

장애이용 엘리베이터의 통합 군관리제어시스템 방안 연구

이호철^{1*}, 최영규²

¹부산대학교 전자전기공학과, ²부산대학교 전기공학과

A Study on Integrated Group Control System for the Disabled Elevators

Ho-Cheol Lee^{1*} and Young-Kiu Choi²

¹Department of Electronic & Electrical Engineering, Pusan National University

²Department of Electrical Engineering, Pusan National University

요 약 건물에 복수개의 엘리베이터가 설치되어질 때 각 엘리베이터의 불필요한 이동으로 인한 에너지 손실을 줄이고 승객의 요구에 따라 적절한 층에 카를 할당하는 제어를 엘리베이터 군관리제어라고 한다. 그러나 장애이용 엘리베이터는 3대 이상이 군관리제어가 될 경우 어느 호기가 호출될지를 예측할 수 없으므로 장애인들의 편의를 보장하기 위하여 국내의 관련 기준에 따라 군관리방식이 제한되며 적용될 수 없다. 본 논문에서는 개선방안으로서 일반 엘리베이터와 장애이용 엘리베이터를 통합한 군관리제어 방식을 제안하였으며 기존의 분리된 운영방식과 비교하여 호출 후 대기시간 16.9 % 감소의 효율성을 검증해 보았고, 장애이용 엘리베이터는 선택적으로 독립운영이 되도록 함으로써 승강기 검사기준과 보건복지부의 유권해석 모두에 위배되지 않고 효율을 극대화할 수 있는 개선된 통합 군관리제어 시스템임을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 입증하였다.

Abstract When multiple elevators are installed in the building, control systems for each of the elevators, reducing energy loss by elimination of unnecessary movements and assigning appropriate elevators to passengers upon request are called the elevator group control system. However, the group control system of three or more elevators for the Disabled is being limited by the domestic laws and standards because it can not predict which unit will be called. In this paper, as an improvement plan, an integrated group control system of elevators for the general passengers and the disabled is proposed; its efficiency that decreases 16.9 % of waiting time is verified with comparison of the traditional separate group control systems. The proposed Integrated Group Control System does not violate the domestic laws and standards. Also its good performance is shown through computer simulations.

Key Words : Elevator, Integrated Group Control System, The Disabled, Selected Separate Control

1. 서 론

현재 대부분의 고층 건물에는 복수개의 엘리베이터가 설치되어진다. 이때 각 엘리베이터의 불필요한 이동으로 인한 에너지 손실을 줄이고 승객의 요구에 따라 적절한 층에 카를 할당하는 제어를 “엘리베이터 군관리제어 (Elevator Group Control)” 라 한다. 즉 임의의 층에서 호

출이 있을 때 복수개의 엘리베이터로부터 정보를 받아 해당 층 까지 이동 했을 때 시간비용, 공간비용, 에너지손실 등이 가장 적은 엘리베이터를 찾기 위해 값들을 비교한다[1].

엘리베이터 제어 시스템의 발전과정을 보면, 1980년대 후반까지는 전문가 & 지식기반 시스템(Expert & Knowledge-based system)이 주를 이루었다. 이후 1990년

*Corresponding Author : Ho-Cheol Lee(Pusan Univ.)

Tel: +82-10-2554-3710 email: hocheol2@kesi.or.kr

Received September 30, 2013 Revised December 6, 2013 Accepted January 9, 2014

대 초에 만들어진 퍼지 & 신경망(Fuzzy & Neural Networks) 제어 시스템은 현재까지도 사용되고 있으며, 1990년대 후반에 등장한 해석적(Analytic Solution) 제어 시스템의 과정을 거쳐, 현재는 엘리베이터 군관제어 시스템이 널리 쓰이고 있다[2].

보건복지부에 의하면 국내의 2011년 12월 말 기준 전국에 등록된 장애인 수는 2,519,241명으로서 전체 인구의 5% 정도이다[3]. 이는 미국의 12.1% (Erickson 등, 2010) 나 영국의 14~17% (Boyce 등, 1999), 유럽의 약 10~20% (Lena 등, 2010) [4] 보다는 낮지만 장애인 등록 수의 증가 추세와 인구의 노령화를 고려해 볼 때 장애인용 엘리베이터도 복수개의 승객용 엘리베이터와 함께 군관제어 시스템을 적용할 수 있는 방안의 연구도 필요한 과제라 할 수 있다.

