Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 14, No. 5 pp. 2368-2374, 2013

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.5.2368

엘리베이터의 대기 전력 저감을 위한 퍼지제어기 설계

원화연[1*], 강성진[1]
[1]한국기술교육대학교 전기전자통신공학과

The design of fuzzy controller for a stand-by power saving of elevators

Hwa-Yeon Won[1*] and Sung-Jin Kang[1]
[1]**Department of Electrical, Electronics and Communication Engineering, Korea University of Technology and Education**

요 약 엘리베이터의 전력은 대기 시에 소모되는 전력과 운행 시에 소모되는 전력으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 변화가 많은 승객의 교통량에 적절한 운행 대수를 계산하고 운행하지 않는 엘리베이터의 전원을 차단하여 엘리베이터의 대기전력을 저감시키는 퍼지제어기를 제안하였다. 또한 엘리베이터의 운행대수 제한에 의한 승객의 평균 대기시간의 증가도 최소화 하도록 퍼지제어기를 설계하였다. 본 논문에서 제안된 퍼지제어기를 그룹 엘리베이터 실험장치에서 실험하였을 때에 승객의 대기시간이 약 7.5%～9.5% 증가하였고, 한 대당 하루 약 675KWh의 대기전력 저감과 한 대당 년 간 약 236.6KWh의 엘리베이터 대기전력의 저감이 예상된다.

Abstract Elevator power consists of power consumption in stand-by and in service. This paper designed a fuzzy controller saving stand-by power of elevators in a way that calculates the adequate number of elevators by the variable traffic volume of passenger and then powers off elevators being out of service. Also, the fuzzy controller was designed to minimize a increase of the average passenger's waiting time by the limited number of elevators in service. When the fuzzy controller designed in this paper was applied to the group elevator experimental device, The passenger's waiting time increased approximately 7.5%～9.5%, While the stand-by power saving is expected to be about 675KWh a day per unit and about 236.6KWh a year per unit.

Key Words : Elevator, Energy-saving, Fuzzy, Stand-by power

1. 서론

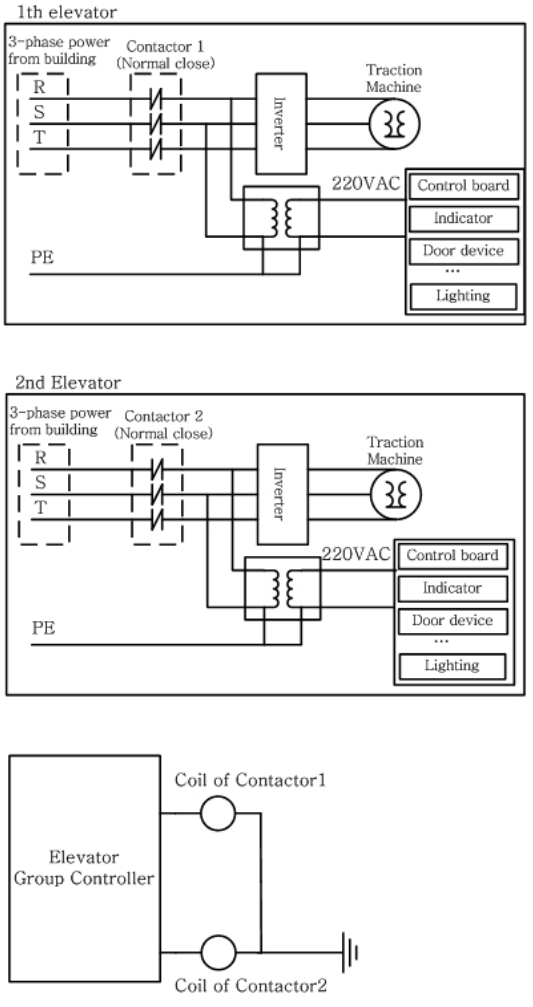
엘리베이터는 건물의 내부에서 이동하기 위한 주요 수단이다. 현대의 건물은 한정된 부지 내에서 많은 인구를 수용하기 위해서 점차 고층화가 되어가고 있다. 고층 건물에 상주하는 인구는 엘리베이터를 통해 건물 내부를 이동하기 때문에 초기 엘리베이터의 도입부터 현재까지 승객을 보다 빠르고 효율적으로 이동시키기 위한 연구가 진행되어 왔다[1,2]. 근래에는 많은 산업분야에서 에너지 절약에 대한 관심이 고조되면서, 엘리베이터 산업분야에서도 에너지를 효율적으로 이용하고 소비 에너지를 줄이기 위해 많은 노력이 진행되어왔다[3,4].

