

엘리베이터 속도 패턴의 퍼지 제어

Fuzzy Control of Elevator Speed Pattern

안태천, 강진현, 강두영, 윤양웅

Tae-Chon Ahn, Jin-Hyun Kang, Doo-Young Kang, Yang-Woong Yoon

원광대학교 전자·전자 및 정보공학부

요약

본 논문에서는 엘리베이터 속도 패턴을 결정하는데 중요한 2개의 요소인 편안한 승차감과 빠른 운송속도를 가지며 교통량 변화에 따른 다양한 속도 패턴을 제공 할 수 있는 새로운 속도 패턴 발생 방법을 제안한다. 기동과 정지 시에 변속 충격을 줄이기 위해서 가속과 감속 시간을 적절히 조정하고, 운송능력을 향상시키기 위해서 교통량 변화에 맞춰서 저크를 조정한다. 2입력 1출력의 퍼지 추론 시스템을 사용하여, 제안한 속도패턴을 가진 엘리베이터 시스템을 정밀 제어한다.

Abstract

In this paper, a new speed pattern generation method is proposed to offer various speed patterns for the traffic changes, with the comfortable driving and the rapid transportation speed that are two important factors to determine elevator speed pattern. To reduce the speed shift impulse, acceleration and deceleration times are appropriately adjusted to the elevator system when start and stop. In order to improve transportation capability, the jerk is also adjusted to the traffic change. Using fuzzy inference system with 2 input variables and 1 output, the elevator system controls precisely, with the proposed speed pattern.

Key words : elevator, speed pattern, fuzzy inference, comfortable driving, transportation speed

I. 서론

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.[7][9]

사람을 수송하는 엘리베이터는 탑승객의 입장에서 중요한 요소는 운송 효율과 안락한 승차감이다. 이에 영향을 주는 가장 큰 요인은 카(car)의 가속도 크기와 속도패턴인데, 엘리베이터의 경우는 일반 속도·위치 제어시스템과는 다르게 안락한 승차감을 얻을 수 있는 가속도와 이에 따른 속도 패턴을 미리 계산하여 놓고 이에 기준하여 카의 속도 제어를 하게 되어 있다. 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 속도패턴이 제어되도록 설계되어 있다. 이러한 일정한 속도 패턴은 안락한 승차감을 보장 할 수는 있고 일률적이고 한정된 량의 부하를 처리하는데 적합하나 엘리베이터의 이동이 너무 느려서 운송효율은 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그래서 승객의 승차감을 최대한 보장하면서 빠른 움직임을 가진 엘리베이터 시스템이라면 가장 이상적인 엘리베이터 시스템이라고 할 수 있다.[6][7][8][10]

본 논문에서는 양호한 운송효율과 안락한 승차감을 보장하는 이상적인 로프식 엘리베이터에 가까운 속도 패턴의 생성에 중점을 두고 연구한다. 속도 패턴을 생성하기 위하여 엘리베이터의 사용량과 무게에 따른 부하 변동을 측정하였다. 이는 엘리베이터의 부하와 운행 시간을 알기 위한 것으로 엘리베이터 움직임의 속도를 크게 좌우하는 저크 량의 결정에 사용된다. 측정된 부하의 변동 량에 따라 필요한 저크 량은 퍼지 추론 시스템을 적용하며 부하의 변동 량에 가장 5 적합한 크기로 결정한다. 계산된 저크 량을 이용하여 엘리베이터 탑승객의 승차감에 손상을 주지 않고, 운송효율이 높은 새로운 속도패턴을 가진 제어방식을 제안한다. 그리고 여러 상황에 따라 발생하는 속도 패턴을 시뮬레이션 하여 각각의 속도 패턴의 효율성, 승차감등을 비교·분석한다.

II. 엘리베이터 시스템

엘리베이터의 구성은 운반물을 싣는 상자 부분인 카(car), 카를 상하로 작동시키는 권양기(유도전동기), 가이드레일, 권양기의 부하를 경감시키기 위하여 카의 무게와 상대적으로 매달려 움직이는 카운터 웨이트, 카와 카운터 웨이트를 연결하여 권양기의 회전바퀴에 걸리는 와이어로프(wire rope)로 구성되어 있다. 그리고 안전을 위한 많은 수의 안전장치(엔코더, 인버터, PLC제어기), 카에 장착되는 상태 표시기, 층마다 붙는 조작 버튼, 연결 신호선 및 부가적인 장치가 추가되어 완전한 엘리베이터가 만들어진다.[7][9] 이러한 구성 중 엘리베이터의 이동에 직접적인 요소는 PLC제어기와 인버터 그리고 유도 전동기이다. 엘리베이터 시스템의 개략적

접수일자 : 2004년 5월 31일
완료일자 : 2004년 12월 8일
감사의 글 : 본 논문은 2004학년도 원광대학교교비 지원에 의하여 연구됨

인 구성 도는 그림 2와 같다.

