환하여 시간에 흐름에 따른 속도 신호를 메인 그래프에 표시하며, 나머지 기능은 온도 측정부의 기능과 같다

#### ④ 전류 데이터 측정부

전류 측정계로부터 들어오는 전압 신호를 다시 전류로 환산하여 실시간으로 들어오는 전류 신호를 메인 그래프에 표시한다.<sup>(5)</sup>

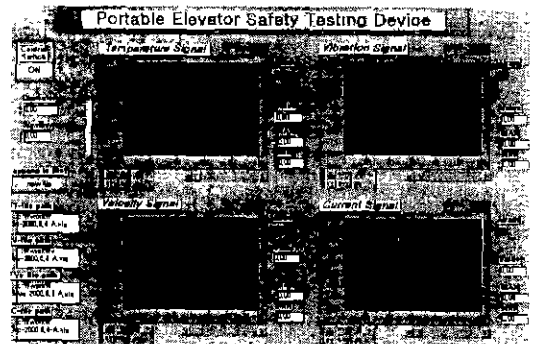


Fig.4 Main frame of Data Acquisition Part

### 3.3 데이터 분석 및 예측 프로그램

데이터의 분석은 측정된 전압 값을 바탕으로 진동은 주파수 변환, 속도는 가속도로 변환하여 두 가지 신호를 동시에 비교 할 수 있는 기능을 가지고 단편 적인 전압 및 속도 신호만이 아닌 종합적인 검토가 가능하게 구성하였으며, 이러한 변환된 신호를 바탕으로 진동은 주파수분석 데이터에, 속도는 속도 데이터에, 전류는 전류 데이터에 각각 Fuzzy 알고리즘을 적용하여 신호의 이상추이를 예측 할 수 있도록 구성하였다.<sup>(1)</sup>

#### 3.3.1 분석 및 예측 프로그램

분석 프로그램은 진동, 속도, 전류 각각 3 가지의 독립된 프로그램으로 구성되어 있다.<sup>(6)</sup>

##### ① 진동 분석 및 예측 프로그램

진동 분석 프로그램은 진동의 전압 신호와 주파수를 동시에 볼 수 있도록 구성하였으며, 주파수 대역 및 Magnitude 를 이용하여 예측 시스템을 구성하였다.<sup>(7)</sup>

##### ② 속도 분석 및 예측 프로그램

속도 분석 프로그램은 속도 신호와 가속도 신호를 동시에 볼 수 있도록 구성하였으며, 속도 신호의 감·가속 구간과 정속 구간의 속도의 차이를 이용하여 예측 시스템을 구성하였다.

##### ③ 전류 분석 및 예측 프로그램

전류 분석 프로그램은 센서로부터 들어온 전압 신호와 환산된 전류 신호를 동시에 볼 수 있도록 구성되어 있다. 구동, 정속, 정지시의 전류 값을 이용하여 예측 시스템을 구성하였다.

#### 3.1.2 Fuzzy 알고리즘

본 프로그램에서 분석을 하기 위하여 fuzzy 추론 이론을 도입 하게된 이유는 센서로부터 들어오는 신호가 어떠한 상태에서 이상이 있는지를 알 수 있는 정량적인 근거가 없기 때문에 모호한 상태로 전문가의 감각에 의해서 이상 유무를 판단하는 한계를 극복하기 위함이다.<sup>(1)</sup> Fuzzy 예측 시스템의 개념도는 Fig.5 와 같다.

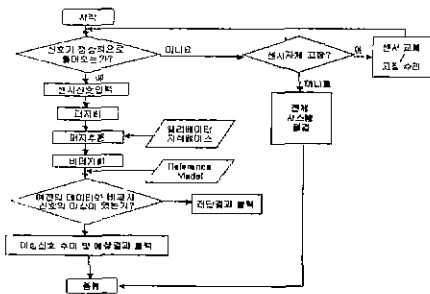


Fig.5 Flow Chart of Fuzzy Inference System

##### ① 진동 분석 Fuzzy 알고리즘

진동 신호는 Magnitude 의 크기와 최대의 Magnitude 를 갖는 주파수 범위가 중요하기 때문에 이 두 가지 신호를 fuzzy 입력 변수로 잡고 분석 프로그램을 구현하기 위하여 Rule-Base 를 구성하였다.<sup>(8)</sup>

##### ② 속도 분석 Fuzzy 알고리즘

속도 신호는 가속시의 소요 시간과 정속운동 일 때의 속도의 크기 그리고 감속시 걸리는 시간이 속도신호에는 가장 중요한 요소이기 때문에 이 세가지 요소를 fuzzy 입력 변수로 택하고 Rule-Base 를 구성하였다.

##### ③ 전류 분석 Fuzzy 알고리즘

전류 신호는 초기 구동시에 소요되는 전류값, 정속 운동일 때의 일정 전류값 그리고 정지시 소요되는 전류의 최대치가 전류 신호의 이상유무를 판단하는데 가장 중요한 요소이므로, 이 세가지 신호를 fuzzy 입력 변수로 택하고 Rule-Base 를 구성하였다.