엘리베이터는 서비스 없이 대기하고 있을 때에도 엘리베이터의 제어기판, 표시 장치와 조명, 엑츄에이터 등에서 지속적으로 전력을 소모하고 있다[5]. 본 논문에서는 이러한 대기전력을 퍼지로직을 이용하여 현재 승객의 이동 요청에 대한 필요한 엘리베이터 대수를 지능적으로 판단하여 그 외의 엘리베이터 호기에 대한 전원을 차단하여 대기전원을 저감시키고, 승객의 엘리베이터 이용의 대기 시간의 증가를 최소화하는 퍼지제어기를 설계하였다. 퍼지제어기는 비선형의 복잡한 시스템을 간단히 모델링하여 적절한 값을 도출 할 수 있는 장점이 있다[6]. 또

*Corresponding Author : Hwa-Yeon Won(Korea University of Technology and education.)
Tel: +82-041-560-1292 email: why1130@kut.ac.kr
Received January 24, 2013 Revised (1st April 17, 2013, 2nd April 23, 2013) Accepted May 9, 2013

한, 승객에 의해서 발생되는 홀콜과 승객의 목적층은 불확실하여 최적의 의사결정을 도출하기 어렵다[10]. 이러한 어려움을 극복하기 위해서 1990년대부터 엘리베이터 그룹시스템의 홀콜 할당에 퍼지제어가 사용되었다[11-13].

본 논문에서 설계된 퍼지제어기의 규칙의 타당성을 검증하기 위하여 3차원 곡면 그래프에서 퍼지제어기의 추론 결과를 확인하고 가상의 엘리베이터 환경에서 논문에서 설계된 퍼지제어기의 성능을 실험하였다.