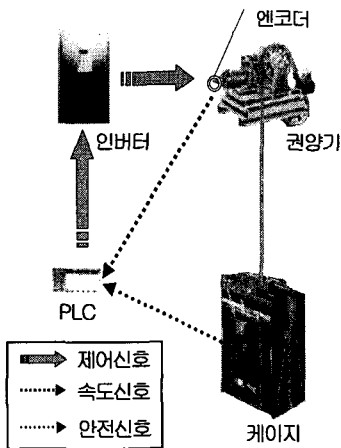


그림 1. 엘리베이터 시스템의 기본 구성도
Fig. 1. Basic scheme of elevator system

본 연구에서 제안한 속도 패턴을 발생시키기 위해서 기존의 엘리베이터 시스템에 카에 걸리는 부하를 측정하기 위한 부하 측정기(Load Cell), 고속의 수학적 연산을 위한 DSP 보드 그리고 시간을 읽어 들이는 RTC(Real Time Clock)를 부착하여 개선된 엘리베이터 시스템을 구성한다.

III. 엘리베이터 속도 패턴

엘리베이터의 속도 제어 패턴은 저크(jerk)에서 시작한다. 저크는 식(1)-(3)의 과정으로 얻을 수 있다. 이상의 관계를 도식적으로 나타내면 그림 2와 같다.

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

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

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

엘리베이터에서의 저크의 작용은 다음과 같이 설명할 수 있다.

- 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 감소하게 된다.
- ④ 충분히 움직인 뒤 정지직전에 저크를 0으로 하면 엘리베이터는 멈추게 된다.

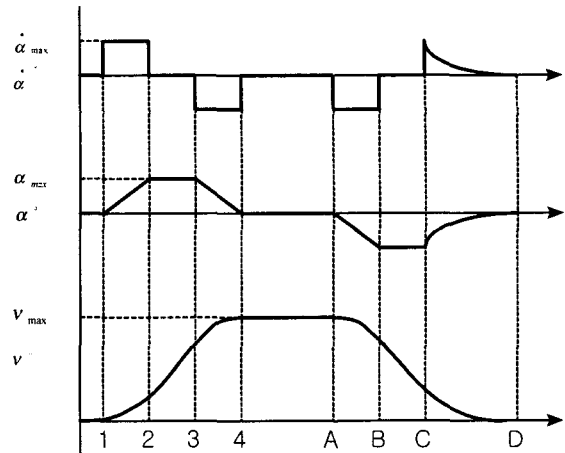


그림 2. 엘리베이터 속도, 가속도, 저크 그래프
Fig. 2. Elevator speed, acceleration and jerk graphs

현재 엘리베이터는 저크와 가속도의 관계를 기본으로 다음의 3가지의 속도패턴 중에 하나를 사용하고 있다.

- ① 시간 기준 속도 패턴방법^{[6][8][10]}.
- ② 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도 패턴의 조합 방법^{[6][7][10]}.
- ③ 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합 방법^[1].

이상의 3가지 속도패턴의 장단점을 설명하면 다음과 같다. ①번의 속도패턴 발생을 사용할 경우 빠른 정지 속도를 가진 반면 정지시의 승객의 승차감이 저하되는 단점이 있다. ②번의 속도패턴의 발생을 사용할 경우 부드러운 정지 동작으로 인해 승차감이 개선되지만 도착 시간이 길어지는 단점이 있다. 또한 속도 패턴의 전환시 나타나는 변속 충격과 저크의 변동에 따른 능동적인 반응도 불가능한 것으로 되어 있다. ③번의 속도 패턴 발생을 사용할 경우는 ①번과 ②번의 단점을 개선한 방법으로 승객의 승차감과 속도 변화에 따른 능동적인 대응이 가능하게 되어 있다. 본 논문에서는 ③의 속도 패턴을 기본으로 편안한 승차감과 빠른 속도를 가지며 교통량 변화에 따른 다양한 속도 패턴을 제공 할 수 있는 새로운 속도 패턴 발생 방법을 제안한다.

본 연구에서 기본으로 삼을 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합 방법을 설명한다. 이 방법은 기존의 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합 방법에서 패턴 전환시의 가속도의 불연속적으로 인한 변속 충격의 문제를 해결하기 위해서 개선된 방법으로 불연속적인 속도패턴을 전환시 마다 연속적으로 이어주는 과정을 삽입하여서 어떠한 경우에도 가속도를 연속적으로 만들고자 하였다. 기존의 방법에서 연속으로 만들기 힘든 이유는 시간기준 속도패턴 v_1^* 와 거리기준 속도패턴 v_{s1}^* 을 미리 고정시키기 때문이다. 그에 따라 감속 개시점인 A점이 잘못 설정되거나 실제속도가 기준속도에서 벗어 날 때 패턴 전환시의 불연속점은 생기게 되는데 이때의 보상은 까다롭게 된다. 이러한 보정의 해결을 위하여 거리기준 속도패턴을 고정시키지 않고 속도 패턴이 전환되는 순간의 최종속도와 가속도의 값을 근거로 하여 거리기준 속도패턴을 결정한다.

