

## 퍼지 추론 기법을 이용한 지능형 엘리베이터 시스템

박충식<sup>○</sup>, 김진성<sup>\*</sup>, 임장춘<sup>\*</sup>, 우영운<sup>\*</sup>, 이임건<sup>\*\*</sup>

<sup>○</sup>영동대학교 컴퓨터공학과

<sup>\*</sup>동의대학교 멀티미디어공학과

<sup>\*\*</sup>동의대학교 영상정보공학과

e-mail: leciel007@empal.com, iglee@deu.ac.kr

## Intelligent Elevator System Using Fuzzy Inference Method

Choong-Shik Park<sup>○</sup>, Jin-Seong Kim<sup>\*</sup>, Jang-Choon Im<sup>\*</sup>, Young Woon Woo<sup>\*</sup>, Imgeun Lee<sup>\*\*</sup>

<sup>○</sup>Dept. of Computer Engineering, Youngdong University

<sup>\*</sup>Dept. of Multimedia Engineering, Dong-Eui University

<sup>\*\*</sup>Dept. of Visual Information Engineering, Dong-Eui University

### ● 요약 ●

현재 고층 빌딩의 규모가 대형화, 고층화 되어감에 따라 엘리베이터 시스템의 성능 향상 연구가 활발히 추진되며, 엘리베이터 시스템의 성능향상은 모든 이용자들이 현재 층에서 목적 층까지 최대한 신속하게 이동할 수 있도록 서비스향상을 목적으로 한다. 요즘은 하나의 층장에 여러 개의 엘리베이터가 부착되어 상호협조적인 운행으로 이용자들의 대기시간을 극소화 하고 있으나 제한적인 조건에서 융통성 있는 퍼지 시스템을 적용한다면 에너지 절감과 경우에 따라 대기시간을 줄일 수 있다고 생각한다. 본 논문에서는 현재 층수와 층과의 거리를 검출하여 퍼지기법을 이용하여 손실 여부를 판단 후, 기존의 엘리베이터보다 효율적인 방법을 제안한다.

키워드: 지능형 엘리베이터(intelligent elevator), 퍼지 추론 기법(fuzzy inference method), 층간 거리(distance between floors)

### I. 서론

대형 고층화되어가는 건물에서의 엘리베이터 시스템 성능향상을 위한 노력은 엘리베이터의 고속화를 위한 기구적 개선과 효율성 높은 운영방안 수립을 위한 군제어논리의 개선으로 분류되며, 이는 모든 이용자들이 현재층에서 목적층까지 최대한 신속하게 이동할 수 있도록 서비스 개선을 목적으로 한다[1].

하나의 층장에 복수개의 엘리베이터가 부착되는 엘리베이터 관리 시스템에서 군제어기는 효율적 운영방안을 바탕으로 엘리베이터간의 상호 협조적 운영을 통하여 이용자들의 대기시간과 장애 발생을 극소화시키는 작업을 담당한다[2].

하지만 제한적인 조건에서 엘리베이터 운영에는 장애 발생을 극소화시키는 작업에 대해 부족함이 있다. 고정된 평가항목만을 사용하는 종래의 제어방식에는 제어목적은 종합적으로 평가할 수 없으며 수시로 변화하는 다양한 교통상황을 포괄로 다룰 수 없으므로 고도의 효율성을 보장할 수 없다[3]. 본 논문은 이러한 효율성을 극대화 시키기 위해 시스템의 불확실한 상태변화와 애매한 선태구조에 대처할 수 있도록 제어 시스템을 구축해 보고자 한다.

애매한 정도를 사람의 입장에서 이쉽게 느껴지는 교통상황에

대해 기존의 제어방식 시스템을 적용시키지 않고 현재 위치하는 높이(층)와 hall call과의 차이를 비교하여 개선된 엘리베이터 시스템을 구축하는 것이다.

시뮬레이션을 통하여 타당성이 검증되었고, 결과로 얻어진 서비스의 목적, 즉 이용자의 대기시간을 최소화 하여 기존의 엘리베이터 시스템을 적용한 대기시간과 비교하여 개선된 정도를 나타내었다.

