

뉴로 퍼지기법을 이용한 엘리베이터 속도패턴의 정밀 제어

Precise Control of Elevator Speed Pattern used Neuro-Fuzzy Technique

강진현, 강두영, 송윤제, 안태천

원광대학교 전기전자 및 정보공학부 지능정보시스템 연구실

Jin-Hyun Kang, Do-young Kang, Yun-Jae Song, Tae-Chon Ahn

Department of Electrical, Electronic and Information Engineering,

Wonkwon University

E-mail : jinhyun8264@naver.com

요 약

기존의 엘리베이터 시스템은 모든 교통 상황에 대해서 고정된 속도 패턴을 사용함으로써 교통량 변화에 다양한 속도 패턴을 제공 할 수 없었다. 운송 속도와 승차감은 엘리베이터 속도 패턴을 결정하기 위한 두개의 중요한 요소이다. 기동과 정지 시에 변속 충격을 줄이기 위해서 가속과 감속 시간이 적절히 조정되어졌다. 운송능력을 향상시키기 위해서 교통량 변화에 맞추어 저크를 조정하였고 이와 같은 방법으로 6개의 속도 패턴 곡선과 엘리베이터의 속도 제어를 위해서 뉴로 퍼지 시스템을 구현하였다. 구현된 뉴로 퍼지 시스템은 2개의 입력변수와 1개의 출력을 가진 시스템이다. 전반부는 교통량의 변화를 나타내며 후반부는 입력에 대응되는 속도 패턴을 적용시켰다.

1. 서론

엘리베이터란 수직이동수단이며 로프식, 유압식, 전동 덤베어터 등을 포함한 전체를 말하는 것으로, 수십 종류의 기기로 구성되어 있고 복잡하고 정교한 전기 기기와 기계구조 및 건축물로 구성된 교통수단이다. 본 논문에서는 현재 가장 널리 쓰이고 있는 로프식 엘리베이터를 기준으로 연구한다.^{[7][9]}

본 논문에서는 이러한 엘리베이터의 수직 이동수단에 대한 기능을 최대한 활용하면서 안락한 승차감을 보장하는 이상적인 엘리베이터에 가까운 속도 패턴의 생성에 중점을 두었다. 본 연구에서 속도 패턴 발생의 기본 방법으로 엘리베이터의 사용량과 무게에 따른 부하를 예측 또는 측정하였다. 이는 엘리베이터의 부하와 부하 시간을 측정하기 위한 것으로 엘리베이터 움직임의

속도를 가장 좌우하는 저크의 결정에 사용하기 위해서이다. 이러한 측정된 부하의 변동량에 따라 필요시 되는 저크의 결정에는 퍼지 추론 이론을 적용하며 부하의 변동에 가장 적합한 저크를 찾고자 하였다. 구해진 저크를 이용하여 엘리베이터 탑승객의 승차감에 손상을 주지 않는 범위 내에서 능동적인 엘리베이터 속도 패턴을 생성함으로써 부하 해소율을 높이면서 엘리베이터의 움직임을 효율적으로 움직이게 할 수 있는 속도 패턴의 결정에 본 연구의 중심을 두었다.

여러 가지의 상황에 따라 발생하는 속도 패턴을 시뮬레이션하여 각각의 속도 패턴의 효율성, 승차감등을 비교·분석하였고 발생된 문제에 대해서 연구하고자 한다.

2. 엘리베이터 시스템

엘리베이터의 기본 구조는 운반물을 실는 상자 부분을 케이지(cage) 또는 카(car)라고 하며, 케이지를 상하로 작동시키는 권양기, 가이드 레일, 권양기의 부하를 경감시키기 위하여 케이지의 무게와 상대적으로 매달려 움직이는 카운터 웨이트, 케이지와 카운터 웨이트를 연결하여 권양기의 회전바퀴에 걸리는 와이어로프(wire rope)로 구성되어 있다. 그리고 안전을 위한 많은 수의 안전 장치들로 구성되어 진다. 이러한 엘리베이터의 기본 구조에 층과 케이지에 장착되는 상태 표시기와 케이지에 장착되는 운전반과 층마다 붙는 조작 버튼등 여러 가지 부가적인 장치들이 붙이고 각각의 장치마다 신호선으로 연결하고 외장을 꾸밈으로써 우리가 사용하는 엘리베이터가 만들어진다. [7][9]

이러한 구조 중 엘리베이터의 이동에 직접적인 요소는 제어기와 인버터 그리고 유도 전동기이다.

