

Adaptive Dual Fuzzy 알고리즘을 이용한 빌딩의 엘리베이터 군 제어기 설계

최승민*(성균관대 대학원 기계공학과), 김훈모(성균관대 기계공학과)

A Design for Elevator Group Controller of Building using Adaptive Dual Fuzzy Algorithm

S. M. Choi (Mech. Eng. Dept., SKKU), H. M. Kim (Mech. Eng. Dept., SKKU)

ABSTRACT

In this paper, the development of a new group controller for high-speed elevator is carried out utilizing approach of an adaptive dual fuzzy logic. A goals of control are the minimization of waiting time, mean-waiting time and long-waiting time in a building. when a new hall call is generated, adaptive dual fuzzy controller evaluate traffic pattern and change appropriately the membership function of fuzzy rule base. Control for co-operation among elevators in group control algorithm are essential, and the most crucial control function in group controller is a effective and proper hall call assignment of elevators. The group elevator system utilizing adaptive dual fuzzy control reveals a great deal of improvement on its performance.

Key Words : Elevator (엘리베이터), Group control (군 제어), Fuzzy logic (퍼지 논리), Adaptive dual fuzzy control (적응식 2중 퍼지 제어),

1. 서론

빌딩의 고층화, 대형화와 더불어 엘리베이터(car)의 고속화와 함께 건물에서 이동하는 사람들의 숫자가 많아짐에 따라 복수대의 엘리베이터를 효과적으로 운전하고 승객의 편의를 위한 군 관리 방식이 매우 중요하다. 본 논문에서는 기존의 제어 논리를 개선하여 엘리베이터 시스템의 성능을 향상시키고자 한다. 퍼지 로직을 처음 엘리베이터 시스템에 구현한 것은 미쓰비시 회사였다. 승강장 요구가 있을 때마다 적절한 규칙(rule)이 If-then 규칙에 의해 선택된다. 퍼지룰을 엘리베이터 군 제어에 적용한 이유는 군 제어 목적의 다양성, 엘리베이터 시스템의 불확실성 때문이다. 하지만 퍼지룰의 단점은 퍼지 멤버쉽 함수의 조절이 어렵고, 새로운 룰을 개발하여 변형하기에 많은 노력이 필요하다는 것이다. 퍼지나 신경망을 적용한 많은 연구에서 군 제어 시스템이 적용되는 현장의 사상의 변화에 대해서 설계를 세롭게 변경해야 하는 단점들을 드러내어왔다.

본 연구에서는 다양한 제어 목적을 만족시키기

위해 퍼지 논리를 사용하였고, 기존의 룰베이스의 고정에 따른 문제를 해결하고자 Adaptive Dual Fuzzy 제어기를 제안하고 모형 엘리베이터 실험장치를 이용하여 다양한 교통 환경에 적응하는 제안한 군 제어기의 성능을 실험하였다

2. Adaptive Dual Fuzzy 제어 이론

일반적인 퍼지 제어기는 알려진 시스템, 즉 예측 가능한 시스템에서 발생하는 불확실하거나 예매한 정보를 입력 데이터로 처리하는 데에는 범용적으로 사용할 수 있다. 그러나, 예측 불가능한 상황 또는 입력 변수에 영향을 주는 파라미터가 존재하는 경우는 일반적인 퍼지 제어기로는 해결하기 어려운 문제점이 있다. 이러한 시스템에서는 조건에 따라 퍼지를 베이스를 변형하여 사용하는 메커니즘을 필요로 한다.

2.1 Adaptive Dual Fuzzy Controller

Fig. 1의 제어기의 구조에서 볼 수 있듯이

Adaptive Dual Fuzzy 제어기는 퍼지 제어부와 멤버쉽 함수의 계수를 변화시키는 적응 퍼지부의 2부분으로 구성된다

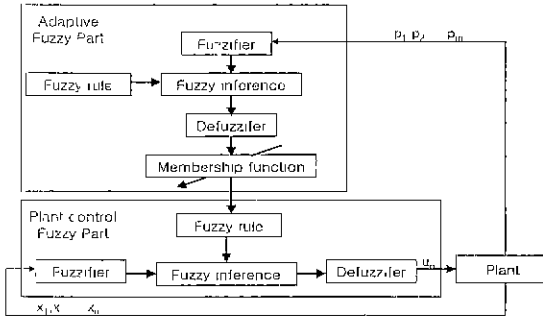


Fig. 1 Adaptive Dual Fuzzy Controller

3. 시스템 구성

Fig 2는 엘리베이터 군제어 시스템의 구성도이다.

