



승강기용 냉각장치의 에너지 절감을 위한 사람 검출과 퍼지 온도 제어 시스템

Human Detection and Fuzzy Temperature Control System for Energy Reduction of Cooling Device in Elevator

음혁민* · 장석윤** · 이희진*** · 박민용* · 윤창용****†

Hyukmin Eum, Sukyoon Jang, Heejin Lee, Mignon Park, and Changyong Yoon†

*연세대학교 전기전자공학과, ** (주)엘제이텍 & 한국전자통신연구원,

한경대학교 전기전자제어공학과, *수원과학대학교 전기과

School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

IJTEC Co. Ltd & Electronics and Telecommunications Research Institute

Department of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

†Department of Electrical Engineering, Suwon Science College

요약

본 논문에서는 승강기용 냉각장치의 에너지 절감을 위한 사람 검출과 퍼지 온도 제어 시스템을 제안한다. 기존의 냉매를 사용하는 냉각장치의 문제점들을 개선하기 위해 사람 검출과 퍼지 온도 제어 시스템으로 열전냉각장치를 구동시켜 에너지 절감을 하고 자동적으로 효율적인 온도 관리를 한다. 제안된 시스템은 사람 검출을 통해 승강기 탑승 인원수를 확인하고 나서 퍼지 시스템에서 탑승 인원수와 계절 평균 기온을 기반으로 온도 제어를 한다. 사람 검출 방법은 승강기에서 조감도 카메라를 기반으로 사람의 머리 부분을 특징으로 사용하여 탑승 인원수를 검지한다. 퍼지 시스템은 look-up table 방법으로 검지된 인원수와 기온을 고려하여 승강기의 내부 온도를 결정한다. 제안된 시스템은 사람 검출과 온도 제어를 통해 냉각장치의 에너지를 절감시킨다. 실험을 통해 에너지 절감을 확인하고 제안된 시스템의 성능을 검증한다.

키워드 : 승강기, 냉각장치, 사람 검출, 퍼지 시스템, 온도 제어

Abstract

In this paper, we propose human detection and fuzzy temperature control system for energy reduction of cooling device in elevator. In order to improve problems of existing cooling device using the refrigerant, energy reduction and efficient management are continuously achieved because of operation of thermoelectric cooling device using the human detection and fuzzy temperature control system. The proposed system confirms the number of passengers in elevator and temperature is then controlled by those numbers and an average temperature for the season in fuzzy system. The human detection method scans the number of passengers using a head part as a feature based on bird's-eye view camera in elevator. The fuzzy system determines elevator internal temperature considering atmospheric temperature and the scanned passenger numbers as a look-up table. The proposed system reduces energy of the cooling device through the human detection and temperature control. In experiment, energy reduction is confirmed and the performance of the proposed system is verified.

Key Words : Elevator, Cooling Device, Human Detection, Fuzzy System, Temperature Control

Received: Feb. 2, 2015

Revised : Apr. 6, 2015

Accepted: Apr. 7, 2015

†Corresponding author(cyoon@ssc.ac.kr)

논문은 2014년도 중소기업청의 산학연협력 도약 기술개발사업(CO212947)의 지원을 받아 수행되었음

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

기존의 냉각장치는 프레온 가스 또는 암모니아와 같은 냉매를 사용한다[1]. 냉매를 압축기에 의해서 강제 순환시켜 냉각한다. 그러나 이러한 냉매들은 심각한 환경오염을 일으키는 대표적인 물질들이기 때문에 국제적으로 사용을 감축하거나 폐기하도록 규정하고 있다.

또한, 냉매를 사용하기 위해 냉각 시스템, 압축기 등과 같이 추가적인 장비들이 필요하기 때문에 장치의 크기가 크고 에너지 소비도 비효율적일 뿐 아니라 소음과 진동까지 발생한다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 열전냉각장치를 사용한다. 열전냉각장치는 열전소자를 사용하여 전류 극성에 따라 열을 흡수하고 방출한다. 이러한 방식으로 열전소자는 냉매를 사용하지 않기 때문에 환경오염을 일으키지 않는다. 또한, 정밀한 온도를 제어할 수 있고 소형화, 저소음 등의 장점들이 있다. 그래서 열전냉각장치는 성능, 효율, 환경 등의 면에서 많은 이점을 가지기 때문에 아직도 기술개발이 진행 중인 방식이다[2-4].

냉각장치들은 차량용 냉난방시스템, 냉장고 등의 다양한 분야에 사용되고 있다[4-5]. 사용 분야들

의 대부분은 한정된 공간에서 사용한다는 공통점을 가지고 있다. 이것은 냉각장치가 한정된 공간의 온도를 제어하기가 용이하기 때문이다.