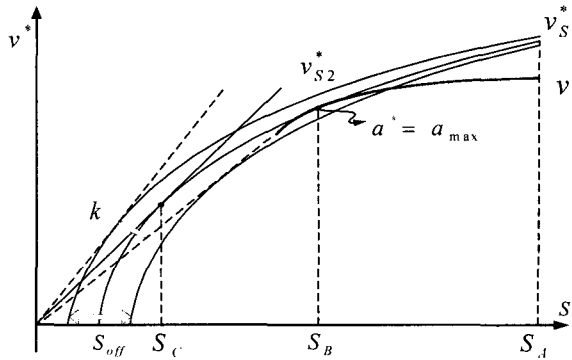


그림 3. 위상 평면상의 속도 패턴의 절환
Fig. 3. Cutting speed pattern on phase plane

거리 기준 및 시간기준 속도 패턴을 위상평면상에 표시하면 그림 3과 같다. 그림 3에서 S 는 남은 거리, S_A, S_B, S_C 는 목표지점에서의 A, B, C지점까지의 거리, v^* 는 기준 속도, v_t^* 는 시간 기준 속도 패턴, v_{S1}^* 은 거리기준 속도패턴으로 식(4)과 같고, v_{S2}^* 는 거리기준 속도패턴으로 식(5)과 같다.

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

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

여기서 a_{max} 는 최대 가속도 값이고, S_{off} 는 곡선의 오프셋 거리이며, k 는 보정 상수로 $0.5 < k < 1$ 사이의 값이다. 본 논문에서는 3/4를 사용하였다.

기존의 방법은 음의 지크로 인한 감속 값에서 거리기준 속도 패턴 v_{S1}^* 으로 절환 순간의 속도에서 가속도의 불연속 점을 해결하기 위해서 최대 가속도의 일정한 값 즉(삭제),을 도입한다. 그림 3에서 보듯이 기준속도 v_t^* 의 감속 가속도 값이 a_{max} 로 도달시킨 후 거리기준 속도패턴 v_{S1}^* 과 만나도록 한다. 이때 v_t^* 과 v_{S1}^* 이 한 점에서 접하게 하기 위해서는 v_{S1}^* 의 형태를 변하지 않고 S_{off} 의 조절만으로 하나의 점과 만나게 할 수 있다. 또한 이때의 가속도는 a_{max} 를 유지하게 된다. 이로써 이 접점에서의 속도와 가속도는 연속이 되도록 할 수 있다.

식(4)의 일정 감속모드에서 식(5)의 거리에 기준해서 비례한 감속 모드로 절환할 경우에도 그림 3과 같이 v_{S1}^* 과 v_{S2}^* 의 접점의 일치로 불연속을 없앨 수 있는데 이는 k 의 조절로 해결 할 수 있다. 즉, S_{off} 와 k 의 조절로 이상적인 속도 패턴을 구할 수 있다.

이러한 동작을 각각의 구간으로 나누어 생각하면은 그림 4와 같이 4구간($\alpha, \beta, \gamma, \delta$)으로 나눌 수 있다. 여기서 S_A, S_B, S_C 는 각 지점에서의 최종목표 위치와의 남은 거리를 의미한다. 또한 $v_\alpha^*, v_\beta^*, v_\gamma^*, v_\delta^*$ 는 각각의 구간에서의 속도 패턴을 의미한다. 그림 4에서 보는 속도 패턴이 우리가 원하는 이상적인 속도 패턴의 모습이다.

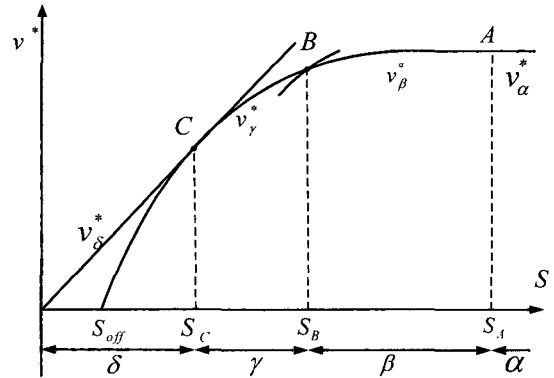


그림 4. 위상 평면상 구간별 속도 패턴
Fig. 4. Speed patterns of each interval on phase plane

그림 5는 본 연구에서 사용한 속도 패턴의 발생 부이고 그림 6은 속도 패턴의 발생 흐름도이다.

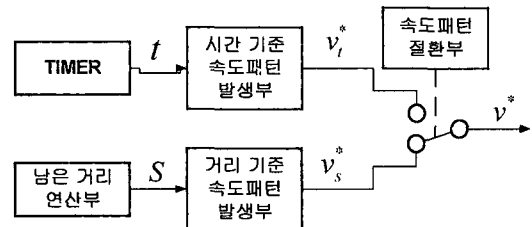


그림 5. 속도 패턴 발생 부
Fig 5. Speed pattern Generator

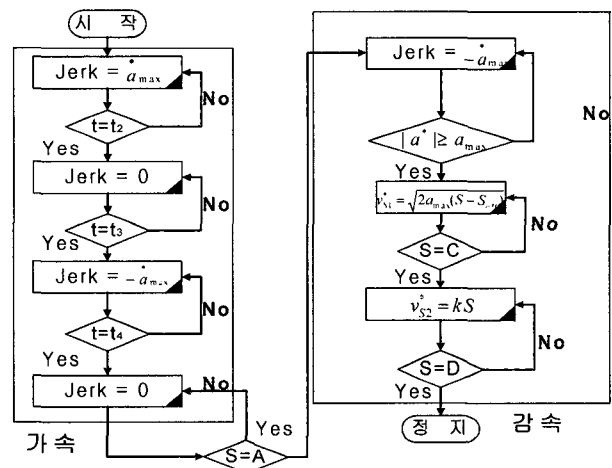


그림 6. 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합법 흐름도

Fig. 6. Advanced Time-based Velocity Pattern and Distance-based Velocity Pattern Flowchart

각 구간별 속도를 연속시킴으로써 변속 충격이 없는 연속적인 속도, 가속도 및 지크를 구한 후 그림으로 나타내면 그림 7과 같다.