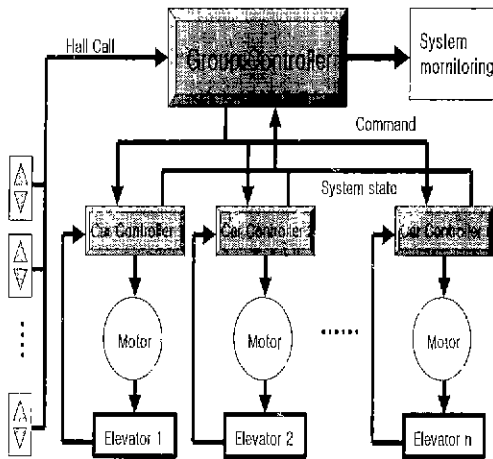


Fig. 2 System Configuration

군 제어기는 각 호기 제어기(Car Controller)로부터 운행상의 필요정보를 취득하여 평가목표에 부합하는 최적의 엘리베이터에게 승강호출(Hall Call)을 할당한다

3.1 시스템 모델링

3.1.1 군 제어 시스템 상태 정보

엘리베이터 시스템을 정확히 모델링하기 위해서는 무엇보다도 시스템의 상태정보를 알아야 한다. 상태정보란 현재의 시스템의 상태를 묘사함으로써 다음 시스템의 동작을 예측할 수 있는 데이터를 말한다. 상태정보는 일반적으로 관측 가능한(observable) 것과 관측 가능하지 않은(non-observable) 것으로 분류할 수 있는데, 예를 들어 현재 엘리베이터가 머무

르는 층은 관측가능한 데이터이며, 현재 승강기에 탑승한 승객의 숫자는 관측 불가능한 데이터이다. 따라서, 상태 정보중에서 관측이 가능한 데이터만이 실제의 상태정보로 사용된다

3.1.2 승강장 요구 응답 시간(Hall Call Response Time : T_r)

승강장 요구 응답 시간(T_r)을 정확히 계산하기 위해서는 엘리베이터의 상태정보를 모두 고려해서 모델링을 해야한다. 엘리베이터의 위치 및 움직임(속도와 방향등)과 함께, 할당된 승강장 요구, 승강기 내부요구, 그리고 미래에 추가의 입력요구가 있거나 원래 있던 요구가 취소되는 경우에 실제의 T_r 은 예측된 값보다 더 길이지거나 짧아 질 수 있다.

Fig. 3은 승강장 요구 응답 시간의 계산에 필요한 파라미터들을 도시하고 있다.

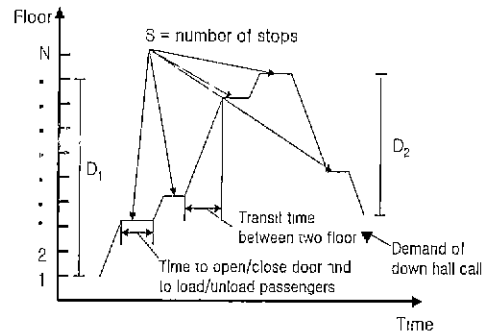


Fig 3 A Parameter on Hall Call Response Time

T_r 을 계산할 때, 우선적으로 고려되는 것은 승강장 요구가 발생한 층까지 움직여야 하는 거리 ($D=D_1+D_2$)와 그 승강장 요구까지 이동하면서 겪게 되는 멈춤 횟수(S)이다. 또한 D 와 S 뿐만이 아니라, 엘리베이터가 서브서비스하기 위해서 어떤층에 멈추었을 때, 승객의 타고 내림으로 인해 지연되는 시간, 엘리베이터 문의 열고 닫히는 시간도 함께 포함된다.

$$D = (F_n - F_1) \cdot x \quad (1)$$

$$S = C_{is} + H_{is} - (C_{is} \cap H_{is}) \quad (2)$$

$$T_s = T_d + P_1 \cdot T_{p1} + P_0 \cdot T_{p0} \quad (3)$$

여기서, F_n 은 새로운 Hall Call이 발생한 층이고 x 는 층간 거리이다. T_s 는 승강기가 요구에 대해 멈추었을때의 지연 시간이고 T_d 는 Door의 개폐시간, T_{p1} 은 승객 1인이 타는데 걸리는 시간이고, T_{p0} 는 승객 1인이 내리는데 걸리는 시간이다. 또한 P_1 는 승강기로 유입되는 승객의 수이고 P_0 는 승강기를 내리는 승객의 수이다.

위의 모든 항목들을 고려해 승강장 요구응답 시간을 구해보면,

$$T_n(e) = \frac{(F_n - F_i) \cdot x}{V} + S \cdot (T_d + P_i \cdot T_{ri} + P_o \cdot T_{ro}) \quad (4)$$

로 표현 가능하며, 이 값이 새로운 호출까지 엘리베이터의 도달 시간이다.