국내의 「승강기 검사기준」에서 장애인용 엘리베이터 시설기준은 “장애인용 엘리베이터는 「장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률」 또는 「교통약자의 이동편의 증진법」 등 개별법령에서 규정하고 있는 시설기준을 충족하도록 설치하여야 한다.”로 규정하고 있다[5].

그리고 장애인용 엘리베이터의 군관제어방식 적용 가능 여부에 대한 보건복지부 장애인권익지원과의 유권해석을 보면 “군관제어방식은 독립적으로 운행되는 장애인전용엘리베이터를 확보할 경우 허용할 수 있음. 다만, 승강기가 2대일 경우 군관제어방식을 적용하고자 한다면 승강기 두대가 모두에 장애인용 승강기 기준을 충족해야 함. 호출 버튼은 두 대의 승강기 중앙에 1개만 설치해도 허용 가능함. 3대 이상의 승강기를 운행할 때는 어느 승강기가 호출될지를 예측할 수 없으므로 군관제어방식을 적용할 수 없고, 적어도 하나의 승강기를 독립적으로 전 층 운행해야 함.”으로 되어있다[6]. 따라서 장애인용 엘리베이터는 국내 법률에 의해 효율성 보다는 장애인의 편의증진이 우선 보장되어야 하므로 복수개의 엘리베이터와 통합된 군관제어 방식을 적용할 수 없다.

본 논문에서는 일반 엘리베이터와 장애인용 엘리베이터를 통합한 군관제어를 기존의 분리된 운영방식과 비교하여 효율성을 비교해 보고, 장애인용 엘리베이터는 선택적으로 독립운행이 되도록 함으로써 승강기 검사기준과 보건복지부의 유권해석 모두에 위배되지 않고 효율을 극대화 할 수 있는 개선된 장애인용 엘리베이터의 통합 군관제어시스템 방안을 제안하고자 한다.

2. 엘리베이터 군관제어시스템 현황

군관제어시스템의 목적은 에너지 효율은 물론이고 모든 이용자들이 호출 층에서의 대기시간을 최소화하고 현재 층에서 목적 층까지 최대한 신속하게 이동할 수 있도록 시스템의 효율을 극대화 하는 것이다. 따라서 등록된 승강장 호출신호를 중복된 서비스나 비효율적인 운행이 발생하지 않도록 서비스 할 엘리베이터의 할당이 최적으로 제어되어야 한다.

집적회로, 마이크로프로세스 등 복잡한 논리 및 산술 연산이 가능한 제어기의 발달로 엘리베이터 군관제어 기술이 계속 발전되어졌다. 이러한 군관제어는 대기시간을 최소화하는 할당방식으로 적용된다.

현재의 예견 퍼지를 이용한 엘리베이터 군관제어 시스템은 복수개의 제어목적들을 평가하는 퍼지이론과 제어결과를 예측하는 시뮬레이션 기술을 접목한 지능형 제어방식이다. 현재 상태의 카 내 호출과 승강장 호출만 고려할 경우 새로운 승강장 호출 발생에 의하여 예측대기 시간과 실제 서비스 시간은 오차가 커질 수 있다. 따라서 예측 오차를 줄이기 위하여 최적제어를 이용한 엘리베이터 군관제는 카 내 호출과 승강장 호출에 의하여 파생될 각 층의 정지확률과 예상 전환 층을 연산하여 본인대기 시간, 타인대기시간, 예상 승강장호출 대기시간 차를 실시간 예측한다.

대표적인 예측연산의 본인대기시간 T_n 은 새로운 승강장 호출에 의하여 할당된 n 호기가 서비스되기 위하여 소요되는 대기시간의 예측치이며 다음과 같은 함수식으로 나타낼 수 있다[7].

$$T_n = f_n \cdot T_d + \left(\sum_m C_{nm} \right) \cdot T_s \quad (1)$$

단, T_n 은 본인대기시간 예측치, f_n 은 현재 층에서 호출 층까지 주행할 층 수, T_d 는 층간 주행 평균 시간, C_{nm} 은 m 층에서 n 호기가 정지할 확률, T_s 는 1개 층 정지에 대한 평균지연시간이다.