한정된 공간 중에 하나의 예로 승강기를 들 수 있다. 승강기에는 냉각장치 장치가 편리하고 사용이 쉽기 때문에 보편화되고 있다. 현재, 많은 승강기에 냉각장치를 사용하는데, 백화점이나 고층 아파트와 같은 곳을 볼 수 있다. 하지만, 이들은 현재 냉매를 사용하는 에어컨을 장착하고 있어서 비용이 많이 들고 항상 작동하기 때문에 에너지 효율이 좋지 않다. 에어컨은 외부 실외기를 필요로 하고 많은 부품들을 사용하며 고가이다. 반면에, 열전냉각장치는 장치가 단순하고 외부 실외기도 없기 때문에 상대적으로 저렴하다. 또한, 응답 속도와 냉각 속도가 빠르기 때문에 항상 작동하지 않아도 되고 에어컨보다 더 효율적으로 사용할 수 있다.

그러나 승강기의 내부 시스템들이 각각 나뉘어져 있고 승강기 제작 회사와 냉각장치를 장착하는 회사가 다르기 때문에 스위치의 신호로 사람의 탑승 여부를 확인할 수 없고 인원수를 측정하기 어렵다. 그래서 카메라를 기반으로 사람 검출을 하여 탑승 여부와 인원수를 확인하고 냉각장치를 구동시킨다. 또한, 에너지를 절감하기 위해 탑승 인원수와 기온을 기반으로 퍼지 시스템을 이용하여 온도 제어를 하고 내부 온도를 관리한다. 이를 통해, 저가 장치를 사용하여 에너지 효율을 높일 수 있다.

본 논문은 승강기용 냉각장치의 에너지 절감을 위해 머리 특징을 이용한 사람 검출을 통한 탑승 인원수 판단과 퍼지 시스템 기반의 온도 제어 방법을 제안하고 그 성능을 평가 하고자 한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저, 2장에서는 전체적인 시스템의 구성을 소개한다. 3장에서는 머리 특징을 이용한 사람 검출 방법을 설명한다. 4장에서는 퍼지 시스템 기반의 온도 제어 방법을 제시하고 5장에서 실험한 결과 및 분석을 보여준다. 마지막으로, 6장에서는 본 논문의 결론을 나타낸다.

2. 전체 시스템 구성

본 논문의 전체 시스템은 그림 1과 같이 구성된다. 승강기 내부에 장착된 고정된 카메라의 영상을 기반으로 머리를 특징으로 사람 검출을 하고 나서 퍼지 시스템을 사용하여 온도 제어를 한다. 전체 시스템은 문 닫힘 감지, 사람 검출, 탑승 인원수 감지, 기온 측정, 온도 제어로 5가지의 세부사항들로 이루어져 있으며 그 순서대로 수행된다.

문 닫힘 감지는 승강기에 승객의 여부를 확인하기 위한 것이고 항상 사람 검출할 필요가 없기 때문이다. 문이 열릴 때부터 계속 사람 검출을 하면 상대적으로 속도가 느리고 오류도 많다. 또한, 탑승자가 점점 늘어나면 온도 제어가 변하기 때문에 불필요한 제어가 포함된다.

사람 검출은 실질적으로 사람이 검출되는 부분이고 탑승 인원수를 감지할 때 중요한 요인이 된다. 이것은 배경 제거, 후보군 영역 설정, 특징 추출, 사람 검출을 포함한다. 문이 닫힌 것을 전제로 배경을 제거한 후 나타난 전경을 기반으로 후보군 영역을 설정한다. 그 영역에서 특징을 추출하고 사람 검출을 수행한다.

탑승 인원수 감지는 사람으로 검출된 부분들의 정보를 조합하여 탑승자 수를 결정하기 위한 것이다. 여러 사람이 탑승했을 경우, 많은 부분들이 검출되고 그 분포를 통해 인원수를 조사한다. 인원수에 따라 온도가 변할 수 있는데 온도 제어에서 퍼지 시스템의 입

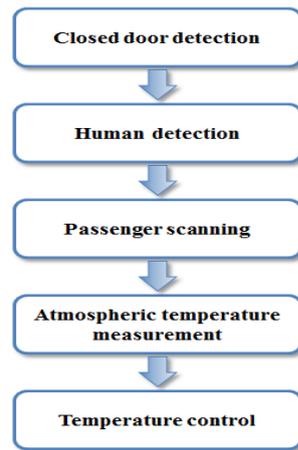


그림 1. 전체 시스템 순서도
Fig. 1. Flow chart of whole system

력으로 사용되기 때문이다.

기온 측정은 외부 기온을 통해 현재 날씨를 확인하고 냉각장치에 적정 온도로 조절할 수 있도록 해주기 위한 것이다. 현재 날씨에 따라 내부 온도를 변화시킬 수 있다. 또한, 탑승 인원수와 같이 온도 조절 부분에서 퍼지 시스템의 입력으로 사용된다.

온도 제어는 퍼지 시스템을 통해 효율적인 온도 관리를 하기 위한 것이다. 인원수와 계절 평균 기온을 기반으로 한 look-up table 방식의 퍼지 시스템을 사용하여 보다 지능적으로 온도를 관리한다. 입력인 탑승 인원수와 현재 기온 정보를 통해 설정 온도를 결정한다. 그래서 탑승 인원수와 기온에 따라 냉풍 또는 온풍으로 변하게 된다.

