

부하 예측에 의한 엘리베이터 속도패턴의 정밀제어

최 용 선*, 안 태 천, 장 경 원
원광대학교 전기·전자공학부

Precise Control of Speed Pattern for Elevators by The Load Prediction.

Yong-Sun Choi*, Tae-Chon Ahn, Kyung-Won Jaang
Electrical and Electronic Engineering Wonkwang Univ.

Abstract - 본 논문에서는 엘리베이터의 수직 이동 수단에 대한 기능을 최대한 활용하면서 안락한 승차감을 보장하는 엘리베이터의 속도 패턴의 생성에 중점을 두었다. 속도 패턴 발생의 중요한 방법으로 엘리베이터의 사용량과 무게에 따른 부하를 예측 또는 측정하여 부하의 변동량에 따라 필요시 되는 저크의 결정에 퍼지 이론을 적용하며 엘리베이터 탑승객의 승차감에 손상을 주지 않는 범위 내에서 능동적인 모터 속도 패턴을 생성함으로써 부하 해소율을 높이면서 엘리베이터의 움직임을 효율적으로 움직이게 하였다. 또한 승객의 쾌적한 승차감을 위해서 능동적인 감속 절환을 적용하였다. 이러한 여러가지의 속도 패턴 발생을 시뮬레이션하여 각각에 대한 속도 패턴과 효율성, 승차감등을 비교·분석하였다.

1. 서 론

엘리베이터란 수직이동수단이며 로프식, 유압식, 전동 덤웨이터 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 진행한다.

엘리베이터의 움직임을 제어하는 부분은 유도 전동기, 브레이크, 조속기등을 포함하고 있는 권양기라고 불리는 구동부와 유도 전동기의 움직임을 조절하는 인버터와 인버터에 제어신호를 발생시키는 제어부로 이루어져 있는 게 엘리베이터의 기본적인 구조이다.

엘리베이터와 같이 사람을 수송하기 위한 설비에 있어 탑승객의 입장에서 중요한 요소는 운송 효율과 안락한 승차감이다. 가장 큰 요인은 카(car)의 가속도 크기와 형태로 엘리베이터의 경우 일반 속도·위치 제어시스템과는 다르게 안락한 승차감을 얻을 수 있는 가속도와 이에 따른 속도 패턴을 미리 계산하여 놓고 이에 기준하여 카의 속도 제어를 하게 된다. 현재 쓰이고 있는 대부분의 엘리베이터의 속도 패턴은 일정한 가?감속 속도 패턴에 따른 시간 간격과 감속위치를 정해두고 일정한 저크를 이용하여 만들어지는 속도 패턴에 따라서 일률적으로 움직이도록 속도패턴 부분의 제어가 설계되어있다. 이러한 일정한 속도 패턴은 안락한 승차감을 보장 할 수는 있으나 일률적이고 한정된 량의 부하를 처리한다.

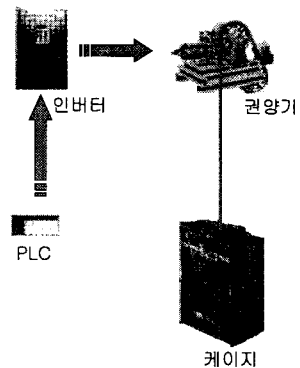
이러한 엘리베이터 시스템에 부하의 변화에 따른 각각의 속도 패턴 발생에 퍼지 이론을 추가하여 부하의 양에

따라 서로 다른 속도 패턴을 발생함으로써 승객의 승차감에 최대한 유지하면서 엘리베이터의 이동 속도를 증가 시켜서 궁극적으로는 승객의 편의의 증대에 목표를 두고 본 논문을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 엘리베이터 시스템

엘리베이터의 기본 구조는 운반물을 싣는 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 카운터웨이트를 연결하여 권양기의 회전바퀴에 걸리는 와이어로프(wire rope)로 구성되어 있다. 그리고 안전을 위한 많은 수의 안전 장치들로 구성되어 있다. 엘리베이터의 기본 구조에 층과 케이지에 장착되는 상태 표시기와 케이지에 장착되는 운전반과 층 마다 붙는 버튼등 여러 부가적인 장치들이 붙어 있고 각각의 장치마다 신호선으로 연결하고 외장을 꾸미고으로써 우리가 사용하는 엘리베이터가 만들어진다.