[Fig. 1] A block diagram of a cut-off of stand-by power

2. 퍼지제어기의 설계

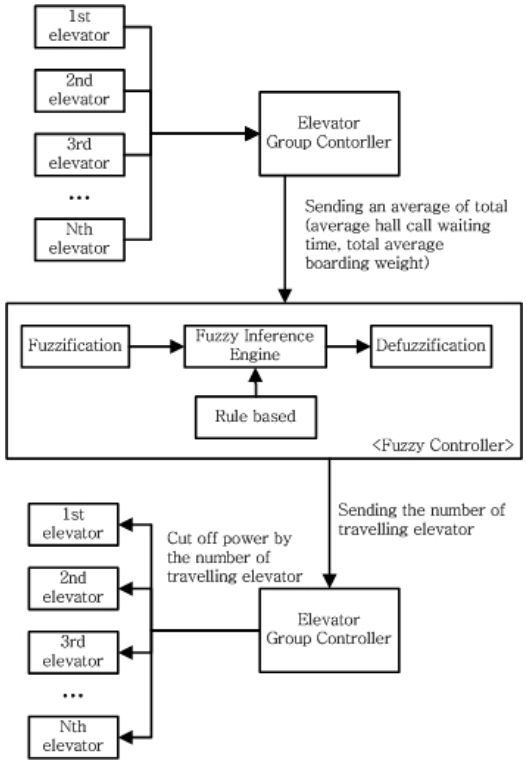
2.1 대기전력 차단 구성도

본 논문에서 제안된 엘리베이터 대기전력 차단의 구성도는 Fig.1과 같다. Fig. 1에서 그룹제어기에서 퍼지제어기를 이용하여 운행호기의 대수를 선정하고 운행하지 않는 호기에 대해서 그룹제어기는 콘텍터를 이용하여 건물에서 공급되는 3상 전원으로부터 엘리베이터의 각 부품에 220VAC를 공급하는 전송선로를 차단하여 엘리베이터의 대기전력이 발생하지 않도록 하였다. 전원 차단 후에 전원의 복전 시에 엘리베이터가 운행 할 수 있는 상태까지 복원되는 시간은 매우 짧아야 한다. 복원되는 시간이 길어질수록 승객의 엘리베이터 기다림 시간이 증가하기 때문이다.

본 논문에서는 복원되는 시간을 1초로 가정하였다. 엘리베이터 제조사마다 이러한 복원되는 시간은 다를 수 있다. 복원되는 시간이 길다면 선택적으로 엘리베이터의 전원을 차단하여 복원 시간이 짧아지도록 구성하여야 한다.

2.2 설계된 퍼지제어기의 구성

설계된 퍼지제어기의 구성은 Fig. 2와 같다.



[Fig. 2] A block diagram of designed fuzzy controller

엘리베이터 그룹제어기(Group controller)는 각 호기

(Car)에 승객의 부름(Hall Call)을 할당한다. 이때 발생되는 그룹 내의 평균 홀콜 대기시간과 전체 평균 탑승하중을 계산하여 설계된 퍼지제어기에 입력한다. 설계된 퍼지제어기는 입력되는 평균 홀콜 대기시간과 전체 평균 탑승하중에 따라 적절한 운행 호기 대수를 출력하고, 이 대수에 따라서 그룹제어기는 엘리베이터의 전력을 복귀 혹은 차단시킨다.

2.2.1 평균 홀콜 대기시간(Average hall call waiting time, AHW)

평균 홀콜 대기시간은 퍼지제어기가 현재 승객의 대기시간에 따라서 운행 엘리베이터의 수를 조절하여 적절한 승객의 평균 대기시간을 유지하기 위해 사용된다.

승객의 대기시간(Average waiting time of passenger, AWP)은 승장에서 홀콜이 입력된 시점에서 홀콜이 등록된 층에 엘리베이터가 도착하여 등록된 홀콜이 사라지기까지의 시간을 의미한다. 승객의 평균 대기시간을 구하는 계산식은 식 (1)과 같다.

$$T_{AWP} = \frac{\sum T_{waiting}}{n_{hallcall}} \quad (1)$$

T_{AWP} : 승객의 평균 대기시간(sec)
$T_{waiting}$: 승객의 대기시간(sec)
$n_{hallcall}$: 홀콜의 개수

평균 홀콜 대기시간은 식 (2)와 같이 계산한다.

$$T_{AHW} = \frac{\sum T_{waiting}}{n_{elevator}} \quad (2)$$

T_{AHW} : 평균 홀콜 대기시간(sec)
$T_{waiting}$: 승객의 대기시간(sec)
$n_{elevator}$: 운행중인 엘리베이터의 대수

2.2.2 전체 평균 탑승하중(Total average boarding weight, TAW)

전체 평균 탑승하중은 승객의 이용량이 급증하는 상황을 퍼지제어기에 반영하여 신속하게 엘리베이터의 운행호기 수를 증가시키기 위함이다. 탑승하중은 홀콜이 등록된 층에 엘리베이터가 도착하여 승객을 태우고 출발하기 직전에 측정된 하중값을 사용한다. 한 대의 엘리베이터의 평균 탑승하중은 식 (3)과 같다.