3. 머리 특징을 이용한 사람 검출 방법

3.1 문 닫힘 감지

문 닫힘 감지는 사람 검출 방법에서 우선적으로 수행된다. 이는 승강기에 승객이 없거나 모든 인원이 탑승한 것을 의미하고 시스템의 불필요한 요소를 제거하기 위한 것이다. 그 결과로 시스템의 속도를 향상시킬 수 있으며 오류를 줄일 수 있다. 문 닫힘 감지 과정은 그림 2와 같이 나타난다.

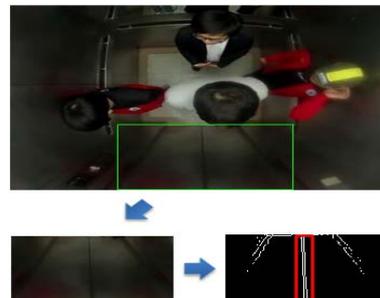


그림 2. 문 닫힘 감지 과정

Fig. 2. Process of the closed door detection

문 닫힘 감지에서는 region of interest(ROI)와 에지 정보가 사용된다[6]. ROI는 카메라를 고정시켜서 사용하기 때문에 승강기의 문 영역이 항상 같다. 그래서 고정된 위치를 추출하기 위해 사용하고

그림 2에서 위쪽 영상의 표시된 초록색 영역을 의미하고 아래의 왼쪽 영상처럼 추출한다.

또한, 에지 정보는 문이 열림과 닫힘에 따라 에지 정보가 변하는 것을 이용하여 문 닫힘을 쉽게 판단할 수 있기 때문에 사용한다. 그림 2에서 아래의 오른쪽 영상에서 표시된 빨간색 에지 영역을 통해 문 닫힘을 감지하게 되는데 이 영역 내에 에지 정보의 포함 정도로 결정된다. 에지 영역의 폭에 대한 히스토그램은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Hist(x) = \sum_{i=1}^N Edge(x,i) \tag{1}$$

N 은 에지 영역 높이의 최대치고, $Hist(x)$ 는 폭에 대한 히스토그램이며, $Edge(x,i)$ 는 에지 영역의 영상이다. 이 히스토그램을 기반으로 식 (2)를 통해 문 닫힘을 판단한다.

$$Door = \begin{cases} Open & \text{if } \sum_{j=1}^M Hist(j) < K \\ Close & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

M 은 에지 영역 폭의 최대치이고, K 는 문 닫힘 감지 파라미터이다. ROI와 에지 정보를 이용한 방법은 계산이 간단하여 빠르게 작동하기 때문에 유용하다. 또한, 국부 영역이라 수행하는 작업을 최소화한다.

3.2 배경 제거 및 후보군 영역 설정

배경 제거 및 후보군 영역 설정은 그림 3과 같이 나타난다. 배경 제거는 고정된 카메라를 사용하기 때문에 미리 저장된 배경과 입력 영상의 차와 임계치를 통해 차 영상을 만든다. 이렇게 얻어진 차 영상에는 잡음들이 있기 때문에 무작위 잡음을 제거하는데 효과적인 미디언 필터를 사용하고 미디언 필터의 윈도우 사이즈는 3 x 3이다. 그림 3의 (a)와 (b)의 영상 차와 임계치를 적용하여 그림 3의 (c)를 얻어내고 미디언 필터를 적용하여 그림 3의 (d) 영상을 만든다.

후보군 영역 설정은 먼저 배경 제거로 얻어진 필터 영상에서 그림 3의 (e)와 같이 전경 영역들을 나눈다. 이때 전경의 크기가 작은 것들은 거르고 사람으로 판단될 수 있는 크기를 선택한다. 그리고 이 전경 영역들을 변화시켜서 후보군 영역들을 설정하기 때문에 임시 후보군 영역이라 한다.

실제로 사용되는 후보군 영역은 임시 후보군 영역의 폭과 높이를 확장시킨 것이다. 확장의 의미는 그림 3의 (e)에서 보이는 것처럼 하나의 후보군 영역이 분리되는 상황을 보완하기 위한 처리이다. 그리고 영역 확장을 시킬 때는 예외 처리를 하여 확장시킨 후보군 영역이 영상의 가장자리를 벗어나게 되면 최소치나 최대치로 변환한다.

또한, 후보군 영역 설정은 탑승 인원수 검지가 되었을 때 변경되는데 이것은 불필요한 공간의 사람 검출을 피하기 위해 후보군 영역을 더 축소시킨다. 임시 후보군 영역을 추출했을 때 인원수 검지된 부분이 있으면 그 후보군 영역은 사용하지 않고 이전 검지된 부분의 정보를 사용한다.