### II. 퍼지 추론 기법을 이용한 지능형 엘리베이터

#### 1. 엘리베이터 시스템

엘리베이터 시스템에서 이용자의 서비스 요구는 승강호출(hall call)과 차내호출(car call)로 구성된다. 승강호출은 각 층의 층장에서 이용자가 엘리베이터 사용의사를 등록하는 호출로 상향승강 호출과 하향승강호출의 두 종류가 있다. 차내호출은 등록된 승강 호출이 서비스됨에 따라 car에 승차한 이용자에게 의하여 발생되는 목적 층을 포함한 이송요구가 된다[4].

그림 1과 같이 1층을 목표로 하는 car call에 대한 내용을 수행하는 도중(15층) 16층의 hall call이 입력된다면 기존의 엘리베이

터 시스템에서는 1층을 목표로 하는 car call의 명령을 수행한 후 16층의 hall call의 명령을 수행하기 때문에 에너지 전력소모와 전체 대기시간이 효율적이지 못하다.

그림 2와 같이 1층을 목표로 하는 car call에 대한 내용을 수행하는 도중(15층) 16층의 hall call이 입력된다면 현재 높이와 현재 운행 중인 층수(15층)와 hall call이 입력된 층(16층)과의 차이를 비교하여 엘리베이터를 제어한다.



그림 1. 기존의 엘리베이터 시스템  
Fig. 1. Conventional Elevator System

2. 대기시간 예측연산

변수	
x	1층을 지나가는데 걸리는 시간
a	Car Call 목적지 층수
s	총 걸리는 시간

(문이 여닫히는데 걸리는 시간은 횟수가 동일함으로 생략한다.)

$x \cdot a = s$  (1)



그림 2. 제안한 엘리베이터 시스템  
Fig. 2. The Proposed Elevator System

x = 2(초) 라고 가정	
그림 1	$(2(15^2)) + (2(12^2)) = 108$ 초
그림 2	$(15^2) + (4^2) + (1^2) + (12^2) = 64$ 초

이상의 표와 같은 가정 하에 계산으로 볼 때 44초의 시간을 줄일 수 있다.

x = 2(초) 라고 가정	
그림 1	$(2(15^2)) + (12^2) = 84$ 초 후 도착
그림 2	$(15^2) + (4^2) + (1^2) = 40$ 초 후 도착

대기 시간을 계산하는 과정에서 퍼지 기법을 사용한 엘리베이터 시스템이 15층에서 hall call을 한 사람의 대기시간이 약간 늘어나는 것을 제외 하고는 모든 면에서 우수하다고 생각 할 수 있다.

3. 퍼지 변수 설정

기존의 엘리베이터는 같은 방향을 가지고 현재 운행 중인 경로 상에 존재하는 hall call에 대해서 점유하는 제어 방법을 사용한다.

하지만 그림2와 같이 사람이 이쁘다고 느껴지는 상황에서 2개의 입력변수를 이용해 1개의 출력변수를 가지며 출력변수를 이용해 운행 중인 경로 상에 존재하지 않은 hall call에 대해서 점유할지 여부를 결정할 후 제어하는 방법을 위한 퍼지 규칙을 설명한다.

3.1 입력변수

(1) Now Floor

높이에 비례하는 값을 가지는 변수이다.

사람이 이쁘다고 느끼는 상황은 높은 층에서 그림2와 같은 교통상황이 발생하였을 때라고 가정한다면 높이에 비례하는 그림3과 같은 멤버십 함수를 가질 수 있다.

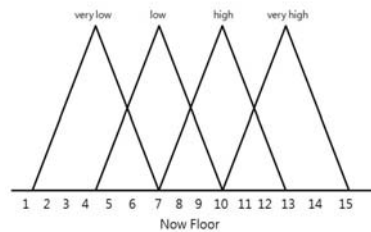


그림 3. Now Floor에 대한 멤버십 함수  
Fig. 3. Membership Functions for Now Floor

(2) Floor Differential

현재 높이(층)와 새로운 hall call의 차이에 반비례하는 값을 가지는 변수이다. 그림2와 같이 작은 차이를 가지는 상황이라 가정한다면 차이에 반비례하는 그림4와 같은 멤버십 함수를 가질 수 있다.