$$W_{average} = \frac{\sum W}{n_{hallcall}} \quad (3)$$

$W_{average}$: 한 대의 엘리베이터의 평균하중(kg)
W: 승객의 탑승하중(kg)
$n_{hallcall}$: 홀콜의 개수

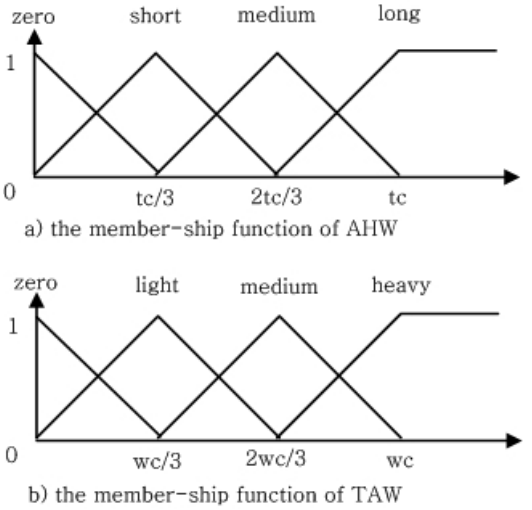
전체 평균 탑승하중은 식 (4)와 같이 계산한다.

$$W_{totalaverage} = \frac{\sum W_{average}}{n_{elevator}} \quad (4)$$

$W_{totalaverage}$: 전체 평균 탑승하중(kg)
$W_{average}$: 한 대의 엘리베이터의 평균 탑승하중(kg)
$n_{elevator}$: 운행호기의 대수

2.2.3 입력값의 멤버쉽 함수

본 논문에서 멤버쉽 함수는 삼각함수를 이용하였다. 삼각함수는 계산식이 간단하고 속도가 빠르기 때문이다 [7,8].



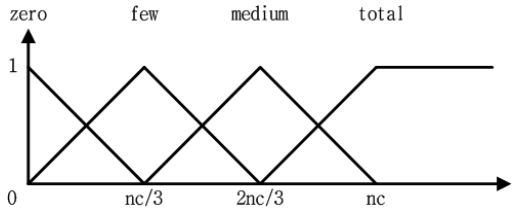
[Fig. 3] The membership function of Input values

Fig. 3의 tc와 wc는 상수로 tc는 승객의 평균 대기시간보다 엘리베이터의 대기전력 저감이 우선이 되는 값으로 이 값보다 높으면 엘리베이터는 모든 엘리베이터를 동작시켜 승객의 대기시간을 감소시킨다. 엘리베이터가 설치

된 현장의 승객 만족도에 따라서 적절히 tc 값을 조정한다. wc는 설치된 엘리베이터의 정격 하중 값이 된다.

2.2.4 출력값의 멤버쉽 함수

출력함수의 멤버쉽 함수는 Fig. 4와 같다. nc는 엘리베이터의 총 설치 대수를 의미한다.



[Fig. 4] The membership function of output values

2.2.5 설계된 규칙 기반의 퍼지추론 및 비퍼지화

본 논문의 퍼지제어기는 맘디니의 추론법을 이용해 연산하였다. 맘디니의 추론 법은 계산이 비교적 단순하여 연산 속도가 빠르다. 입력되는 변수가 많아지면 맘디니의 추론법의 계산식은 매우 복잡해진다[6,7].

Table 1은 본 논문에서 설계된 퍼지제어기의 규칙을 나타내고 있다. 평균 홀콜 대기시간이 증가할수록 운행호기의 수가 크게 증가하도록 하였다.

[Table 1] The rules of designed fuzzy controller

Linguistic variables		AHW			
		Zero	Short	Med	Long
TAW	Zero	Zero	Zero	Few	Total
	Light	Zero	Zero	Med	Total
	Med	Zero	Few	Total	Total
	Heavy	Few	Med	Total	Total

비퍼지화는 대부분의 퍼지제어기에서 사용되는 무게중심법(Center of Gravity Method)을 이용하였다[7,8]. 식 (5)는 본 논문에서 사용된 변형된 무게중심법을 나타내고 있다. 이 과정을 거쳐 출력되는 크리스피 수에 소수점 자리가 있다면, 반올림을 하고 크리스피 수에 1을 더하여 0이 되지 않게 한다.