엘리베이터의 군관제어시스템은 전문가의 지식에 기반을 두고 그 목적에 따라 제조사별로 다양하게 적용될 수 있다.

여러 대의 엘리베이터를 배치할 경우 고려해야 할 점은 한 그룹에 5대 이상의 엘리베이터를 직선으로 배치하면 두 끝 사이의 보행거리가 길고 방향신호등을 한 번에 보기에 불편하다. 그러므로 직선배치는 4대 까지 하는 것이 일반적이다.

현재는 4대의 엘리베이터가 설치되는 건물에서 건물 용도의 건축허가 상 장애인용 엘리베이터를 1대 이상의 무 설치해야 하는 경우 보건복지부 장애인권익위원회의

시설기준 유권해석에 따라 의무 설치 대상인 장애인용 엘리베이터 1대는 독립적으로 운영을 하고 나머지 3대는 일반 승객용으로 설치하여 군관리제어시스템을 적용하거나, 4대 모두를 장애인용 엘리베이터로 설치하여 각각 독립적 운영을 하도록 하고 있다.

본 논문에서는 현재의 시설기준을 충족시키면서 좀 더 효율적인 군관리제어시스템 방안으로, 평소 4대 모두를 군관리제어하고 장애인용 엘리베이터 1대는 장애인에 의해 선택되었을 때만 독립적으로 운행되는 방법을 새롭게 제안한다.

3. 통합 군관리제어시스템 시뮬레이션

제안된 군관리제어시스템 방안을 검증하고자 엘리베이터 4대를 일반 승객용 1, 2, 3호기와 장애인용 4호기로 하여 아래 Table 1과 같은 4가지의 경우로 시뮬레이션 해 보았다. 그리고 전국에 등록된 장애인 수가 전체 인구의 5% 라는 보건복지부 자료에 따라 실제로 장애인의 호출에 의해 장애인용 엘리베이터 4호기가 선택될 확률도 전체 이용 빈도의 5%로 하여 시뮬레이션 하였다.

[Table 1] The cases for simulations.

Cases for Simulation of 4 cars	
case 1	Four cars are assigned independently by each separate system.
case 2	Three cars are assigned by group control system and another one car is assigned independently by separate system for the disabled (general case).
case 3	Four cars are usually assigned by group control system and the one car of them is assigned independently to the disabled upon request as 5% probability (proposed case).
case 4	Four cars are always assigned by group control system.

시뮬레이션 조건은 건물의 1층에서 20층까지 운행하는 엘리베이터 4대 즉 일반 승객용 Car 1, Car 2, Car 3와 장애인용 엘리베이터 Car 4를 매회 랜덤하게 위치하도록 하고 기준층에서 호출 신호가 100회 발생하였을 경우 Table 1과 같이 4가지 상황에서 MATLAB 프로그램을 이용하여 대기시간을 시뮬레이션 하였다.

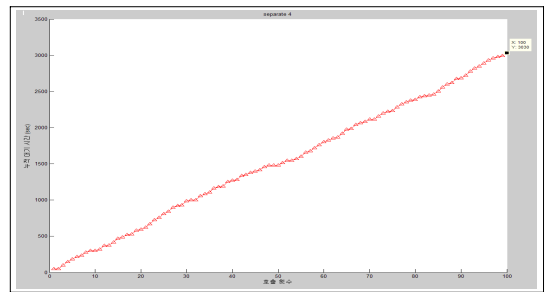
각각의 경우에 따른 상호 효율성 비교에서는 기타 층에서 정지할 확률과 그 층에서의 정지지연시간은 동일할 값이므로 서로 상쇄시킨 대기시간 평가 함수 기본 식은 다음과 같이 하였다.

$$T_t = \sum(f_{ng} \cdot T_d \cdot C_g + f_{ms} \cdot T_d \cdot C_s) \quad (2)$$

단, T_t 은 100회 호출 누적 대기시간, f_{ng} 은 n대의 group에서 할당된 호기가 현재 층에서 호출 층까지 주행할 층 수, T_d 는 층간 주행 평균 시간 (3초), C_g 는 군관리제어 호기가 할당 될 확률 (95%), f_{ms} 는 m대의 독립 운영 호기가 현재 층에서 호출 층까지의 주행할 층 수, C_s 는 장애인용 호기가 할당 될 확률 (5%) 이다.