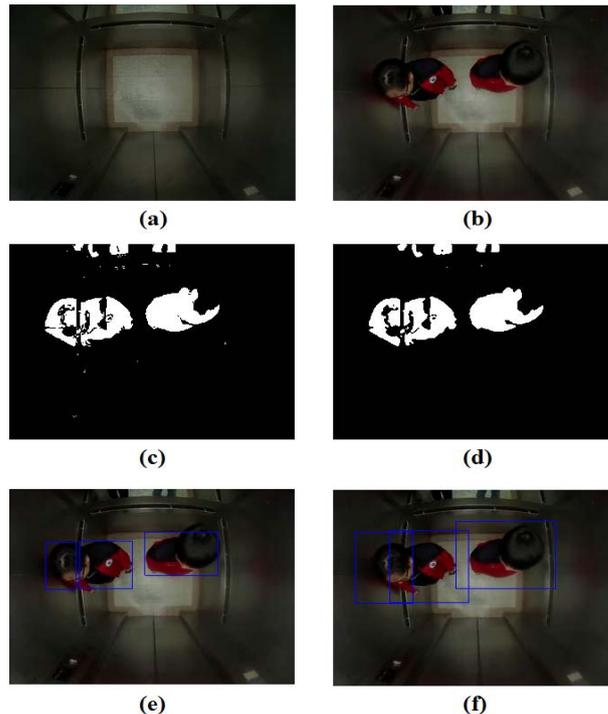


그림 3. 배경 제거 및 후보군 영역 설정의 예시: (a) 배경 영상 (b) 입력 영상 (c) 차 영상 (d) 필터 영상 (e) 임시 후보군 영역 (f) 후보군 영역 설정

Fig. 3. Example of the background subtraction and candidate region setting: (a) background image (b) input image (c) subtraction image (d) filtered image (e) temporary candidate region (f) candidate region setting

3.3 특징 추출 및 사람 검출

특징은 전체 영상의 정보를 사용하는 것보다 계산을 축소할 수 있다. 전체 영상의 정보를 유지하면서 차원의 수가 많이 감소하기 때문에 사용한다. 본 논문에서는 머리 특징을 이용하여 사람을 검출한다. 승강기 내부의 조감도 카메라를 통해 얻어지는 영상에서 사람의 몸 보다는 머리가 중요하게 된다. 이는 각도에 따라 몸은 머리에 가려질 수 있는 반면 머리는 많이 변하지 않기 때문이다.

머리의 정보를 가지고 histogram of oriented gradient(HOG) 특징을 사용한다. HOG 특징은 객체를 검출할 때 많이 사용되는 것으로 알려져 있기 때문에 머리 특징으로 적합하다. HOG의 본질적인 사고는 영상 내의 국부 영역이 기울기나 에지의 방향의 분포에 의해 설명될 수 있다.

HOG 특징의 과정은 첫째, 입력 받은 영상의 기울기 값을 계산한다. 식 (3)과 같은 수평과 수직 방향의 이산 미분 마스크를 식 (4)와 같이 입력된 영상에 적용한다.

$$D_x = [-1 \ 0 \ 1], \quad D_y = [-1 \ 0 \ 1]^T \tag{3}$$

$$I_x = I(x,y,t) * D_x, \quad I_y = I(x,y,t) * D_y \tag{4}$$

이 결과를 가지고 기울기의 크기와 방향을 식 (5)와 (6)을 통해 계산한다.

$$|G| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} \tag{5}$$

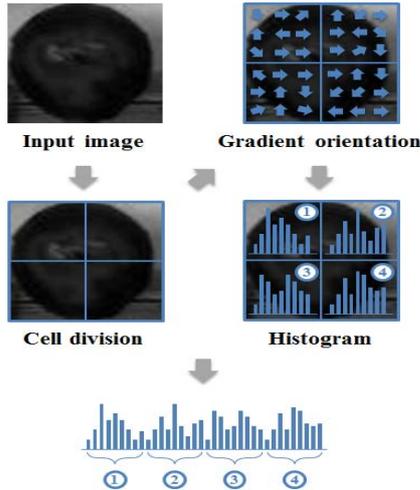


그림 4. 특징 추출 과정
Fig. 4. Feature extraction process

$$\theta = \arctan \frac{I_Y}{I_X} \tag{6}$$

둘째, 나누어진 셀들에 대한 히스토그램 계산을 한다. 셀 내에 각각의 픽셀들은 이전의 기울기 계산을 통해 기울기의 방향을 가지고 있고 이 값들은 빈의 수로 설정된 방향 히스토그램 대역들에 속하게 된다. 셀들은 영상 내에서 각각 사각형으로 구성되고 기울기의 부호 여부에 따라 히스토그램 대역들은 0도에서 360도 또는 0도에서 180도로 식 (7)과 (8)처럼 분포한다.

$$\alpha_{Signed} = \begin{cases} \alpha & \alpha \geq 0 \\ \alpha + 360 & \alpha < 0 \end{cases} \tag{7}$$

$$\alpha_{Unsigned} = \begin{cases} \alpha & \alpha \geq 0 \\ \alpha + 180 & \alpha < 0 \end{cases} \tag{8}$$

이를 통해 본 논문에서 사용한 특징 추출 과정은 그림 4와 같이 나타난다. 그림 4는 입력 영상이 들어왔을 때 HOG 특징으로 변환하는 과정을 보여주는데, 먼저 영상을 셀의 수로 나누고 각각의 셀 영역에 해당하는 기울기를 구한다. 구해진 기울기를 기반으로 빈의 수에 따른 히스토그램 분포를 만들고 벡터화를 시켜 특징 벡터를 추출하게 된다.