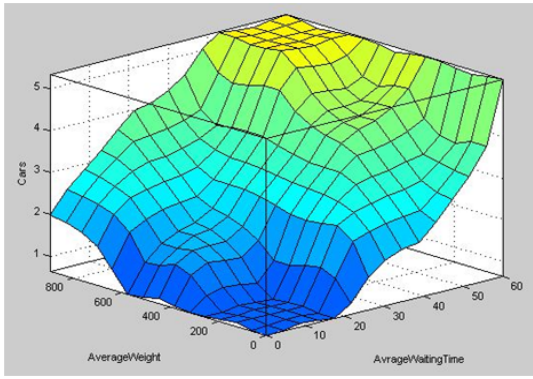
$$z_0 = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z dz}{\int \mu_c(z) dz} + 1 \qquad (5)$$

최종 출력된 크리스피 수는 엘리베이터의 그룹제어기에 입력되어 입력된 수만큼의 엘리베이터를 운행시키고 나머지 호기는 전력을 차단시켜 운행을 중지시켜 대기전력을 저감시킨다.

3. 실험 및 결과 분석

3.1 설계된 퍼지제어기의 규칙 검증

Table 1에 만들어진 규칙을 퍼지제어기에 실행하였을 때에 결과를 Fig. 4의 3차원 곡면 그래프로 표현하였다. 그래프의 x축의 AverageWaitingTime은 평균 홀콜 대기시간을 의미하고 y축의 AverageWeight는 전체 평균 탑승하중을 의미한다. z축의 Cars는 퍼지제어기를 통해 출력되는 운행 호기대수를 의미한다.



[Fig. 4] A three-dimensional graph of the rule of the designed fuzzy controller

Fig. 4의 그래프를 확인하면 평균 홀콜 대기시간의 일정 범위까지 최소 운행호기의 수를 유지하고, 평균 홀콜 대기시간의 증에 따라서 운행 호기의 수를 최대까지 증가시키는 것을 확인 할 수 있다.

또한 전체 평균 탑승하중이 증가할수록 운행 호기의 수는 가중된다. 설계된 퍼지제어기는 Table 1의 규칙에 따라서 입력되는 값들에 대해 적절한 운행호기의 수를 판단하여 출력한다.

3.2 실험 환경 및 실험 조건

본 논문은 가상의 엘리베이터 시스템 실험 장치에서 설계된 퍼지제어기의 성능을 평가하였다. 실험 장치는 실시간으로 각 엘리베이터가 동작할 수 있도록 마이크로프로세서와 C언어를 이용하여 엘리베이터의 콜 할당과 주

행 목적층을 제어하는 그룹제어기와 엘리베이터의 일련의 동작을 모사하는 임베디드 시스템 모듈로 구성되어 있다. 각 모듈은 CAN통신을 통하여 정보를 송, 수신하고 그룹제어기는 PC와 Serial 통신(RS-232)을 이용하여 정보를 송, 수신 한다. 그룹제어기 내부의 교통 발생기는 정해진 시간에 그룹제어기로 홀콜, 탑승인원수, 목적층 정보를 전달하고 그룹제어기는 홀콜의 서비스를 위해 가장 근접한 위치의 엘리베이터 호기에 이 정보를 전달한다.

각 호기는 그룹제어기의 정보에 따라서 엘리베이터를 운행하고, 그에 따른 운행거리와 전력 차단으로 인한 정지시간과 운행하며 발생된 평균 홀콜 대기시간과 평균 탑승하중을 그룹제어기에 전송한다. 그룹제어기는 각 호기로부터 수신 받은 평균 홀콜 대기시간과 평균 탑승하중의 정보를 제안된 퍼지제어기를 통해 운행 대수를 지정한다. 운행으로 지정되지 않은 엘리베이터는 전력이 차단된 상황이므로, 그룹제어기로부터 운행 신호가 수신되기까지 동작하지 않는다. 본 실험에서 일반적인 엘리베이터 시스템의 대기 시에 소비되는 대기전력량은 엘리베이터의 전력 효율 평가에 사용되는 VDI 4707 기준(승강기 에너지 효율 등급, Energy Efficiency Grade)의[9] A등급(50W)으로 가정하였고, 퍼지제어기에 의해서 전력이 차단되면, 0W의 전력이 소모되는 것으로 가정하였고, 전력의 복전 후에 운행 가능 상태까지 복귀 시간은 1초로 가정하여 실험하였다.