제한된 속도 패턴을 위해서는 기존의 엘리베이터 시스템에 부하 측정기(Load Cell)와 고속의 수학적 연산을 위한 DSP와 시간을 읽어 들이는 RTC(Real Time Clock)를 필요로 한다.

3. 엘리베이터 속도 패턴

엘리베이터의 속도의 기본적인 개념은 저크(jerk)의 발생으로 기본으로 한다.

$$\text{속도} = \frac{\text{거리의변화}}{\text{시간의변화}} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

$$\text{가속도} = \frac{\text{속도의변화}}{\text{시간의변화}} \text{ (m/s}^2\text{)} \quad (2)$$

$$\text{저크} = \frac{\text{가속도의변화}}{\text{시간의변화}} \text{ (m/s}^3\text{)} \quad (3)$$

엘리베이터에서의 저크의 작용은 다음과 같이 작용한다.

- ① 정지 상태에서 최대 저크로 작동시킨다. 그에 따른 가속도가 증가되고 가속도 증가에 따른 속도의 증가로 엘리베이터는 움직이게 되는 것이다.
- ② 최대의 가속도가 되는 순간 저크를 0으로 하면 가속도는 0이지만 속도는 일정하게 증가한다.
- ③ 최대 속도를 유지하다가 감속지점에 도달하는 순간 저크를 최소가 되게 한다. 반대 방향의 가속도가 작용되므로 속도는 감소된다.
- ④ 충분히 움직인 뒤 정지직전에 저크를 0으로 하면 엘리베이터는 멈추게 된다.

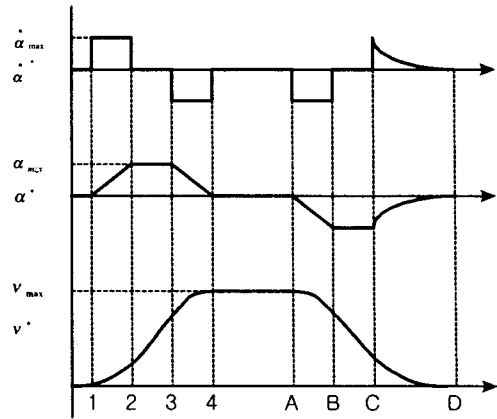


그림 1. 엘리베이터 속도 그래프

이러한 저크와 가속도의 관계를 기본으로 엘리베이터의 기존의 속도 패턴은 다음 3가지와 같다.

- ① 시간기준 속도패턴 [6][8][10]
- ② 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합 방법 [6][7][10]
- ③ 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합 방법 [1]

①번의 패턴 발생의 경우 빠른 정지 속도를 가진 반면 정지시의 승객의 승차감이 저하가 된다. ②번의 패턴의 발생의 경우 부드러운 정지 동작으로 인해 승차감이 개선되지만 도착 시간은 길어진다. 또한 속도 패턴의 전환시 나타나는 변속 충격과 저크의 변동에 따른 능동적인 반응이 불가능하게 된다. ③의 속도 패턴은 이 모든 단점을 개선한 방법으로 승객의 승차감과 속도 변화에 따른 능동적인 대응이 가능하게 된다. 본문에서는 ③의 속도 패턴을 기본으로 하였다. 각각 패턴의 발생 순서도와 속도 패턴을 나타내었다.

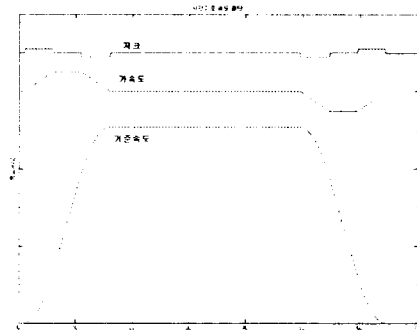


그림 2. 시간 기준 속도 패턴

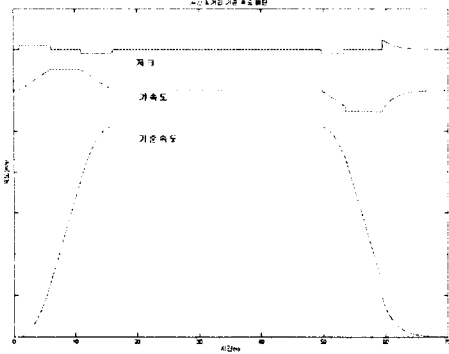


그림 3. 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합법

속도패턴식 (1)은

$$v_{S1}^* = \sqrt{2a_{max}(S - S_{off})} \quad (4)$$

속도패턴식 (2)는

$$v_{S2}^* = kS \quad (5)$$

이다.