3.1.3 재할당 알고리즘

본 연구에서는 실시간성과 효율성을 고려해 어떤 시점을 정해두고 Hall Call이 이 시점에 도달하면 재할당을 행하는 방법을 제안한다.

여기서 Lt를 선정하는 방법으로 다음을 제안한다. 빌딩 층수와 엘리베이터의 속도를 고려해 Lt 선정도 달라질 수 있으며, 엘리베이터 속도를 v, 빌딩의 층수를 f, 층간 높이 h, 그리고 장대기 시간을 Lt라 할 때 다음과 같이 산정할 수 있다

$$Lt = \frac{2 \cdot f \cdot h}{v}$$

이 시간안에 재할당을 해주어야 Hall Call이 Lt를 넘어가지 않을 가능성이 커지는 것이다. 그러나 재할당 시점이 너무 빠르거나 늦으면 그 효율이 좋지 못하다. 따라서 본 연구에서는 가장 적절한 재할당 시점으로 다음과 같이 선정한다.

$$Lt = \frac{lt}{2}$$

4. Adaptive Dual Fuzzy제어기 설정

본 논문에서는 대기시간, 평균 대기시간, 장대기 시간을 평가 함수로 두고 이들 계산된 값에 따라 엘리베이터 각 호기의 평가값이 계산되어 가장 평가값이 높은 엘리베이터가 최종 선정된다. Fig 4는 Adaptive Dual 퍼지 제어기를 사용한 엘리베이터 군 제어 시스템의 전체 Block Diagram을 나타내고 있다

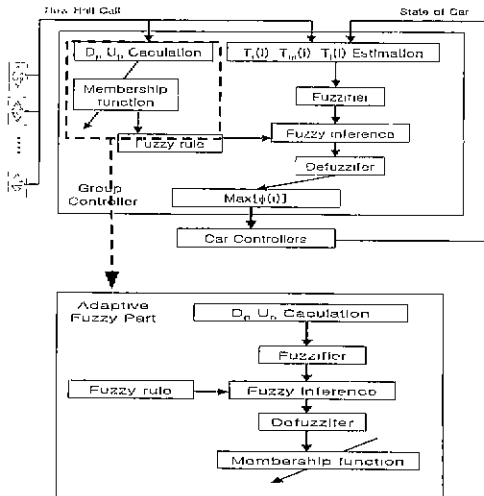


Fig. 4 Block Diagram

5. 실험 결과

본 연구에서 제안된 Adaptive dual 퍼지 알고리즘의 효율성을 검증하기 위하여 엘리베이터 실험 장치를 이용하여 실험을 수행하였다. Fig. 5 작동중인 엘리베이터 모형 실험장치를 보여준다.

Hall Call, Car Call 발생은 기존의 운행방식과의 비교를 위해 동일한 Call의 발생이 필요하므로 약 15 ~ 20분간의 임의의 발생 데이터를 DB로 저장하여 지정된 시간에 이 데이터에 반응하도록 실험을 수행시켰다. Call 발생 데이터는 처음에는 Normal Traffic이 발생하고 점차 Up-peak Traffic이 약 5분간 발생한 후 다시 Normal Traffic이 발생한 후 약 5분간 Down-

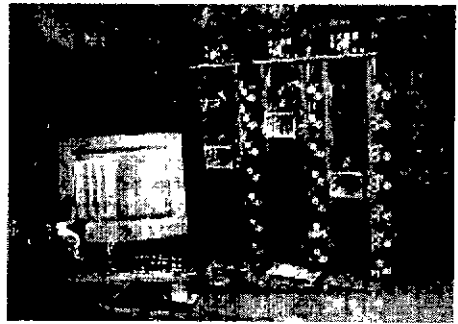


Fig. 5 An Elevator Group Operation

peak Traffic이 발생하도록 구성하였다.

Lt를 30초로 두고 실험을 각 알고리즘별로 진행해 본 결과가 Table. 1에 나타나있다.