경우 1은 4대 모두가 독립적으로 운영을 하는 경우로서 Car 4대가 각각 랜덤한 위치에서 랜덤하게 호출된 호기가 주행할 층수를 f_s 로 한 함수 식,

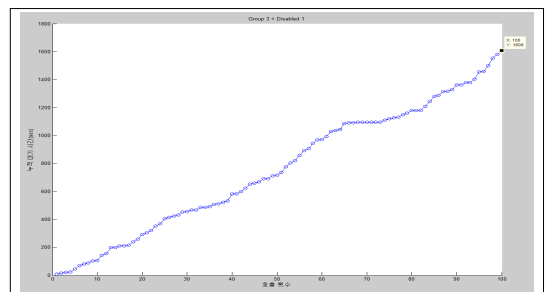
$T_{t1} = \sum(f_s \cdot T_d)$ 의 시뮬레이션 결과는 Fig. 1과 같이 100회 호출 시 누적 대기시간은 3,030 초였다.



[Fig. 1] Simulation result of the case 1.

경우 2는 3대만 군관리제어하고 장애인용 1대는 독립적인 운영을 하는 경우로서 현재의 시설기준에 의해 보편적으로 적용되고 있는 방식이며, 함수 식

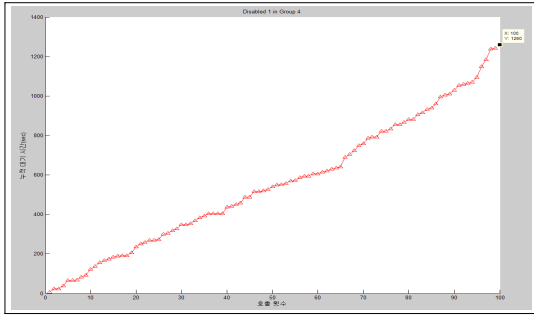
$T_{t2} = \sum(f_{3g} \cdot T_d \cdot C_g + f_{1s} \cdot T_d \cdot C_s)$ 의 시뮬레이션 결과는 Fig. 2와 같이 100회 호출 시 누적 대기시간은 1,608초로 나왔다.



[Fig. 2] Simulation result of the case 2.

경우 3은 제안하고자 하는 통합 군관리제어방식으로 평소에 4대를 군관리제어하다가 장애인 전용 호출이 있을 경우에만 4호기가 독립적인 호출 서비스를 하는 경우로서 함수 식,

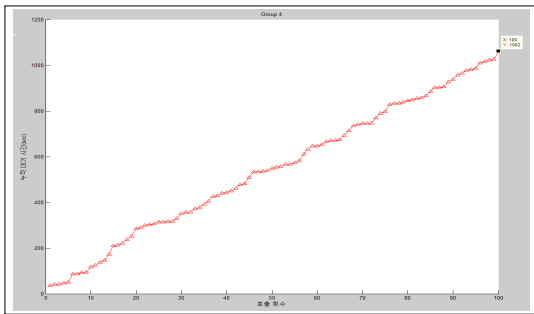
$T_{t3} = \sum(f_{4g} \cdot T_d \cdot C_g + f_{1s} \cdot T_d \cdot C_s)$ 의 시뮬레이션 결과는 Fig. 3과 같이 100회 호출 시 누적 대기 시간은 1,260초로 나왔다.



[Fig. 3] Simulation result of the case 3.

경우 4는 모든 상황에서 4대 모두를 군관리제어하는 경우로서 함수 식,

$T_{t4} = \sum(f_{4g} \cdot T_d)$ 의 시뮬레이션 결과는 Fig. 4와 같이 100회 호출 시 누적 대기 시간은 1,062초로 나왔다.