실험은 가상의 그룹 엘리베이터 실험 환경에서 승객의 교통량의 변화, 운행 대수의 변화, 평균 탑승화중의 변화에 대해 일반적인 그룹 엘리베이터 시스템(General group elevator system, GGES)과 제안된 퍼지제어기가 적용된 그룹 엘리베이터 시스템(Proposed group elevator system, PGES)의 결과 값을 측정하고 비교하였다. 각 실험의 조건은 Table 2와 같이 가정하였으며. 각 Case는 5분간 실험되었다. 승객의 교통량은 출근 시간과 퇴근 시간과 식사 시간과 같은 매우 혼잡한 상황에서는 모든 엘리베이터 호기가 동작하게 되어서 엘리베이터의 대기전력의 저감량이 거의 없으므로 실험의 상황에서 제외하였다. 승객의 교통량이 적음 상태는 새벽 시간과 출근 전과 퇴근 후의 엘리베이터 이용이 거의 없는 상황(Table 2의 low)에서 실험하기 위함이고, 보통 상태는 출근 후부터 퇴근 전까지 엘리베이터의 이용의 변화가 많은 상황(Table 2의 variable)에서 실험하기 위해 승객의 교통량을 임의로 설정하였다.

[Table 2] The experimental conditions

Conditions	Case1	Case2	Case3	Case4
Elevators	3	3	6	6
Total travelling floor	15	15	30	30
Inter-floor spacing	4m	4m	4m	4m
Rate weight	780kg	780kg	1170kg	1170kg
Door open time	4sec	4sec	4sec	4sec
Rate speed	2m/s	2m/s	4m/s	4m/s
TAW	100kg, 400kg	100kg, 400kg	100kg, 600kg	100kg, 600kg
Traffic volume	low	variable	low	variable
Objected AWP	35sec	35sec	24sec	24sec
Energy Efficiency Grade	A	A	A	A

3.3 설계된 퍼지제어기의 실험 및 결과

Table 2와 같은 엘리베이터 환경을 가정하여 실험하였을 때 각 Case의 측정값을 Table 3 ~ Table 6에 나타내었다. GGES와 PGES에서 측정된 항목은 승객의 평균 대기시간과 승객의 최대 대기시간과 엘리베이터의 총 이동거리와 5분간 전체 차단시간(Total cut-off time for 5 min, TC5)은 5분 동안에 퍼지제어기에 의해 비 운행호기로 선정되어 엘리베이터의 전력이 차단된 시간이다. 이 시간 값에 일반 그룹엘리베이터에서 대기 시에 소요되는 전력량을 곱하면 5분간 저감되는 대기전력량을 산출 할 수 있다.

[Table 3] The experimental result of case 1

TAW(kg)	100		400	
Group elevator	GGES	PGES	GGES	PGES
AWP(sec)	16.4	31.2	16.4	25.1
Max. waiting time (sec)	28	41	28	37
Travelling distance(m)	196	192	196	198
TC5 (sec)	0	600	0	485
AC5 (sec)	0	200	0	161.7

[Table 4] The experimental result of case 2

TAW(kg)	100		400	
Group elevator	GGES	PGES	GGES	PGES
AWP (sec)	34.5	37.1	34.5	35.6
Max. waiting time (sec)	48	47	48	48
Travelling distance(m)	1132	1124	1132	1128
TC5 (sec)	0	480	0	382
AC5 (sec)	0	160	0	127.3

[Table 5] The experimental result of case 3

TAW(kg)	100		600	
Group elevator	GGES	PGES	GGES	PGES
AWP (sec)	14.7	22.1	14.7	18.2
Max. waiting time (sec)	29	43	29	32
Travelling distance(m)	864	860	864	864
TC5 (sec	0	1162	0	1067
AC5 (sec)	0	193.7	0	177.8