[그림 1] 엘리베이터 시스템

이러한 구조 중 엘리베이터의 이동에 직접적인 요소는 제어기와 인버터 그리고 유도 전동기이다. PLC는 엘리베이터 시스템의 모든 안전과 운영을 조절하는 두뇌인 제어기 역할을 하게 된다. 인버터는 보통 3상의 전압을 조절하기 위해서 쓰이는데 유도 전동기의 구동을 관여하

는 장치로써 보통 벡터 제어에 의하여 유도 전동기를 구동시킨다. 또한 비상정지나 과전류, 과속에 대한 방지 장치가 내장되어 있어 엘리베이터의 동작과 안전을 책임지는 중요한 부분을 차지한다. 케이지를 움직이는 권양기는 유도 전동기와 조속기 그리고 브레이크등을 포함한 부분이다. 엘리베이터의 속도 패턴의 제어를 위해서 유도 전동기 측에 엔코더를 사용하여 PLC로 이 값을 읽어 정확한 위치제어를 위해서 사용된다.

2.1.1 기존의 엘리베이터에 추가 장비

기존의 엘리베이터로는 본 논문의 속도패턴 발생 시스템에는 부족한 부분이 있다. 본 논문을 위해서는 기존의 엘리베이터 장치에 모터 측에 부착되는 엔코더와 부하의 변화를 전기적인 신호로 바꾸어 출력하는 부하측정기가 필요로 한다 또한 고속의 수학연산과 속도의 변화를 감지하기 위한 DSP 프로세서도 추가적인 보충이 필요로 한다.

2.2 엘리베이터 속도 패턴

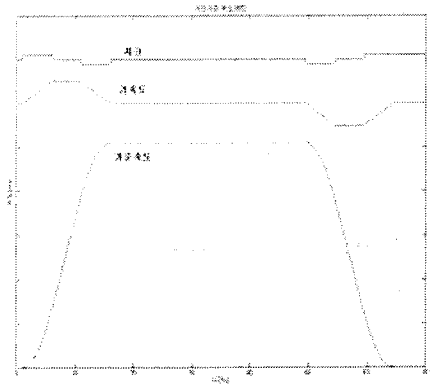
엘리베이터의 기존의 속도 패턴은 다음 3가지와 같다.

- ①시간기준속도패턴(Time-based Velocity Pattern)
- ②시간기준속도패턴(Time-based Velocity Pattern)과 거리기준 속도패턴(Distance-based Velocity Pattern)의 조합 방법[2][3]
- ③개선된 시간기준속도패턴(Time-based Velocity Pattern)과 거리기준속도패턴(Distance-based Velocity Pattern)의 조합 방법[1]

각각의 속도 패턴 발생의 방법은 여러 가지의 특징을 지니고 있다. 1번째와 2번째의 속도패턴은 초기의 설정이 필요로 하는 수동적인 속도패턴인 반면 3번째의 속도패턴은 하나의 설정으로 어떠한 상황에서도 속도 패턴을 만들어 주는 능동적인 속도패턴 발생을 가진다. 본 논문에서는 3번째로 언급된 개선된 시간기준 속도 패턴과 거리기준 속도패턴을 사용하여 진행하고자 한다.

2.2.1 시간기준 속도패턴

가장 오래된 속도 패턴 발생 방법으로 간단한 원리와 쉬운 구성방식을 가지고 있다. 또한 기본적인 엘리베이터의 가·감속에 대한 원리이기도 하다. 현재의 엘리베이터에서는 저층의 엘리베이터나 화물용 엘리베이터 시스템에서 많이 사용되고 거리의 측정 장비가 없기 때문에 층마다 감속과 정지 리미트 스위치를 부착하여 감속 시점과 정지 위치에 대한 정보를 얻는다. 이 패턴의 단점은 정해진 속도 패턴을 가지고 운행할 뿐더러 정지 위치에서 일정한 거리를 유지하는 감속 리미트 스위치의 위치 선정이다. 조금 짧게 설치가 되면 승객이 느끼는 정지 충격이 크고 조금 길게 설치되면 정지 시간이 길어진다. 또한 다른 속도 패턴 보다는 빠른 속도를 가지고 있지만 커다란 정지나 변속 충격으로 승객의 불편감을 유발 시키는 단점이 있다. 그림 2는 시간 기준 속도 패턴 발생을 나타내었다. 시간 기준 속도 패턴은 저크의 크기와 지속 시간을 설정하고 보통 만들어진 loop-up 테이블을 만들어서 사용한다.