	장대기 발생회수	대기시간 총합	평균대기 시간
대기시간최소	19회	5024초	31.4초
평균대기시간최소	8회	3143초	19.6초
장대기시간최소	8회	3836초	23.9초
Fuzzy	7회	2993초	18.7초
Adaptive Dual Fuzzy	4회	2854초	17.8초

Table. 1 A Experiment Result

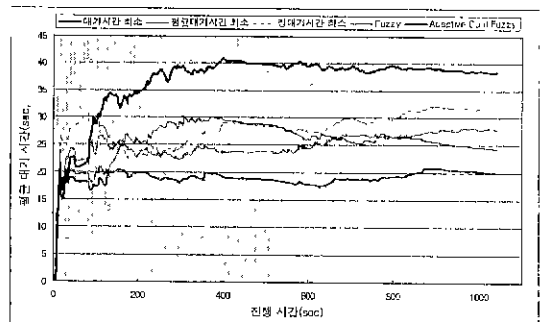


Fig 6 The Mean-Waiting Time Transition on HallCall

참고문헌

	100초 이상	80초 이상	60초 이상	계
대기시간최소	0	2	6	8회
평균대기시간최소	0	2	1	3회
장대기시간최소	1	0	1	2회
Fuzzy	0	0	1	1회
Adaptive Dual Fuzzy	0	0	0	0회

Table 2 The Generation Number of Long Waiting during Up-peak Traffic

	100초 이상	80초 이상	60초 이상	계
대기시간최소	1	4	7	12회
평균대기시간최소	0	1	3	4회
장대기시간최소	0	0	4	4회
Fuzzy	0	1	4	5회
Adaptive Dual Fuzzy	0	0	3	3회

Table 3 The Generation Number of Long Waiting during Down-peak Traffic

Adaptive dual fuzzy 알고리즘은 사용자들의 대기 시간과 장대기 발생횟수를 크게 줄여주었음을 알 수 있다. 같은 조건에서라면 제안한 Adaptive dual fuzzy 알고리즘이 기존의 타 알고리즘보다 우수하다는 것을 확신하며, 실제 엘리베이터를 타려는 사용자의 편의와 엘리베이터의 효율적인 운영측면에서 큰 장점을 가질 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 엘리베이터를 효과적으로 운행하고 승객의 편의를 위한 엘리베이터 군 제어 시스템의 제어 논리를 개선하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

(1) 기존의 군 제어 방식의 단점인 변화하는 교통 환경에의 적응에 대한 문제를 극복하고자 Adaptive Dual Fuzzy 제어기를 제안하였다.

(2) 현재의 교통상태를 실시간으로 파악할 수 있도록 교통 패턴의 인식에 대한 문제에 대해 새로운 방법을 제시하였고 이를 실험에 적용하여 보았다.

(3) 제할당 알고리즘을 도입하여 이미 할당되어 있는 Hall Call에 의한 Car Call의 발생 및 새로운 Hall Call의 누적 할당, 그리고 이용자의 예측 불가능한 행위등에 의하여 발생할 수 있는 장대기의 발생률을 크게 낮출 수 있었다.

(4) 실제 엘리베이터와 유사하게 동작하는 엘리베이터 실험장치를 개발하였고, 이를 이용하여 제안한 군 제어기의 성능을 기존의 군 제어기의 성능과 비교 분석하여 확인할 수 있었다

1. T Tobita, A.Fujino, H.Inaba, K.Yoneda, and T Ueshima, "Elevator Characterized Group Supervisory System", IECON, pp. 1972-1976, 1991.9.
2. D.L.Pepyne and C.G.Cassandras, "Optimal Dispatching Control For Elevator Systems During Uppeak traffic," Proceedings of the 35th IEEE CDC, Kobe, Japan, 1996.
3. D.L.Pepyne and C.G.Cassandras, "Optimal Dispatching Control For Elevator Systems During Uppeak traffic," to appear IEEE Trans. on Control System Technology, 1998.
4. W.L.Chan and A.T.P. So, "Dynamic Zoning in Elevator Traffic Control" Elevator Technology 6, IAEE, pp.132-140, 1995.
5. W.L.Chan and A.T.P. So, "Comprehensive Dynamic Zoning Algorithms," Elevator World, pp.99-109, September, 1997
6. A.F.Alani, P.Mehta, and J.Stonham: R.Prowse, "Performance Optimisation of Knowledge-based Elevator Group Supervisory Control System," Elevator Technology 6, IAEE, pp.114-121, 1995.
7. B.A.Powell, "Important Issues in Up-peak Traffic Handling," Elevator Technology 4, IAEE, pp 207-218, 1992.
8. M.Amano, M.Yamajaki, and H.Ikejima. "The Latest Elevator Group Supervisory Control System," Elevator Technology 6, IAEE, pp.88-95, 1995.
9. A.T.P.So, J.R.Beebe, W.L.Chan, and S.K.Liu. "Elevator Traffic Pattern Recognition by Artificial Neural Network," Elevator Technology 6, IAEE, pp.122-131, 1995.
10. Y.Umeda, K.Uetani, H.Ujihara, and S.Tsuji. "Fuzzy Theory and Intelligent Options," Elevator World, July, 1989.