[Table 6] The experimental result of case 4

TAW(kg)	100		600	
Group elevator	GGES	PGES	GGES	PGES
AWP(sec)	24.2	26.5	24.2	25.2
Max. waiting time (sec)	37	48	37	43
Travelling distance(m)	4832	4808	4832	4828
TC5 (sec)	0	859	0	724
AC5 (sec)	0	143.1	0	120.7

그리고 5분간 전체 차단시간을 총 엘리베이터 대수로 나눈 값이 5분간 한 호기 당 평균 차단시간(Average cut-off time for 5min, AC5)이다.

Table 3 ~ Table 6의 실험결과를 보면 각 Case에서 평균 탑승하중(TAW)이 클수록 PGES의 대기시간 값이 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 승객의 탑승 무게량이 증가할수록 운행호기수의 증감량을 증가시키는 설계된 퍼지제어기에 의한 특성에 의해 나온 결과 값이다. 또한 승객의 탑승 무게량이 증가할수록 5분간 전체 차단시간은 줄어들며 이것은 저감되는 대기전력량이 상대적으로 감소하게 된다.

승객의 대기시간은 승객의 교통량이 적을 때에 표 3,5에서 PGES의 시간이 GGES의 시간에 비해 대략 40~50% 증가함을 보이나, 그만큼 전체 전력차단 시간이 증가되었다. 또한 목표된 tc값을 넘어서지 않는다. Table 4, Table 6의 승객의 교통량이 보통인 경우의 승객의 대기시간은 GGES에 비해서 PGES에서 7.5~9.5% 증가하였지만, 상대적으로 전체 전력 차단시간이 증가함을 확인 할 수 있다.

[Table 7] The expected power-saving of elevators

Item	The volume of energy-saving	
Elevators / Floor	3/15	6/30
A day of weekday	655Wh	675Wh
A day of weekend	800Wh	775Wh
Annual	234KWh	236.4KWh

실험 결과의 측정 결과를 가지고, 승강기에너지효율등급(VDI 4707)이 A등급인 엘리베이터에서 일반그룹 엘리베이터(GGES)의 대기전력량이 50W이고 제안된 그룹 엘리베이터(PGES)에서 전력이 차단되었을 때에 소모전력이 0W로 가정하고, 평일의 경우 혼잡시간은 2시간, 평상시간은 12시간, 한산시간은 10시간으로 하고 주말은 한산 시간을 24시간으로 가정하였을 때에 하루당, 연간 저감되는 대기전력은 Table 7과 같이 예상할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서 설계한 퍼지제어기에 의한 효과는 다음과 같다.

1. 변화하는 교통량에 적절하게 운행 호기수를 제한하여 대기전력을 저감시킨다.
2. 운행 호기수가 제한되지만 승객의 대기시간의 증가를 최소화한다.
3. 운행 호기수의 제한에 대한 알고리즘으로 기존의 한정된 엘리베이터 대 수 내에서 홀 콜을 엘리베이터에 할당하는 엘리베이터 그룹제어 알고리즘에 적용 가능하다.

본 논문의 퍼지제어기의 효과는 적절한 tc값의 설정에 따라 유동적이다. tc값은 엘리베이터가 승객의 교통량에 따라 변화되는 승객의 평균 대기시간을 일정 수준 유지하기 위한 임계값의 역할을 하는데, 적절한 tc값을 찾기 위해서는 건물의 관리자가 여러 번 시행착오 끝에 찾을 것으로 예상된다.

추후 과제로 적절한 tc값을 찾는 일련의 과정을 모델링하여 건물 관리자의 시행착오를 줄이는 방법과 전력의 극대화를 위해 최적화된 그룹 할당 알고리즘과의 결합을 하면 좀 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상되며, 승객의 대기시간의 최소화가 크게 요구되는 상업용 건물에도 적용이 가능할 것으로 예상한다.