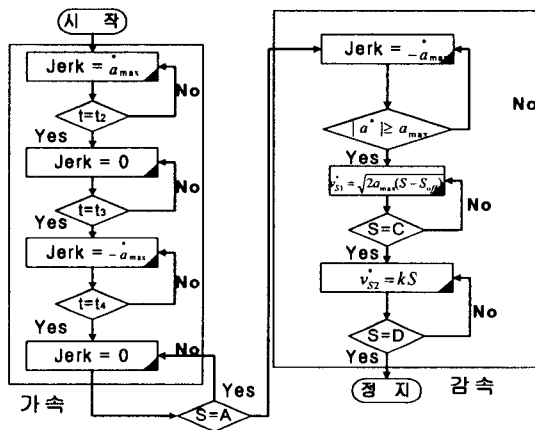


그림 4. 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합법 순서도

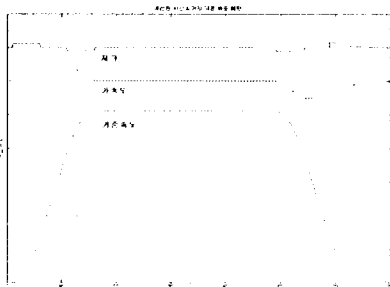


그림 5. 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합법

4. 뉴로 퍼지을 이용한 속도 패턴

뉴로 퍼지 네트워크는 퍼지제어기의 연산과정을 수행할 수 있어야 하므로 각 계층 뉴런의 활성화함수는 이러한 조건을 만족하도록 선정되어야 한다. 즉 퍼지제어기의 모든 연산기능을 수행하도록 뉴로 퍼지 네트워크의 구조와 각 계층의 활성화함수를 정의함으로써 해결될 수 있다.

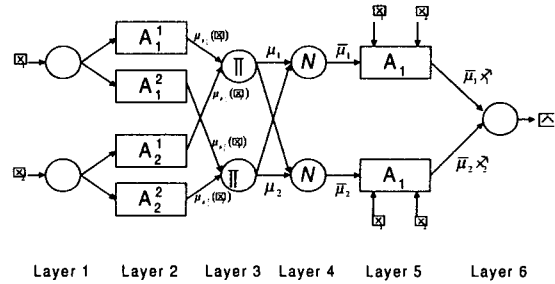


그림 6. ANFIS의 구조

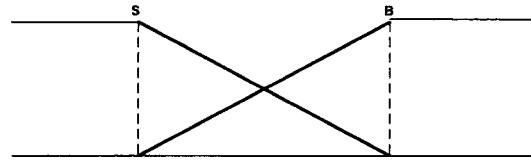


그림 7. 2개의 퍼지변수(부하입력)

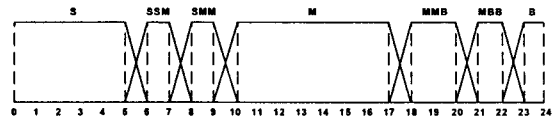


그림 8. 7개의 퍼지변수(시간)

계층 1의 각 뉴런에 의해 각 퍼지집합에 대한 소속함수가 계산된다.

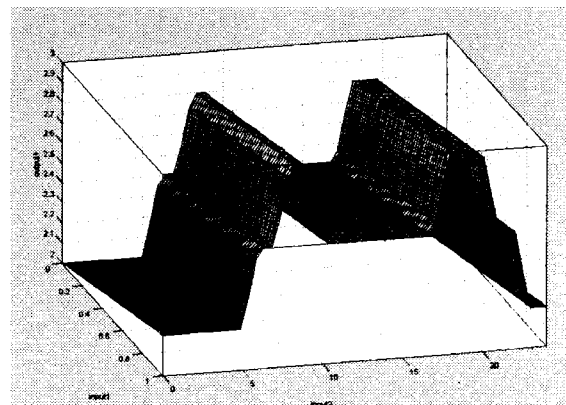


그림 9. 저크의 출력 값

5. 시스템과 시뮬레이션 및 고찰

본 논문에서는 새로운 속도 패턴을 적용시키기

위한 새로운 엘리베이터 시스템에 대해서 제안을 하였다. 시뮬레이션은 부하의 변동과 속도의 최대값과 최소값의 차이로 인한 속도의 존재 영역의 확인과 감속개시지점의 설정에 따른 도착시간의 오차에 대해서 고찰하였다.