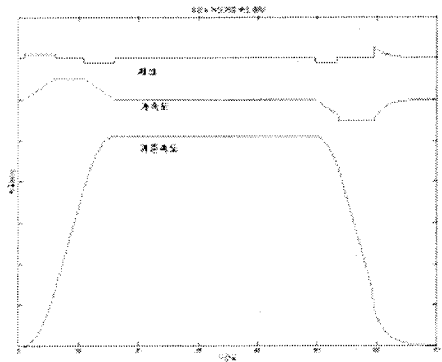


[그림 2] 시간기준 속도패턴

2.2.2 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합 방법

지금 널리 쓰이는 방법으로 정지 충격의 감소를 위해서 사용되는 방법으로써 감속의 단계를 3단계로 나누어서 1단계는 저크에 의한 감속, 2단계는 루트에 의한 감속, 그리고 3단계는 지수함수에 의한 감속으로 나누어진다. 이를 구현하기 위해서는 시간기준 속도 패턴 발생부와 거리기준 속도 패턴 발생부 그리고 거리를 측정하는 부분과 시간기준에서 거리기준으로 전환하기 위한 전환부를 필요로 한다.

감속의 단계중 2단계는 로 감속을 하고 3단계는 로 여기서 는 남은거리는 옅셋이다. 이러한 3단계의 속도 변화 때문에 변환점을 정확히 맞추지 못하면 가속도가 불연속적인 부분이 생성돼서 승객은 불편감을 느끼게 된다. 엘리베이터 설치시 세심한 주의를 요구하는 부분이다. 정지시의 속도가 지수함수 형태를 가짐으로써 부드러운 정지를 할 수 있다. 그림 3은 시간과 거리를 고려한 속도 패턴을 나타 내었다.



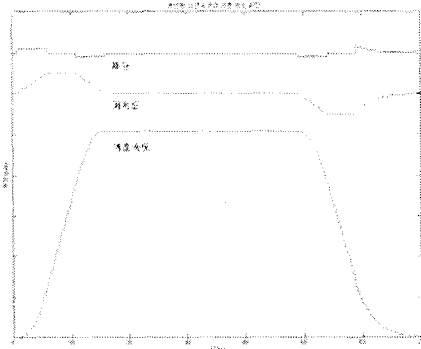
[그림 3] 시간 & 거리 기준 속도패턴

그림 3에서와 같이 감속에서는 3개의 속도 패턴이 사용되어 각각의 패턴 전환시 가속도에서 불연속적인 부분

을 찾을 수 있다. 이 부분에서 승객은 불편함을 느끼게 된다. 이것을 없애기 위해서는 처음 엘리베이터 설치시 실험에 의해 정확한 속도 절환을 위해서 정확한 감속 시작 위치를 찾아야 한다.

2.2.3 개선된 속도 절환 패턴

앞에서 보아온 속도 패턴은 정지시의 부드러움을 고려하지 않은 거와 속도 절환시 변속 충격을 고려하지 않은 속도 패턴을 보았다. 정지동작의 부드러움과 변속 충격을 고려한 속도 패턴은 2.2.2에서 보여진 속도 패턴을 개선한 방법으로 속도의 연속성을 고려하여서 설계하였다. 그림 4에서 보여지는 패턴이 개선된 속도 패턴이다.



[그림 4] 개선된 속도 패턴

패턴의 생성을 위한 변수는 감속 시작 지점의 위치와 목표 거리 그리고 현재의 속도를 읽어 들이는 속도 측정기만 있으면 그림과 같은 속도 패턴을 만들어 낼 수 있다. 개선된 속도 패턴의 특징은 단지 감속 시작 위치와 목표 이동 거리만 정해지면 자동적으로 연속적인 속도 패턴을 구현 할 수 있는 능동적인 방법이다.