References

[1] Marja-Liisa,"Elevator Group Control with Artificial Intellignece", Helsinki University of Technology Systems Analysis Laboratory Research Reports, 1997

[2] Young Cheol Cho, Zarvarin Gagov, Wook Hyun Kwon, "Elevator Group Control with Accurate Estimation of Hall Call Waiting Times", *IEEE International Conference on Robotics & Automation*. pp.1-3, 1999. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/ROBOT.1999.770018

[3] Li Bin, Wan Jianru, Li Mingshui, Ge Ang "Research on elevator drive device with supercapacitor for energy storage", *International Conference on Power Electronics systems and Application(PESA)*, pp.1-5, 2011 DOI: http://dx.doi.org/10.1109/PESA.2011.5982935

[4] Oyarbide. E, Elizondo. I, Martinez-Iturbe. A, Bernal. C, Irisarri. J, "Ultracapacitor-based plug & play energy-recovery system for elevator retrofit", *IEEE International sysmposium on Industrial Electronics*, pp.462-467, 2011 DOI: http://dx.doi.org/10.1109/ISIE.2011.5984069

[5] Carlos Patrao, Anibal De Almeida, Joao Fong, and Fernando Ferreira, "Elevators and Escalators Engergy Performance Analysis," *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. Table 2*, 2010

[6] C.C. Lee, "Fuzzy logic in control system: Fuzzy logic controller", *IEEE Trans. Syst, vol. 20, no. 2*, pp.419~435, 1990 DOI: http://dx.doi.org/10.1109/21.52552

[7] Sung Kwon Oh, "Advanced Hybrid Fuzzy Inference Systems by Programming", pp.11~141, www.naeha.co.kr, 2005

[8] A. Jones, A. Kaufmann, and H. J. Zimmermann, "Fuzzy sets theory and applications," Boston: D. Reidel Publishing Company, 1986 DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-4682-8

[9] Verein Deutscher Ingenieure e. V, "Lifts Energy efficiency E VDI 4707," Verein Deutscher Ingenieure e.V, Dusseldorf, 2007

[10] G. Barney, Ed, "Elevator Traffic Handbook: Theory and Practice." New-York: Taylor & Francis, 2003

[11] R. Gudwin, F. Gomide, and M. Netto, "A fuzzy elevator group controller with linear contex adaptation" in Proc. IEEE World Congress Computational Intelligence, Anchorage, AK, USA, May 4-9, pp. 481-486, 1998 DOI: http://dx.doi.org/10.1109/FUZZY.1998.687533

[12] S. Pravadlioglu, "Single-chip fuzzy logic controller design and an application on a permanent magnet dc motor," Eng. Appl. Artificial Intelligence, vol. 18, pp. 881-890, 2005 DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2005.03.004

[13] C. Kim, K. Seong, H. Kwang, and J. Kim, "Design and implimentation of a fuzzy elevator group control system," IEEE Trans. Sys., Man and Cyb. Part-A, vol. 28, no. 3, pp. 277-287, 1998 DOI: http://dx.doi.org/10.1109/3468.668960

원 화 연(Hwa-Yeon Won) **[정회원]**

- 2007년 2월 : 한국기술대학교 전자공학과 (학사)
- 2009년 8월 ~ 2013년 2월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (석사)
- 2007년 5월 ~ 현재 : 티센크루프엘리베이터코리아 전기개발팀 사원

<관심분야>
엘리베이터 제어, 퍼지제어, 임베디드 시스템

강 성 진(Sung-Jin Kang) **[정회원]**

- 1998년 8월 : 연세대학교 전자공학과 공학박사
- 1998년 12월 ~ 2000년 1월 : ETRI 무선방송기술연구소 선임연구원
- 2000년 2월 ~ 2002년 8월 : (주)이노텔리텍 기술이사
- 2002년 9월 ~ 2007년 2월 : KETI 통신네트워크연구센터 책임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신 공학부 부교수

<관심분야>
WPAN, WLAN, 임베디드 시스템