또한, 본 논문에서 설정한 셀의 수는 2 x 2로 4개의 셀을 이용하고 빈의 수는 9로 설정하여 36차원의 특징 벡터를 만들어서 적용하게 된다.

이렇게 얻어진 특징들을 기반으로 support vector machine(SVM)을 사용하여 분류기를 통해 사람을 검출한다[8]. SVM은 분류나 회귀에서 많이 쓰이고 객체 검출에서 학습과 평가가 빠르기 때문에 유용하게 사용하는 지도 학습 방법이다. 이것은 클래스 사이의 마진을 최대화하는 초평면을 구하는 것이다. 마진을 최대화하는 초평면을 구하는 최적화 문제와 경계 조건은 식 (9)와 같이 나타난다.

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 \tag{9}$$

$$(s.t.) y_i(w^T x_i + b) \geq 1$$

x_i 는 실수 벡터이고, y_i 는 벡터 x_i 가 속한 클래스이며, w 와 b 는 초평면을 결정하는 파라미터들이다. 식 (9)를 식(10)과 같이 라그랑

지 함수를 만들 수 있다.

$$L(w, b, \alpha) = \frac{\|w\|^2}{2} - \sum_{i=1}^m \alpha_i \{y_i(w^T x_i + b) + 1\} \tag{10}$$

식(10) 문제의 해는 α 에 대해 최대화고, w 와 b 에 대해 최소화 되는 안장점에 의해 결정된다. 따라서 라그랑지 함수를 w 와 b 에 대해 미분하고, 그 값이 0이 되는 최적 조건들을 식 (11)과 (12)로 얻을 수 있다.

$$w = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0 \tag{12}$$

위의 조건들을 식 (10)에 적용하면, 식 (9)와 같은 최적 값을 가진 식 (13)의 쌍대 문제를 구할 수 있다.

$$\max \left(\sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i x_j \right) \tag{13}$$

$$(s.t.) \alpha_i \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0$$

식 (13)과 같은 쌍대 문제에서 x_i 는 항상 내적으로 나타나기 때문에 커널 트릭을 사용하여 식 (14)와 같은 커널 함수로 대체할 수 있다. 또한, 다양한 형태의 커널들(선형, 다항식 등)이 존재한다.

$$K(u, v) = \phi(u)^T \phi(v) \tag{14}$$

커널 함수를 통해 식 (13)을 식 (15)로 대체할 수 있다.

$$\max \left(\sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) \right) \tag{15}$$

$$(s.t.) \alpha_i \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0$$

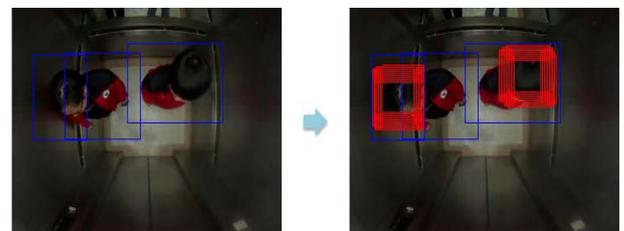


그림 5. 머리 특징 기반의 사람 검출
Fig. 5. The human detection based on the head feature

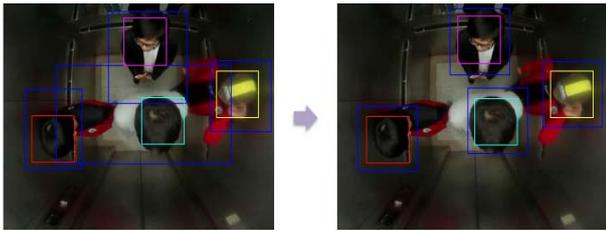


그림 6. 탑승 인원수 검지 및 후보군 영역 변경
Fig. 6. Passenger scanning and candidate region change

이러한 SVM을 토대로 3.2절에서 설정된 후보군 영역들내에 고정된 슬라이딩 윈도우 방식으로 사람 검출을 수행하면 그림 5와 같이 나타난다. 슬라이딩 윈도우 방식은 윈도우가 이동하면서 해당 윈도우 영역에 대한 처리를 하는 것이다. 이는 사용 방법과 구현이 용이하기 때문에 많이 이용한다. 본 논문은 조감도 영상을 기반으로 하여 특징으로 사용되는 머리의 영역의 크기가 거의 변화가 없기 때문에 고정된 슬라이딩 윈도우 방식을 사용한다.

3.4 탑승 인원수 검지 및 후보군 영역 변경

사람 검출 방법을 통해 검출된 사람(머리) 영역들을 가지고 탑승 인원수 검지를 한 후 검지된 인원수를 기반으로 후보군 영역을 변경한다. 검출된 사람 영역들은 사람을 중심으로 비슷한 위치에 많이 분포하고 사람 간격의 거리를 두고 있다. 그래서 거리를 이용한 인원수 검지를 한다.

우선, 탑승 인원수를 검지는 검출된 영역들끼리 비교를 하는데 식 (16)을 통해 비슷한 위치에 있는 영역들은 하나의 사람으로 판단된다.

$$p_t = \begin{cases} p_{t-1} & \text{if } \sqrt{\|c_i(x,y) - c_j(x,y)\|} \leq C \\ p_{t-1} + 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (16)$$

이것은 검출된 영역들의 중심점들에 대한 유클리디언 거리를 이용하여 비슷한 위치에 있는 것들은 한명의 사람으로 판단하는 것이다.