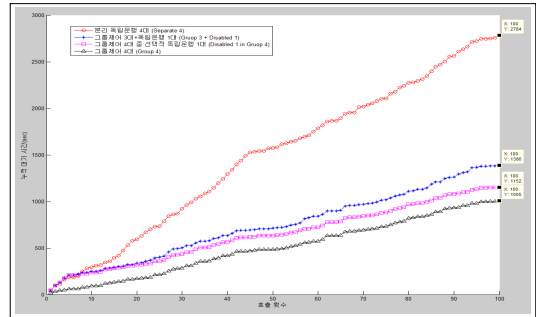


[Fig. 4] Simulation result of the case 4.

각각 시뮬레이션 한 결과, 경우 4, 경우 3, 경우 2, 경우 1 순으로 누적대기시간이 작았다.

각 4가지 경우의 시스템 효율을 다시 동일조건에서 비교분석해 보기 위하여 엘리베이터 4대의 위치는 랜덤 조건을 동일하게 두고 각 경우에서 기준층에서의 장애인이 호출 할 확률 5%를 포함한 100회 호출을 동시에 하였을 경우 누적 대기시간을 시뮬레이션 해 보았다. 결과는 Fig. 5와 같이 다양한 조건 하에서도 현재 일반적으로 적용되

는 경우 2 보다는 경우 3의 대기시간이 작으며 효율의 차도 작지 않음이 확인되었다.



[Fig. 5] Compiled results of the 4 simulations.

4. 시뮬레이션 결과 분석

시뮬레이션 결과를 분석해 보면 Table 2와 같이 엘리베이터 4대를 모두 독립적으로 운영하는 경우 1의 누적 대기시간을 기준으로 볼 때 대기율이 경우 2는 49.8%, 경우 3은 41.4%, 경우 4는 36.1% 정도로 줄여질 수 있음을 확인하였다. 또한 일반적인 경우 2를 기준으로 볼 때 대기율은 경우 3이 83.1%, 경우 4가 72.5% 정도로 줄여질 수 있음이 확인되었다.

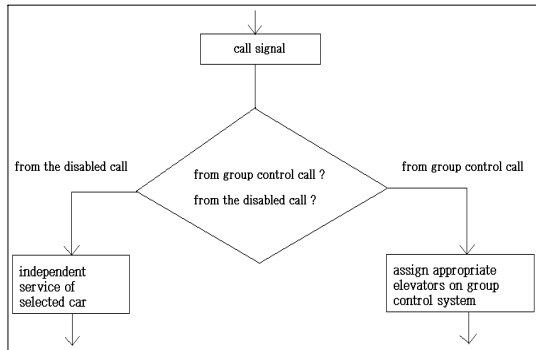
[Table 2] Analysis of simulation results.

	case 1	case 2	case 3	case 4
cumulative waiting time	2,784 sec.	1,386 sec.	1,152 sec.	1,005 sec.
standby rate	compared	49.8 %	41.4 %	36.1 %
	-	compared	83.1 %	72.5 %

실제 장애인이 엘리베이터를 이용하는 빈도수에 대하여 조사한 연구 사례는 아직 없지만 본 저자가 장애이용 엘리베이터가 의무 설치 장소인 공공시설 관리자로부터 확인한 바에 의하면 실제 장애인이 엘리베이터를 이용하는 확률은 국내 전체인구의 장애인 등록 수 5% 보다 더 작을 것으로 추정된다.

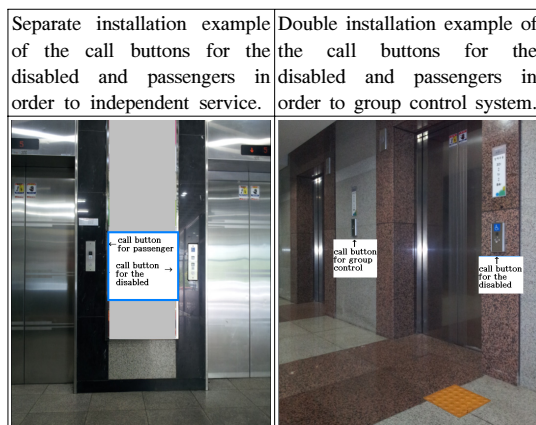
따라서 국내 규정에 따르는 기존의 시스템에서와 같이 장애이용은 독립적 운영으로 분리하고 일반 승객용 호기에만 군관리제어시스템을 적용하는 경우 2 보다는 본 논문에서 제안하는 경우 3의 흐름도 Fig. 6과 같이 승강장의 군관리제어용 호출버튼이 등록될 경우에는 일반 승객

용과 장애인용이 모두 통합된 전체 호기들 중 군관리제 어시스템에 의해 최적의 호출호기가 할당되어 운행되고, 장애인용 엘리베이터에 별도로 이중 설치된 장애인 전용 호출 버튼의 신호가 들어왔을 경우에만 그 해당 호기가 독립운전으로 운용되게 한다면 16.9% ~ 27.5% 까지 시스템의 효율 증가를 기대할 수 있다.