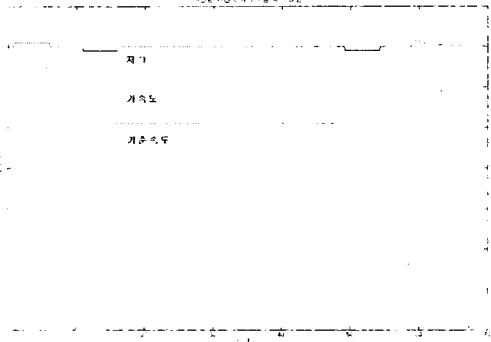


그림 7. 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합법
Fig. 7. Advance Time-based Velocity Pattern and Distance-based Velocity Pattern

본 논문에서는 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합에 퍼지 추론방법을 도입하여 어떠한 저크 값에서도 능동적으로 반응하여 최적의 운행 조건을 만들어 내는 속도패턴 발생 방법을 고안한다.

IV. 퍼지 추론을 이용한 속도 패턴

기존의 엘리베이터는 일률적인 속도로 운행되고 있어 엘리베이터의 증설 없이는 현재로는 사람의 이동성을 만족시키지 못하고 있다. 본 연구에서는 엘리베이터의 증설 없이 많은 사람의 이동성을 만족시킬 수 있는 운송효율을 가진 새로운 엘리베이터의 운행 기술을 퍼지 추론을 이용하여 설계한다.[2][3][4][5]

퍼지 추론 시스템을 구축하기 위하여 두개의 입력 변수와 하나의 출력 변수를 가진 퍼지 규칙을 설계하고 퍼지 추론으로 저크 값을 얻어낸다. 가변적인 저크와 III장에서 기술한 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합법에 의해서 능동적인 속도 패턴을 만들어 낸다.

퍼지 추론에 의거 저크 값을 계산하는 단계는 다음과 같다.

① 전반부 입력 변수의 결정

저크를 구하기 위한 입력 변수로 부하와 운행시간 2가지를 사용한다. 부하를 입력 변수로 사용하기 위해서 Load Cell을 이용하며, 부하의 입력 값이 0이거나 음의 수 또는 아주 적은 양의 수를 가질 때에는 승객이 탑승하지 않은 것으로 본다. 나머지의 부하의 값은 선형적인 무게의 증가로 본다. 운행 시간은 엘리베이터를 운행하는 시간을 말하며, 출·퇴근 시간에는 엘리베이터를 탑승하는 승객이 많이 있으나 심야 시간에는 엘리베이터를 탑승하는 사람이 적게 된다. 본 연구에서는 러시아워 시간과 환가한 심야 시간 그리고 탑승객이 적게 있는 평상시의 시간으로 구분하여 입력 변수로 사용한다. 시간의 입력은 RTC에서 현재 시간을 받아 들여 읽는 것으로 가능하다. 하루를 24시간으로 총 7단계의 시간대로 임의적으로 나누어 고려한다.

② 전반부 각 입력 변수에 대한 멤버십 함수 결정 각 입력 변수에 대한 전반부의 멤버십 함수를 생각한다.

우선, 부하에 대응하는 멤버십 함수는 삼각형 모양으로 하였다. 특히, 사람이 탑승하지 않았을 때의 경우(부하 입력 값이 음의 값 또는 0 또는 아주 작은 양의 값)는 제외한다. 본 연구에서 사용한 부하 입력에 대한 멤버십 함수는 그림 8과 같다.

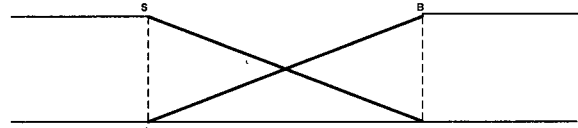


그림 8. 부하 입력에 대한 멤버십 함수
Fig. 8. Membership function for load input

다음으로 운행 시간 입력에 대한 멤버십 함수는 정의하였다. 운행 시간은 하루를 24시간으로 나누고 7구간으로 구분하였다. 혼잡 시간은 B로, 평상시간은 M으로, 심야 시간은 S로 나누었다. 시간의 특성상 사다리꼴 모양의 멤버십 함수 형태를 사용하였다. 이를 다시 쓰면, 0시~5시는 S로, 6시~7시는 M으로, 8시~9시는 B로, 10시~17시는 M으로, 18시~20시는 B로, 21시~22시는 M으로, 23시~24시는 S로 7구간으로 나누었다. 본 연구에서 사용한 운행시간 입력에 대한 멤버십 함수는 그림 9와 같다.