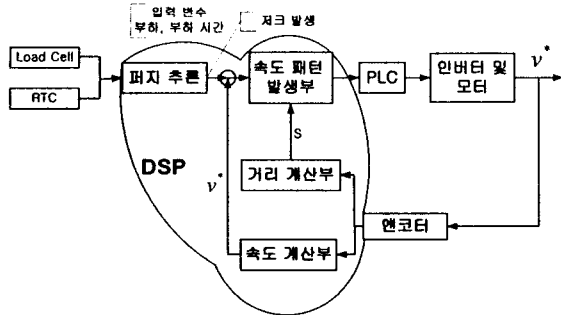


그림 10. 시스템의 블록 선도

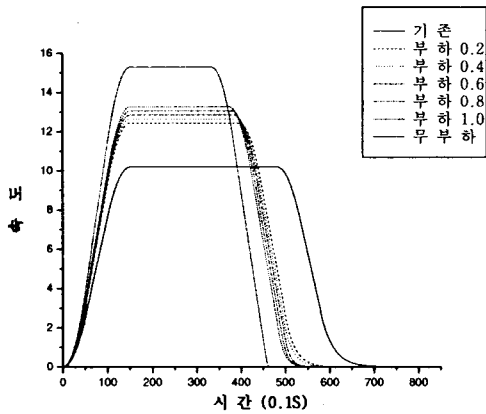


그림 11. 부하 변동에 따른 속도 패턴

고찰의 부분으로는 최대 속도 패턴과 최소의 속도 패턴 사이에 발생하는 영역의 고찰로 최대 도착시간과 최소 도착시간의 부분과 속도패턴에서의 도착시간을 가장 많이 좌우하는 감속 개시 지점의 선정에 따른 속도 패턴의 정지 시간에 대해 시뮬레이션을 하였다.

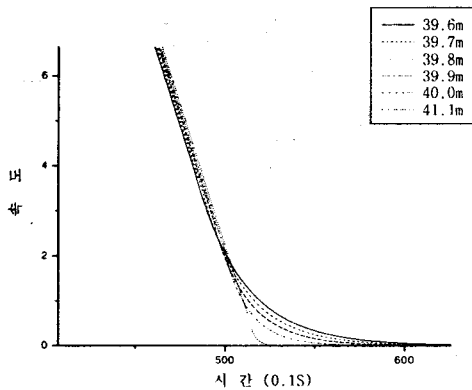


그림 12. 비례 감속 속도 패턴

6. 결론

본 연구에 의해 개선된 엘리베이터 시스템은 기존의 엘리베이터가 일괄적이고 한정된 교통량을 해소하는 반면 제안된 속도 패턴은 부하가 집중되는 시간에 더욱 빠르게 움직이고 또한 승객이 탑승하지 않은 무부하 상태에서는 최고의 속력을 냄으로써 능동적이고 효율적인 움직임을 가진다. 즉 기존의 엘리베이터에 보다 최소 18%에서 최대 35%의 시간을 단축 할 수 있다.

본 논문에서 거론되었던 감속 개시 지점의 설정 문제는 수학적으로 해결하거나 만약 해결하지 못하면은 각각의 저크 값에 대한 최적의 감속 개시 지점의 테이블을 만들면 해결 될 수 있다.

앞으로 제안된 속도 패턴을 실제의 하드웨어상에 적용하여 발생하는 문제점을 해결하고 또한 감속 개시 지점의 선정문제는 연구가 수행 되어야만 할 것이다.

참고문헌

- [1] 김경서, "엘리베이터 위치제어를 위한 속도패턴 발생", 전력전자학회 논문지, 제 4 권 제 6 호, P616, 1999
- [2] 변중남, "퍼지논리 제어" 홍릉과학출판사, 1997
- [3] 안태천, 심귀보, "제어시스템과 MATLAB", 광문각, 2001
- [4] 오성권, "퍼지모델 및 제어이론과 프로그램" 기다리, 1999
- [5] 채석, 오용석, "퍼지이론과 제어", 청문각, 1997
- [6] A. L. Husson, "Speed Pattern Generator for an Elevator Car", U.S Patent No. 4,470,482, 1984
- [7] G. Barney Elevator Technology, Ellis Horwood, 1986
- [8] J. A. Gingrich, "Method and Apparatus for Producing a Speed Pattern for an Elevator Car or Similar Vehicle", U. S. Patent No. 4,220,221, 1980
- [9] R. D. Peters, Ideal Lift Kinematics; Formula for the Equation of Motion of a Lift, Brunel Univ.1993
- [10] W. L. Williams, D. G. McPherson. A Mendelsohn, "Dynamically Generated Adaptive Elevator Velocity Profiler", U.S. Patent No. 4,751,984, 1988