## 4. 결과

본 장비의 성능 시험은 삼성 본관 건물 및 삼성 화재 건물에 있는 엘리베이터 각 2 기를 대상으로 동특성 측정시험을 수행하였다. Fig 6-a, b, c 에 엘리베이터 운행시의 권상기 모터의 진동, 전류, 온도의 측정 데이터를 나타내었다. 그래픽 화면의 확대·축소 기능을 이용하여 입력 신호를 좀더 세밀하게 관찰 할 수 있고, 스크롤-바(Scroll-bar)를 이용하여 지나간 데이터도 관찰할 수 있다.

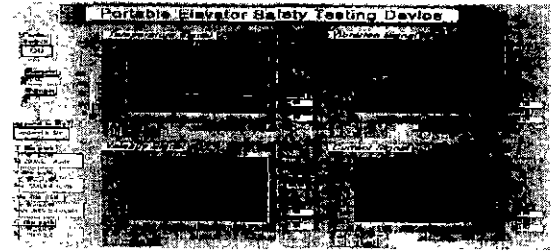


Fig.6-a Scene of Data Acquisition using Integration panel

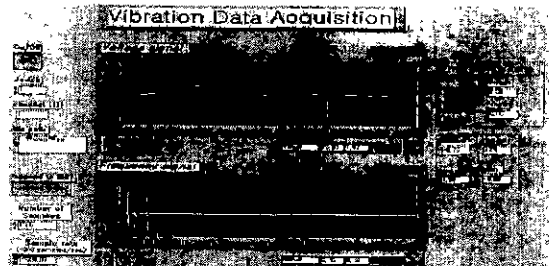


Fig.6-b Scene of Data Acquisition using vibration panel

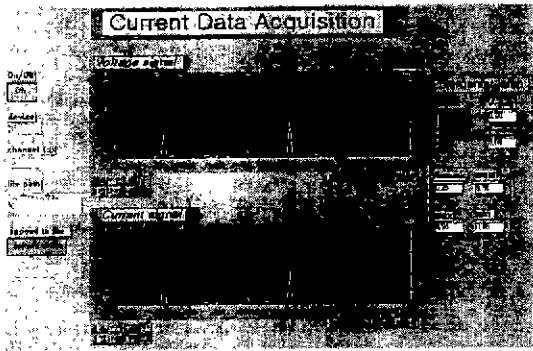


Fig 6-c Scene of Data Acquisition using current panel

본 연구는 노트북 컴퓨터를 기반으로 하여 휴대용 엘리베이터 안전진단 및 동특성을 파악하는 장비를 개발하는 것이다. 장비의 하드웨어 구성요소는 진동 온도·전류·속도 센서부, 노트북 PCMCIA에 장착된 신호 처리부, 그리고 노트북으로 구성된다.

연구의 핵심 내용은 소프트웨어 프로그램을 개발하는 것으로서 주요구성요소는 그래픽 데이터 표시부, Fuzzy 분석 프로그램으로서 안전진단 및 측정 현장에서 엘리베이터의 동특성 측정·분석하는데 필요한 모든 기능을 보유하는 것이다. 하지만 아직까지 데이터 취득까지의 과정까지 밖에 진행하지 못하였고, 앞으로 분석 프로그램을 더욱 보완하여 정밀한 예측 시스템을 구성하여야 할 것이다.

### 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. 현재까지 개발 단계로서 객관적이고 정량적인 검증과 측정의 신뢰도를 확보하는 것이 가능해졌다. 하지만 아직 Fuzzy 분석 알고리즘을 이용한 분석 프로그램 부분이 알고리즘은 개발되어 있지만, 실제 프로그램화 작업이 불충분하기 때문에 향후 이 프로그램에 대한 연구가 집중적으로 이루어져야 할 것이다.

또한, 이에 더하여 기대되는 추가 개발과제는 각각의 신호 분석이 아닌 4 가지 센서로부터 들어오는 신호를 조합하여 포괄적으로 추론하여 안전 여부를 판단하는 포괄 예측 프로그램에 대한 연구와 안전에 큰 영향을 끼치는 다른 요인들과의 통합작업을 통한 시스템 전반을 관리하는 기술이 필요할 것이다. 이 모든 작업이 완료된다면 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, "Erebetata Haitecku - 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, p.1123-1133, November 1998
5. Motor driving controller suitable for elevators, IEEE Transactions on Power Electronics, Volume 13, Issue 6, November 1998, Pages 1123-1133 Mutoh, Nobuyoshi, Ohnuma, Naoto; Omiya, Akihiro; Konya, Masahiro
6. Logical control of an elevator, IEEE Transactions on Automatic Control, Volume 40, Issue 3, March 1995, Pages 480-486 Dyck, Derek N.; Cames, Peter E.
7. Pattern classification by a neurofuzzy network: application to vibration monitoring, ISA Transactions, Volume 39, Issue 3, July 2000, Pages 293-308 Phayung Meesad and Gary G. Yen
8. Frequency domain methods for the solutions of N-order fuzzy differential equations, Fuzzy Sets and Systems, Volume 94, Issue 1, 16 February 1998, Pages 45-59 Yue Zhang, Guangyuan Wang and Sufang Liu
9. 신남호, 임은섭, "가변운전설비의 설비감시 및 진단방법에 관한 연구", 99년도 추계학술대회 논문집, PP 164-167, 1999