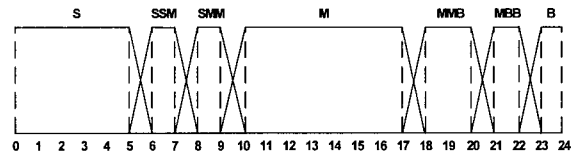


그림 9. 운행 시간 입력에 대한 멤버십 함수
Fig. 9. Membership function for operation time input

③ 후반부 구조 결정

퍼지 규칙의 후반부 구조는 퍼지 모델에 이용되는 추론 방법에 따라 정의된다. 본 논문에서는 제어에 용이한 실수 값을 사용하는 퍼지 싱글톤형 추론법을 고려한다. 따라서 후반부 구조는 단일 상수항을 가지는 구조이다. 후반부 멤버십 함수는 그림 10과 같이 6개의 퍼지 싱글톤을 이용한다.

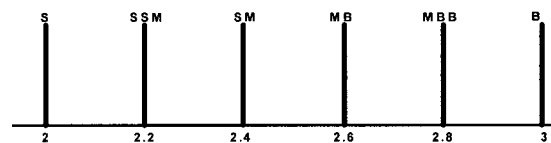


그림 10. 후반부 싱글톤 멤버십 함수
Fig. 10. Singleton type membership function of consequent Part

④ 제어규칙의 결정과 저크 출력

제어 규칙은 전반부 함수에서 부하와 운행시간에 대해서 각각 2개와 7개의 퍼지 변수를 잡았기 때문에 모두 14개의 규칙이 있을 수 있고 후반부가 6개의 싱글톤이 있으므로 인간이 생각하는 경험을 근거로 해서 다음과 같이 규칙을 만들었다. 부하와 운행 시간 중에 운행 시간에 더 큰 비중을 두었다.

R_1 : IF 부하 is S and 운행시각 is S,	THEN 저크 is S
R_2 : IF 부하 is S and 운행시각 is SSM,	THEN 저크 is SM
R_3 : IF 부하 is S and 운행시각 is SMM,	THEN 저크 is MBB
R_4 : IF 부하 is S and 운행시각 is M,	THEN 저크 is SM
R_5 : IF 부하 is S and 운행시각 is MMB,	THEN 저크 is SM
R_6 : IF 부하 is S and 운행시각 is MBB,	THEN 저크 is S
R_7 : IF 부하 is S and 운행시각 is B,	THEN 저크 is B
R_8 : IF 부하 is B and 운행시각 is S,	THEN 저크 is SSM
R_9 : IF 부하 is B and 운행시각 is SSM,	THEN 저크 is MB
R_{10} : IF 부하 is B and 운행시각 is SMM,	THEN 저크 is B
R_{11} : IF 부하 is B and 운행시각 is M,	THEN 저크 is MB
R_{12} : IF 부하 is B and 운행시각 is MMB,	THEN 저크 is B
R_{13} : IF 부하 is B and 운행시각 is MBB,	THEN 저크 is MB
R_{14} : IF 부하 is B and 운행시각 is B,	THEN 저크 is SSM

이 규칙을 규칙 테이블로 만들어 정리하면 표 1과 같다. 만들어진 규칙을 Matlab의 Fuzzy Tool Box 적용하면 그림 11과 같은 퍼지 규칙을 결정한다.

다음으로 퍼지 규칙에 대한 저크 출력을 구하기 위하여 본 논문에서는 식 (6)과 같이 무게 중심법을 사용하였다.^{[2][3][4][5]}

$$z_0 = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z dz}{\int \mu_c(z) dz} \quad (6)$$

이상의 과정에서 얻은 저크의 출력 값을 그래프로 나타내면 그림 12와 같다.