여기서 p_t 은 현재 인원수이고 시작 값은 1이며 중심점 비교를 하면서 증가된다. p_{t-1} 은 이전 인원수이며, C 는 사람 간격 파라미터이다. $c_i(x,y)$ 는 첫 번째 영역의 중심점이고 이것은 다른 영역들의 중심점인 $c_j(x,y)$ 와 비교하고 나면 변경된다.

비교를 통해 비슷한 영역들을 찾으면 사람 영역이 줄어들어 $c_j(x,y)$ 의 수가 점점 줄어들게 되고 p_t 는 증가하게 된다. 또한, 비슷한 영역이라고 판단된 것들은 중심점의 평균을 통해 하나의 윈도우로 만들어지게 되고 이것은 그림 6의 왼쪽과 같이 나타난다.

후보군 영역 변경은 비슷한 영역으로 판단된 사람들의 중심점들을 기반으로 임시 후보군 영역들 중에 중심점들을 포함하고 있는 임시 후보군 영역들을 제거하고 나머지 임시후보군 영역들은 사용한다. 그리고 이전의 검지된 중심점들을 고정된 크기로 확장하여 후보군 영역들로 설정하고 그 안에서 다시 사람을 검출하게 된다. 또한, 후보군 영역 설정과 마찬가지로 예외처리를 한다. 이 결과는 그림 6의 오른쪽과 같이 나타난다. 또한, 문 단함 이후부터 가장 많이 검지된 인원수를 기준으로 퍼지 시스템의 입력이 된다.

4. 퍼지 시스템 기반의 온도 제어 방법

4.1 소속 함수

본 논문에서는 퍼지 look-up table 방식을 사용하여 온도 제어를 한다(9-10). 퍼지 시스템에서 입력과 출력 변수는 언어 값으로 표현된다. 언어 값은 퍼지 집합으로 정의되고 소속 함수로 나타낸다. 입력은 탑승 인원수와 계절 평균 기온이고 출력은 내부 온도이다.

인원수의 퍼지 집합은 '상당히 적음', '약간 적음', '약간 많음', '상당히 많음'이고, 계절 평균 기온의 퍼지 집합은 '추운', '미지근한', '더운'이고 내부 온도의 퍼지 집합은 '시원한', '미지근한', '따뜻한'이다. 여기서, 계절 평균 기온의 의미는 전년도 평균 기온에서 계절들의 최소, 평균, 최대치들을 가지고 소속 함수를 만들기 때문이고 '미지근한'은 봄과 가을을 합친 결과이고 소속 함수들은 그림 7과 같다.

4.2 퍼지 제어 규칙

퍼지 시스템에서 제어 규칙은 전문가의 지식이나 경험에 의해 표현된다. 제어 규칙들은 지식 기반에서 식 (17)과 같은 형식의 규칙들로 구성되어 있다.

$$IF \ x \text{ is } A \text{ and } y \text{ is } B \text{ THEN } z \text{ is } C \quad (17)$$