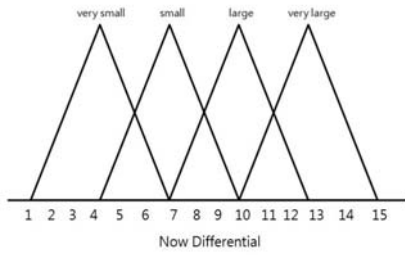


그림 4. Floor Differential에 대한 멤버십 함수  
Fig. 4. Membership Functions for Floor Differential

### 3.2 출력변수

퍼지 규칙의 후반부 구조는 퍼지 모델에 이용되는 추론방법에 따라 정의된다. 본 논문에서는 제어에 용이한 실수 값을 사용하는 퍼지 싱글톤형 추론 법을 고려한다. 따라서 후반부 구조는 단일 상수항을 가지는 구조이다. 후반부 멤버십 함수는 그림 5과 같이 2개의 퍼지 싱글톤을 이용한다.

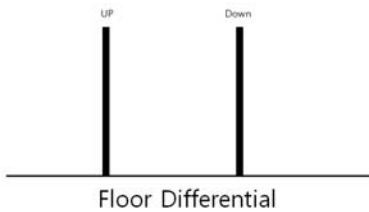


그림 5. 싱글톤 멤버십 함수  
Fig. 5. Singleton Membership Functions

### 3.3 퍼지 규칙

표 1. 제안한 퍼지 변수  
Table 1. The Proposed Fuzzy Variables

입력	
VL = very low	VS = very small
L = low	S = small
H = high	L = large
VH = very high	VL = very large
출력	
D = down	U = up

표 2. 제안한 퍼지 규칙  
Table 2. The Proposed Fuzzy Inference Rules

R1: IF 입력층수 is VL and 층수 is VS, THEN 대기시간 is D
R2: IF 입력층수 is VL and 층수 is S, THEN 대기시간 is D
R3: IF 입력층수 is VL and 층수 is L, THEN 대기시간 is D
R4: IF 입력층수 is VL and 층수 is VL, THEN 대기시간 is D
R5: IF 입력층수 is L and 층수 is VS, THEN 대기시간 is D
R6: IF 입력층수 is L and 층수 is S, THEN 대기시간 is D
R7: IF 입력층수 is L and 층수 is L, THEN 대기시간 is D
R8: IF 입력층수 is L and 층수 is VL, THEN 대기시간 is D
R9: IF 입력층수 is H and 층수 is VS, THEN 대기시간 is U
R10: IF 입력층수 is H and 층수 is S, THEN 대기시간 is D
R11: IF 입력층수 is H and 층수 is L, THEN 대기시간 is D
R12: IF 입력층수 is H and 층수 is VL, THEN 대기시간 is D
R13: IF 입력층수 is VH and 층수 is VS, THEN 대기시간 is U
R14: IF 입력층수 is VH and 층수 is S, THEN 대기시간 is U
R15: IF 입력층수 is VH and 층수 is L, THEN 대기시간 is D
R16: IF 입력층수 is VH and 층수 is VL, THEN 대기시간 is D

이 규칙을 규칙 테이블로 만들어 정리하면 표 4와 같다. 만들어진 규칙을 Matlab의 Fuzzy Tool Box 적용하면 아래와 같은 Fuzzy rule table을 가진다.

### 3.4 추론 방법

퍼지 규칙에 대한 출력변수를 구하기 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 무게 중심법을 사용하였다[5].

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

## III. 실험 및 결과 고찰

### 1. 실험환경

그래픽 시뮬레이션으로 구현하여 비교하기 위하여 기존의 엘리베이터 시스템을 이용한 시뮬레이션과 퍼지 기법을 이용한 엘리베이터 시스템의 시뮬레이션 2가지를 Visual Studio 6.0 MFC로 구현하였다.

시뮬레이터에서 엘리베이터 수를 1대, 층수는 1~15층으로 임의 설정하였다.

### 2. 실험방법

- (1) 15층으로부터 시작하여 1층까지의 car call 명령을 수행하는 과정에서 13층을 지나고 있을 때 14층의 hall call이 발생한다.
- (2) 15층으로부터 시작하여 1층까지의 car call 명령을 수행하는 과정에서 8층을 지나고 있을 때 14층의 hall call이 발생한다.
- (3) 15층으로부터 시작하여 1층까지의 car call 명령을 수행하는 과정에서 3층을 지나고 있을 때 14층의 hall call이 발생한다.