표 1. 퍼지 규칙 테이블
Table 1. Fuzzy rule table

운행시각 \ 부하	S	SSM	SM	M	MM	MBB	B
S	S	SM	MBB	SM	MBB	SM	S
B	SSM	MB	B	MB	B	MB	SSM

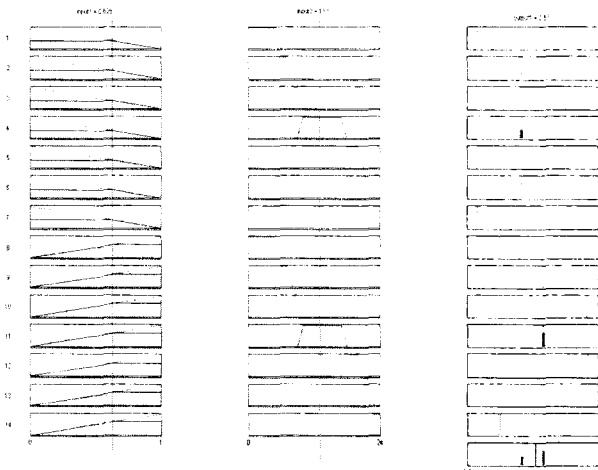


그림 11. 퍼지 규칙
Fig. 11. Fuzzy rules

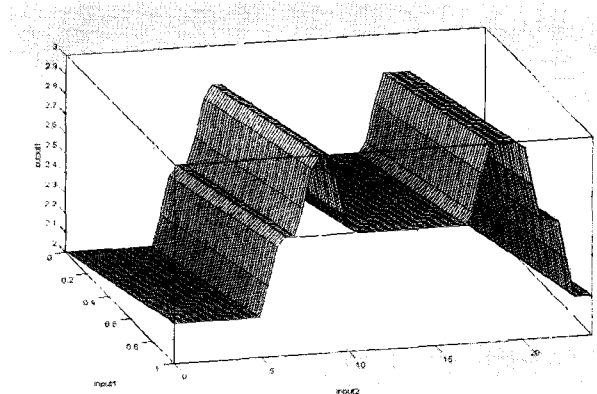


그림 12. 저크의 출력 값
Fig. 12. Jerk output

V. 엘리베이터 시스템과 시뮬레이션 결과고찰

V-1. 엘리베이터 시스템

본 논문에서는 새로운 속도 패턴을 적용시키기 위한 그림 13과 같은 새로운 엘리베이터 시스템을 제안한다. 이 시스템은 Load Cell에서 부하에 대한 입력 변수 값을 받아들이고, RTC에서 운행 시각에 대한 운행 시각에 대한 입력 변수의 값을 받아들이며, 엔코더에서 현재의 속도와 가속도 등을 읽어 들인다. DSP는 이 시스템의 두뇌기능을 하는 연산 부분으로 IV 장에서 제안된 퍼지 추론 알고리즘을 실행한다.

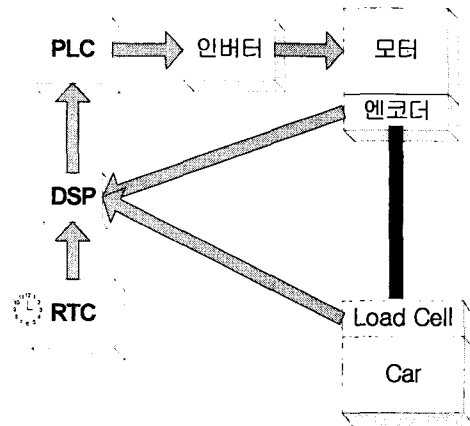


그림 13. 제안된 시스템 구성도
Fig. 13. Structure of Proposed System

퍼지 추론의 입력을 RTC와 Load Cell에서 받아들이고 이를 이용하여 추론된 저크를 계산한다. 추론된 저크는 III장에서 제시된 개선된 시간기준 속도패턴과 거리기준 속도패턴의 조합법에 의해서 속도를 만들어 내고, 만들어진 속도 값은 PLC를 통하여 출력한다. 또한, 속도에 대한 피드백은 엔코더로 받아들이고, 그리고 엔코더의 입력으로 현재의 위치와 속도를 판단하게 된다. 목표 층에 대한 위치와 거리는 PLC에 입력된 각 층의 버튼 신호에 따라 결정되고 움직일 층을 알아내어 DSP로 정보를 넘겨준다. 이러한 DSP의 기능은 마치

제어기와 같은 기능을 하게 된다. 이러한 DSP의 기능을 블록선도로 나타내면은 그림 14와 같이 나타낼 수 있다.

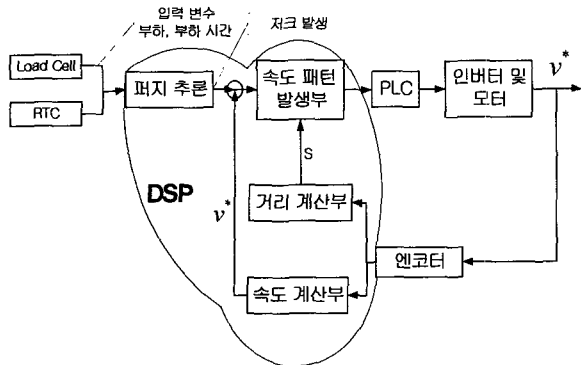


그림 14. 시스템의 블록선도
Fig. 14. Block Diagram of System

V-2. 시뮬레이션 결과 및 고찰

제안된 엘리베이터 시스템에 대하여 부하의 변동, 운행시간의 변동 및 감속 개시지점의 설정에 따라 Matlab으로 시뮬레이션하고 속도패턴의 변화와 분포영역 등을 고찰하였다.

① 부하의 변동

시간을 고정시킨 후 부하의 변동에 따른 속도 패턴에 대하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 조건은 엘리베이터가 49.5m 움직이고 시간은 12시로 고정되어 있는 상태에서 실행하였다. 부하가 0일 때는 예외 처리하여 최대의 저크 값을 가지게 한다. 이유는 승객이 없는 경우는 승객의 승차감을 고려 할 필요가 없기 때문이다.

부하의 변동에 따른 실행속도패턴을 표시하면 그림 15와 같고, 이를 분석하면 표 2와 같다.