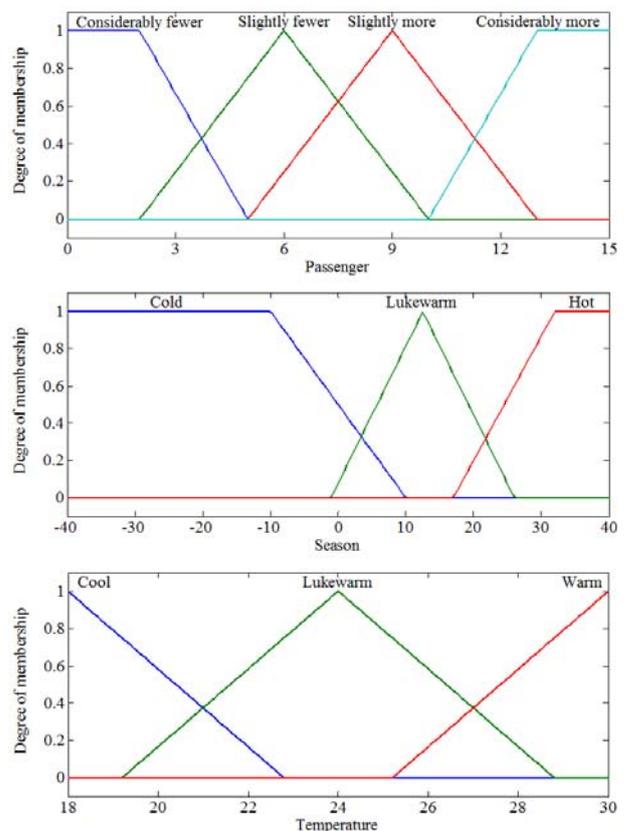


그림 7. 입력과 출력 변수에 대한 소속 함수들
Fig. 7. The membership functions for input and output

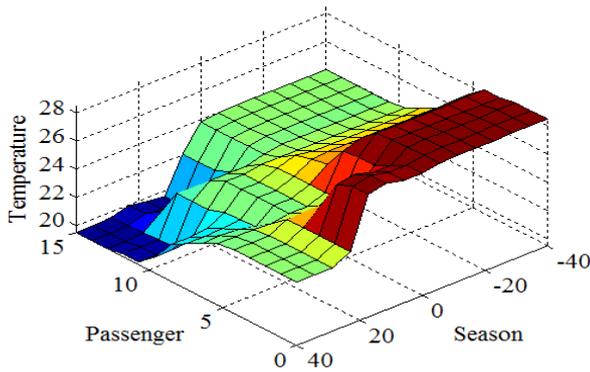


그림 8. 입력과 출력 변수에 대한 소속 함수들
Fig. 8. The membership functions for input and output

x, y, z 는 언어 변수들이고 A, B, C 는 언어 값들이다. 본 논문에서 사용한 규칙들은 12가지이고 표 1과 같이 나타난다. 본 논문에서 지정한 규칙들을 통해 2개의 입력들(인원수, 평균기온)에 대한 출력을 표현한다. 입력인 인원수에 대한 4가지 요소, 평균기온에 대한 3가지 요소를 통해 12가지의 결과를 나타내게 된다.

표 1에서 요소들은 밑줄을 기준으로 앞의 S, P, T는 언어 변수들(Season, Person, Temperature)이고, 뒤의 C, LW, H, CF, SF, SM, CM은 언어 값들(Cold, Lukewarm, Hot, Considerably fewer, Slightly fewer, Slightly more, Considerably more)의 약자이다.

표 1. 퍼지 제어 규칙 표
Table 1. Rule table of the fuzzy control

	P_CF	P_SF	P_SM	P_CM
S_C	T_W	T_W	T_LW	T_LW
S_LW	T_W	T_LW	T_LW	T_C
S_H	T_LW	T_LW	T_C	T_C

5. 실험 결과 및 분석

제안된 방법을 평가하기 위해서 정원이 15명인 승강기에서 영상을 취득하였고 실험에서 약 6,500 장의 영상들을 사용하였다. 머리 특징을 이용한 사람 검출은 모든 영상들 통해서 사람 검출 정확도는 98.11%로 나타났다. 또한, 인원수 검지 정확도는 98.64%로 보였지만 문 닫힘 이후부터 가장 많이 검지된 인원수로 결정하면 모두 정확한 인원수로 판단되었고 퍼지 시스템의 입력으로 사용하였다.

퍼지 시스템 기반의 온도 제어는 탑승 인원수와 계절 평균 기온을 토대로 검지된 인원수와 입력된 기온으로 내부 온도를 제어하고 이 방법을 통한 전체 온도 제어 범위는 그림 8과 같이 나타난다. 이는 지능적인 형태로 온도 제어하여 에너지를 절감하게 된다.

이 실험의 결과는 그림 9와 같이 에어컨과 열전냉각장치를 일정하게 작동시킨 것과 비교될 수 있다. 제안된 방법을 열전냉각장치에 적용했을 경우, 일정한 에어컨과 열전냉각장치를

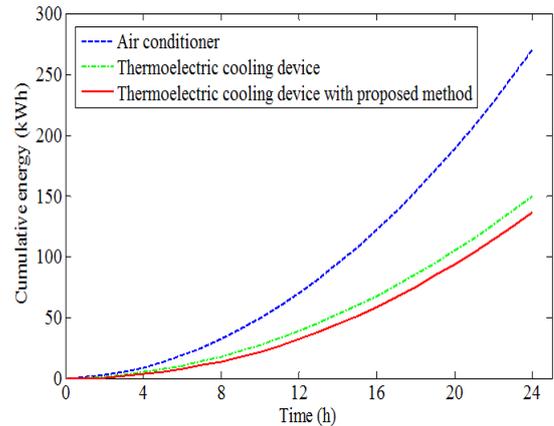


그림 9. 에너지 절감 비교 그래프
Fig. 9. Comparison graph of energy reduction

비교하여 하루(24시간)에 각각 약 134 kWh, 14 kWh 절감되었다. 또한, 제안된 방법을 통해 사람 검출과 온도 제어를 한 실험 결과는 그림 10과 같이 도출된다.

그림 10은 입력 중에 평균 기온이 6도로 측정되어 있을 때 인원수에 변화에 따른 결과이다. 사람이 4명일 때는 24.80도, 1명일 때는 28.18도로 설정한다. 이는 밖의 기온이 낮기 때문에 따뜻하게 만들어 주는 것인데 사람이 적을 때 더 높은 온도로 설정한다.