2.3 퍼지 이론에 의한 저크의 결정

기존의 엘리베이터는 일률적인 속도로 운행되어 왔다. 하지만 현재 사회에서 밀집된 사회 생활로 인해서 많은 유동성을 가지고 활동을 하게 된다. 그러한 유동성의 해결을 위해서 새로운 엘리베이터의 운행 기술을 설계하고자 한다.

퍼지 규칙을 만들기 위해서는 두개의 입력 변수와 하나의 출력변수를 가진 퍼지 규칙을 사용하여 저크 값을 만들어 내고자 한다.

입력 변수는 부하와 부하 집중 시간에 대하여 멤버십을 정하였다. 먼저 부하에 대해서는 0인 경우를 제외하고 적을때와 클때를 나누었으며 부하가 밀리는 시간대는 7개의 사다리꼴 멤버십 함수로 나누어 분리하였다. 각각의 멤버십을 아래의 그림에 표현 하였다.

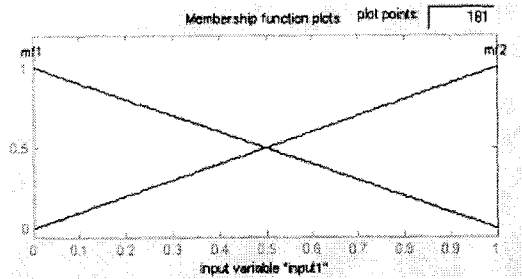
2.3.1 멤버십 값의 결정

기존의 엘리베이터는 일률적인 속도로 운행되어 왔다. 하지만 현재 사회에서 밀집된 사회 생활로 인해서 많은

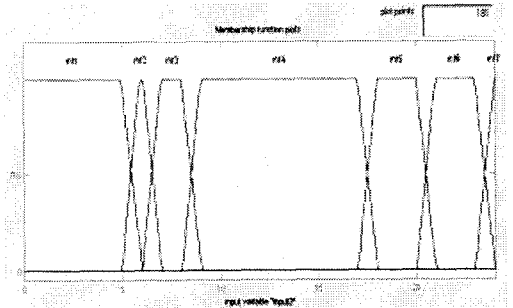
유동성을 가지고 활동을 하게 된다. 그러한 유동성의 해결을 위해서 새로운 엘리베이터의 운행 기술을 설계하고자 한다.

퍼지 규칙을 만들기 위해서는 두개의 입력 변수와 하나의 출력변수를 가진 퍼지 규칙을 사용하여 저크 값을 만들어 내고자 한다.

입력 변수는 부하와 부하 집중 시간에 대하여 멤버십을 정하였다. 먼저 부하에 대해서는 0인 경우를 제외하고 적을때와 클때를 나누었으며 부하가 밀리는 시간대는 7개의 사다리꼴 멤버십 함수로 나누어 분리하였다. 각각의 멤버십을 아래의 그림에 표현 하였다.



[그림 5] 부하에 대한 멤버십



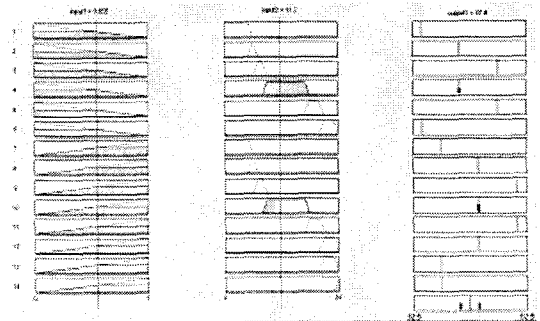
[그림 6] 부하 시간에 따른 멤버십

2.3.2 퍼지 룰의 결정

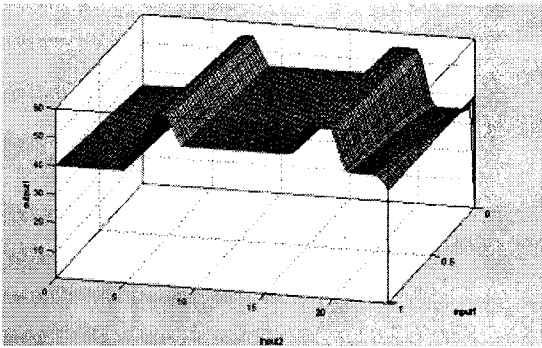
퍼지 룰에 대한 출력 값은 sugeno 퍼지 룰 시스템을 간략 추론법을 사용 하였다.