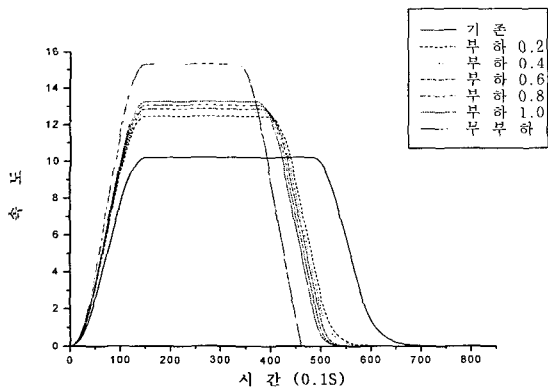


그림 15. 부하 변동에 따른 속도 패턴
Fig. 15. Speed pattern to load change

표 2. 부하 변동시의 조건과 결과
Table 2. Condition and output of load change

case 변수	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6	기준
부하	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.0	-
운행 시간(h)	12	12	12	12	12	12	-
저크 (m/s ³)	2.44	2.48	2.52	2.56	2.50	3.00	2.00
도착시간 (s)	67.1	65.0	58.8	58.0	57.6	46.3	74.1
움직인 거리(m)	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
감속 개시 지점(m)	41.0	39.9	39.9	39.7	39.5	39.5	41.5

그림 15와 표 2에서 결과를 분석해보면 저크가 클수록 빠른 도착시간을 보여주고 있고, 무부하시는 식 (5) $v_{st}^* = kt$ 을 무시하므로 빠른 도착 시간을 얻을 수 있었다. 특히, 부하의 변동시 감속 개시지점이 빠른데도 도착 시간이 기존의 방법보다 우수한 성능을 보인 것은 제안한 방법이 승차감이나 운송능력에서 우수하다는 것을 입증한다.

② 운행시간의 변동

부하를 고정시킨 후 운행시간의 변동에 따른 속도 패턴에 대하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 조건은 엘리베이터가 49.5m 움직이고 부하는 0.5로 고정되어 있다고 가정한 상태에서 실행하였다.

운행시간의 변동에 따른 실행속도패턴을 표시하면 그림 15와 같고, 이를 분석하면 표 2와 같다.

그림 16과 표 3의 시뮬레이션 결과를 분석해보면 부하변동시와 마찬가지로 저크가 클수록 도착시간이 단축되는 것을 알 수 있다. 그러나 가중치를 운행 시간에 더 많이 주었기 때문에 부하의 변동시의 속도패턴 보다 넓은 지역에 속도패턴이 분포함을 알 수 있었다. 특히, 운행시간 변동시 감속 개시지점이 빠른데도 도착 시간이 기존의 방법보다 우수한 성능을 보인 것은 제안한 방법이 승차감이나 운송능력에서 우수하다는 것을 입증한다.

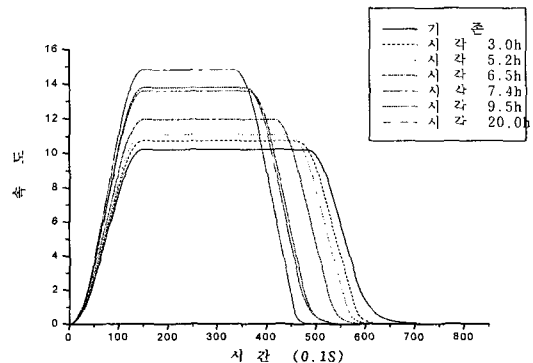


그림 16. 운행 시간 변동에 따른 속도 패턴
Fig. 16. Speed pattern of operation time change

표 3. 운행 시간 변동시의 조건과 결과

Table 3. Condition and output of operation time change

변수 \ case	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6	기준
부하	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-
운행시간(h)	3	5.2	6.5	7.4	9.5	20	-
지크(m/s ³)	2.10	2.18	2.34	2.66	2.70	2.90	2.00
도착시간(s)	66.6	64.9	63.6	63.0	62.1	51.3	74.1
움직인거리(m)	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
감속개시지점(m)	41.5	41.1	40.5	39.2	39.0	38.5	41.5

(3) 속도패턴의 최대 및 최소 값

다음 속도패턴의 존재 범위를 확인하기 위하여 속도 패턴의 최대 및 최소 값을 시뮬레이션하고 고찰하였다. 그림 17과 표 4는 최대 속도 패턴과 최소의 속도 패턴시의 최대 도착시간 74.1초와 최소 도착시간 51.3초를 나타낸다. (단 무부하시는 예외)

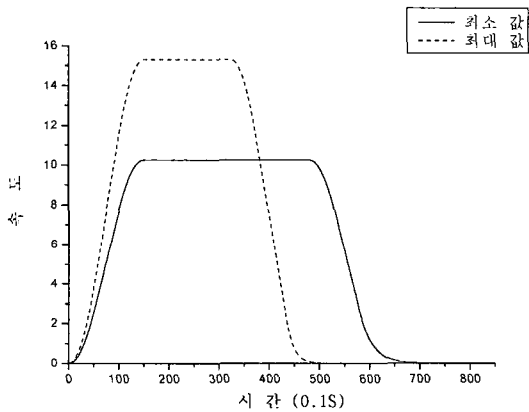


그림 17. 최대 값과 최소 값의 속도 패턴
Fig. 17. Speed pattern of max. and min. values

표 4. 최대 값과 최소 값

Table 4. Max. and Min. value

변수 \ case	case 1	case 2
부하	0.05	1
운행 시간(h)	3.0	8.5
지크(m/s ³)	2.01	3.00
도착시간(s)	74.1	51.3
움직인거리(m)	49.5	49.5
감속개시지점(m)	41.5	38.0

(4) 감속 개시지점의 영향

감속 개시지점의 설정에 따른 도착시간의 차이도 시뮬레이션으로 확인하고 고찰하였다.