[Fig. 6] Flow chart for case 3.

또한 작은 이용횟수 일지라도 장애인, 노인, 임산부, 교통약자 등의 이동 편의 증진은 반드시 보장되어야 한다. 그러므로 장애이용이 포함된 복수개의 엘리베이터 군관리제어시스템이 이러한 효율과 편의를 모두 충족하기 위해서는 Fig. 7과 같이 승강장에는 장애인용과 일반 승객용이 통합 군관리제어되어 호출되는 버튼과 장애인용 전용 호출버튼이 이중으로 설치될 필요가 있다.



[Fig. 7] Example of efficient group control system for the disabled.

더불어 지체부자유자와 시각 장애인들은 물론이고 이용자들에게 미리 도착정보를 영상과 음성신호로 알려주

는 도착정보시스템을 작동시키면 도착 할 엘리베이터 쪽으로 이동하는데 충분한 시간과 편의를 줄 수 있으며 엘리베이터의 도착 후 대기시간을 최소화하여 효율을 더 높일 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 일반 엘리베이터와 장애인용 엘리베이터를 통합한 군관리제어 방식을 제안하였으며 기존의 분리된 운영방식과 비교하여 효율성을 검증해 보았고, 장애인용 엘리베이터는 선택적으로 독립운행이 되도록 함으로써 승강기 검사기준과 보건복지부의 유권해석 모두에 위배되지 않고 효율을 극대화할 수 있는 개선된 통합 군관리제어시스템임을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 입증하였다. 본 논문의 연구결과가 향후 승강기 검사기준의 적용방안 연구와 제조사의 시스템 개선을 위한 연구 자료로 활용되기를 바란다.

References

- [1] Han-ul Yoon, Chang-hyun Park, and Kwee-bo Sim, "Design of Elevator Group Controller using Sorting Network," Proceedings of KFIS Conference Vol.14, 2004.
- [2] Young-Cheol Cho, Zavarin Gagov, and Wook-Hyun Kwon, "Elevator Group Control with Accurate Estimation of Hall Call Waiting Times," Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1-3. 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ROBOT.1999.770018>
- [3] Ministry of Health & Welfare, Table of the registered Disabled, 2011.
- [4] Jung-In Ku, Being-In Kim, and Yong-Seok Kim, "A simulation study on the evacuation in a high-rising building with consideration of residents with disabilities", KIIE, 2012.
- [5] Ministry of Security and Public Administration, Standards of Elevator Inspection, 2012.
- [6] Ministry of Health & Welfare, "Division of Rights Promotion for Persons with Disabilities-1193, 2034", 2010.
- [7] Don Choi, Hee-Chul Park, and Kang-Bang Woo, "A Study on Predictive Fuzzy Control Algorithm for Elevator Group Supervisory System," KIEE, Vol. 43, 1994.

이 호 철(Ho-Cheol Lee)

[정회원]



- 1992년 2월 : 동아대학교 전자공학과 학사
- 2011년 8월 : 경상대학교 산업대학원 제어계측공학과 석사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 전자전기공학과 박사과정
- 1993년 1월 ~ 현재 : 한국승강기안전관리원 경남지원 팀장

<관심분야>

엘리베이터 제어계측, 제어시스템, 승강기 검사기준 등

최 영 규(Young-Kiu Choi)

[정회원]



- 1980년 2월 : 서울대학교 전기공학과 공학사
- 1982년 2월 : 한국과학기술원 전기·전자제어 공학석사
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 전기·전자제어 공학박사
- 1986년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 공과대학 전기공학과 교수

<관심분야>

로봇제어, 지능제어, 신경회로망 등