그에 대한 결과는 다음 그림과 같다.

각각의 멤버십에 대한 출력값은 다음 그림과 같다.



[그림 7] 간략 추론을 이용한 룰규칙



[그림 8] 멤버십 값에 의한 저크 출력값

2.3.4 시뮬레이션

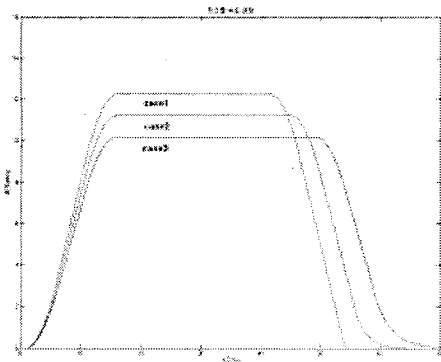
	부하	부하시간	감속지점	정지시간
case1	0	18.2H	40.5m	54.9S
case2	0.4	19.6H	41.0m	64.5S
case3	0.8	23.9H	41.5m	72.1S

[표1] case별 변수 값(이동거리 49.5m)

- case1인 경우는 사람이 탑승하지 않은 상태이므로 승객의 불편감을 좌우하는 정지의 부드러움의 제거로 빠른 시간내에 승객이 원하는 층으로 이동하기 위해서 가장 빠른 저크를 가진다.
- case2는 많은 부하와 많은 부하 시간을 가진 경우로 승객의 안락함을 위해서 정지시의 부드러움을 추가 하였다.
- case3는 적은 부하와 적은 부하 시간을 가진 경우로 승객의 안락함을 위해서 정지시의 부드러움이 추가되어 있다.

입력 변수의 값에 따라 달라지는 저크의 값으로 2.2.3에서 보여진 능동적인 속도 패턴 발생 방법을 사용하여 나타나는 속도패턴 그래프는 그림 9에 나타내었다.

시뮬레이션의 결과인 그림 9와 표 1에서 보듯이 많은 이동거리의 단축을 보여주고 있다.



[그림 9] 저크별 속도 패턴

3. 결 론

본 연구의 결과는 엘리베이터의 이동간의 시간을 최대한 줄여서 엘리베이터를 이용한 교통량의 빠른 해소에 중점을 두었다. 만약 case2의 저크를 일반 엘리베이터에 적용 한다면 49.5m의 이동거리를 왕복한다면 $(64.5 + 64.5) = 128.0S$ 가 걸리게 된다. 그러나 위에서 제안된 엘리베이터 속도 패턴을 사용하게 되면 $(64.5 + 54.9) = 119.4S$ 가 걸리게 되어 8.6S의 시간을 절약하게 되어 다음 승객이 기다리는 장소로 움직일 수 있는 시간적인 여유를 갖게 된다. 그로인하여 승객의 안락감을 보장하면서 많은 교통량을 처리 할 수 있게 된다.

본 연구에서 중요한 부분은 감속 시작 위치의 선정이다. 저크의 변화량에 따라 변속 지점이 달라지게 되는데 너무 앞서 감속지점이 정해지면 부드러운 정지를 위한 지수적인 감속이 길어지게 되어 정지 시간이 길어지게 된다. 또한 너무 늦게 선정되면 지수적인 감속부분이 없거나 또는 너무 적게되는 단점을 가지고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김경서, "엘리베이터 위치제어를 위한 속도패턴 발생", 전력 전자학회 논문지, 제 4 권 제 6호, P616, 1999
- [2] A. L. Husson, "Speed Pattern Generator for an Elevator Car", U.S Patent No. 4,470,482, 1984
- [3] R. D. Peters, Ideal Lift Kinematics: Formula for the Equation of Motion of a Lift, Brunel Univ.1993