속도 패턴에서의 도착시간을 가장 많이 좌우하는 감속 개

시지점의 설정에 따른 속도 패턴의 정지 시간에 대해서 시뮬레이션 하였다.

표 5. 설계 조건과 감속개시지점 변동시의 결과

Table 5. Design condition and output to change of deceleration starting point

변수 \ case	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
부하	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
운행시간(h)	12	12	12	12	12	12
지크(m/s ³)	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
도착시간(s)	70.8	68.0	65.0	65.0	60.9	53.5
움직인거리(m)	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
감속 개시지점(m)	39.6	39.7	39.8	39.9	40.0	40.1

본 시뮬레이션에서는 부하와 운행 시간은 같은 값을 갖게 하고, 감속 개시지점의 위치를 0.1m씩 변화를 주었으며 움직인 거리는 49.5m로 기존의 시뮬레이션과 똑 같은 조건을 주었다. 그림 18은 같은 부분은 생략하고 비례 속도 패턴의 부분만을 확대시켜 놓은 것이고, 표 5는 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

그림 18과 표 5에서 보듯이 감속 개시지점의 변화로 인하여 도착 시간에 많은 차이를 나타내고 있다. 가장 이상적인 감속은 case 3 과 case 4와 같이 감속 개시지점이 다르더라도 같은 도착시간을 갖는 것으로 승차감이 우수함을 입증한다.

VI. 결 론

본 논문에서는 기존의 엘리베이터가 가지고 있는 일괄적이고 한정된 교통량을 해소하는 속도패턴 방식에 새로운 속도 패턴을 추가하여 탑승객이 집중되는 시간에 매우 빠른 속도로 움직이고, 탑승객이 타지 않은 상태에서는 최고의 속도로 움직이면서 승차감을 우수하게 유지하는 능동적이고 효율적인 새로운 속도패턴을 가진 제어방식을 제안하였다.

개선된 속도 패턴을 사용하면 기존의 엘리베이터에 보다 최소 18%에서 최대 35%의 시간을 단축 할 수 있어, 단축된 시간만큼 교통량을 해소 할 수 있는 시간적인 여유를 가졌다.

또한, 측정된 부하의 변동 량에 따라 필요한 지크량을 퍼지 추론 시스템을 이용하여 계산함으로써 엘리베이터 탑승객의 승차감에 손상을 주지 않게 되었다.

본 논문은 퍼지 멤버십 함수의 선정을 아파트를 기준으로 추정적으로 만들어진 것으로 오피스텔이나 빌딩에 사용되는 엘리베이터 시스템에도 약간의 수정으로 적용이 가능할 것으로 생각된다.

앞으로는 제안된 속도 패턴 제어방식의 하드웨어 구현과 실제 시스템에의 적용을 연구할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김경서, "엘리베이터 위치제어를 위한 속도패턴 발생", 전력전자학회 논문지, 제 4권, 제 6호, pp. 616-624, 1999.
- [2] 변중남. "퍼지논리 제어", 홍릉 과학출판사, 1997.
- [3] 안태천 외 3, "제어시스템과 Matlab", 광문각, 2001.
- [4] 오성권, "퍼지모델 및 제어이론과 프로그램", 기다리 출판사, 1999.
- [5] 채석 외1, "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. Mc Pherson. A Mendelsohn, "Dynamically generated adaptive elevator velocity profiler", U. S. Patent No. 4,751,984, 1988.



강진현(Jin-Hyun Ahn)

2002년 : 원광대학교 제어계측공학과 학사
2002년~현재 : 동 대학원 제어계측공학과 석사과정

관심분야 : 지능형 계측제어, 컴퓨터지능, VC 기반 SoC 설계.

강두영(Doo-Young Kang)

2003년 : 원광대학교 제어계측공학과 학사
2003년~현재 : 동 대학원 석사과정

관심분야 : 지능형 계측제어 시스템, 지능형 Image Processing,

윤양웅(Yang-Wong Yoon)

1978년: 건국대학교 전기공학과 공학석사
1985년: 전북대학교 전기공학과 공학박사
1978년~현재: 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수

관심분야 : 디지털 제어, 기계제어, 전력변환기.

저 자 소 개



안태천(Tae-Chon Ahn)

1980년 : 연세대학교 전기공학과 공학석사
1986년 : 연세대학교 전기공학과 공학박사
1981년~현재 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수

관심분야 : 지능형 계측 제어 시스템, 지능형 패턴인식, 컴퓨터 지능 시스템, VC 기반 SoC 설계.

E-mail : tcahn@wonkwang.ac.kr