실험내용 이외의 발생할 수 있는 내용은 발생할 수 없다고 가정한다. 진행 중 인 경로에 같은 방향을 가지는 hall call이 들어오는 경우를 예로 들 수 있다.

### 3. 성능

운영상황	15->1	15->1	15->1
지나가는 층수	13	8	3
새로운 hall call	14	14	14
기존 엘리베이터 대기시간	86초	86초	86초
퍼지기법 이용한 엘리베이터 대기시간	34초	58초	76초

### 4. 고찰

성능의 결과로 현재 높이(층)가 높은 곳에서 거리가 가까운 층의 새로운 hall call이 입력된다면 퍼지기법을 이용한 엘리베이터 시스템의 적용으로 진행 중 인 경로를 바꿔 새로운 hall call이 입력된 층을 경유하여 목적지까지 도달하여 기존의 엘리베이터 시스템을 적용한 대기시간보다 시간을 절약할 수 있었다.

아울러 새로운 hall call이 들어왔을 때 멈추게 되는 전력의 양을 계산해 보았을 때 전체 멈추는 횟수는 똑같으므로 전력낭비를 극소화 시킬 수 있을 것 이라 추정된다.

현재 높이가 높은 곳에서 거리가 먼 곳에서부터의 새로운 hall call이 입력된다면 퍼지기법을 이용한 엘리베이터 시스템은 기존의 엘리베이터 시스템과 같이 진행중인 경로를 바꾸지 않고 운영을 하게 된다.

현재 높이(층)가 높지 않은 곳에서 거리가 가까운 층의 새로운 hall call이 입력된다면 실험방법 (2)의 결과와 마찬가지로 기존의 엘리베이터 시스템의 결과를 가진다. 결과적으로 운영 중 인 엘리베이터의 이용자는 대기시간이 약간 늘어나게 되지만 엘리베이터를 이용하려는 사람의 전체 대기시간은 감소하였고, 전력낭비 또한 줄어다는 것을 추론할 수 있다.

## IV. 결론

제한된 조건에서의 엘리베이터 시스템이 원리원칙대로 운행되는 것은 여러 가지 교통 상황에 융통성 있게 반응하지 못한다는

단점이 있었다. 실험방법 (1), 실험방법 (2), 실험방법 (3) 에 해당하는 상황에 따라 대기시간의 축소와 전력감소를 위해 퍼지기법의 사용으로 기존 엘리베이터 시스템과는 다른 제어기법을 구현해 보았다.

실험을 통해 현재 층수와 새로운 hall call과의 거리차이를 입력 변수로 가지고 경유하여 운행할지 여부를 결정하는 퍼지기법은 일반 엘리베이터 제어기법보다 우수하다고 볼 수 있다.

현재 제한한 기법에는 운영 중 인 엘리베이터의 이용자 대기시간이 늘어난다는 단점이 있지만 이러한 단점을 최대한 줄이기 위하여 운영 중 인 엘리베이터의 이용자 수와 새로운 hall call과의 거리를 이용하여 전체 이용자의 대기시간을 줄이는 방법을 연구할 필요가 있다.

## 참고문헌

- [1] Don Choi, Ji Hyun Park, Hee Chul Park and Kwang Bang Woo, "A Study of Predictive Fuzzy Control Logic-based Elevator Group Controller," Proc. of the Institute of Electronic Engineers of Korea, pp. 857~862, Oct. 1992.
- [2] Tae-Chon Ahn, Jin-Hyun kang, Doo-Young kang and Yang-Woong Yoon, "Fuzzy Control of Elevator Speed Pattern," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 14, No. 7, pp. 857~864, Jul. 2004.
- [3] Don Choi, Hee-Chul Park and Kwang-Bang Woo, "A Study on Predictive Fuzzy Control Algorithm for Elevator Group Supervisory System," Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 43, No. 4, pp. 627~637, Apr. 1994.
- [4] Sung-Whan Lee, Don Choi, Hee-Chul Park, Kwang-Bang Woo, Chang-Keun Lee, Kwang-Nam Choi and Moo-Byung Moon "A study on a Elevator Group supervisory Control by Fuzzy Rule Base and Reassignment Algorithm," Proc. of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 19~24, 1992.
- [5] Timothy J. Ross, Fuzzy Logic With Engineering Applications, Second Edition, 2004.