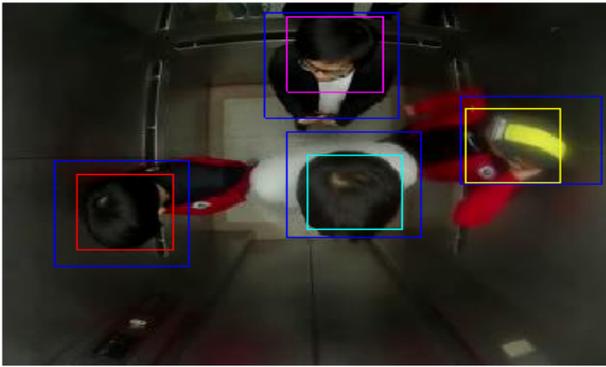
6. 결론 및 향후 연구

본 논문은 승강기용 냉각장치의 에너지 절감을 위한 사람 검출과 퍼지 온도 제어를 목표로 머리 특징을 이용한 사람 검출 방법과 퍼지 시스템 기반의 온도 제어 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 열전냉각장치에 사람 검출을 통한 인원수와 계절 평균 기온을 기반으로 look-up table 방식의 퍼지 시스템으로 온도를 제어하여 효율적으로 온도 관리를 했다.

실험에서 나타난 것과 같이 성공적인 결과를 보여주었다. 하지만, 실험에서 부족한 부분들도 있기 때문에 이러한 것을 개선하거나 보완하고, 더 다양한 사람들과 많은 영상들을 통한 실험으로 성능을 검증할 것이다.



Temperature = 28.18



Temperature = 24.80

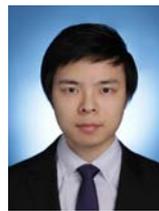
그림 10. 제안된 방법에 대한 실험 결과
Fig. 10. The experiment result for the proposed method

References

- [1] B. J. Huang, J. M. Chang, V A. Petrenko and K. B. Zhuk, "A solar ejector cooling system using refrigerant R141b," *Solar Energy*, vol. 64, no. 4, pp. 223-226, 1998.
- [2] S. Y. Lee, S. Jang, M. Park, and C. Yoon "Cooling System Control Based on Fuzzy Look-Up Table Using Temperature Sensor," *Proceedings of KIIS Autumn Conference*, vol. 24, no. 2, pp. 70-71, 2014.
- [3] H. Wang, R. McCarty, J. R. Salvador, A. Yamamoto, and J. König, "Determination of Thermoelectric Module Efficiency: A Survey," *Journal of Electronic Materials*, vol. 43, no. 6, pp. 2274-2286, 2014.
- [4] S. B. Riffat and X. Ma, "Thermoelectrics: a review of present and potential applications," *Applied Thermal Engineering*, vol. 23, no. 8, pp. 913-935, 2003.
- [5] H-S. Choi, S. Yun and K-I Whang, "Development of a temperature-controlled car-seat system utilizing thermoelectric device," *Applied Thermal Engineering*, vol. 27, no. 17, pp. 2841-2849, 2007.
- [6] R. Maini and H. Aggarwal, "Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques," *International Journal of Image Processing (IJIP)*, vol. 3, no. 1, pp. 1-11, 2009.
- [7] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 886-893, 2005.
- [8] H. Byun and S-W Lee, "A survey on pattern recognition applications of support vector machines," *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 17, no. 3, pp. 459-486, 2003.
- [9] Z. Zhang and J. Chang, "A fuzzy control algorithm with high controlling precision," *Fuzzy sets and systems*, vol. 140, no. 2, pp. 375-385, 2003.

- [10] J-B. Kim, W-Y. Choi, S-K. Kwun, and Y-I. "Design of Fuzzy Inference-based Deterioration Diagnosis System through Different Image," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent System*, vol. 25, No.1, pp. 57-62, 2015.

저 자 소 개



음혁민(Hyukmin Eum)

2011년: 배재대학교 전자공학과 공학사
2011년~현재: 연세대학교 대학원
전기전자공학과 통합과정

관심분야 : 패턴인식, 기계학습, 컴퓨터 비전, 지능제어
Phone : +82-2-2123-2868
E-mail : hmeum@yonsei.ac.kr



장석윤(Sukyoon Jang)

1995년: 충남대학교 전자공학과 공학사
2009년: 연세대학교 생체공학과 공학박사
2009-2011년: 인천정보산업진흥원
로봇연구소 팀장
2011년~현재: ETRI 기업지원선임연구원
& (주)엘제이텍 연구소장

관심분야 : 컴퓨터비전, 지능제어, 의공학, 산업전자
Phone : +82-70-7843-1244
E-mail : syjang@etri.re.kr



이희진(Heejin Lee)

1987년: 연세대학교 전자공학과 학사
1989년: 연세대학교 전자공학과 석사
1989년~1993년: (주) 대우통신 종합연구소 연구원
1993년~1995년: (주) 에스원 종합연구소 연구원
1998년: 연세대학교 전자공학과 박사
1998년~현재: 국립한경대학교 전기전자제어공
학과 교수

관심분야 : 로봇틱스, 강인제어, 지능제어, 전력제어 시스템
Phone : +82-31-670-5294
Fax : +82-31-670-5299
E-mail : lhjin@hknu.ac.kr



박민용(Mignon Park)

1973년: 연세대학교 전자공학과 공학사
1977년: 연세대학교 전자공학과 공학석사
1982년: 일본 동경대학교 공학박사
1982년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 정교수

관심분야 : 퍼지제어, 로보틱스, 바이오시스템
Phone : +82-2-2123-2868
E-mail : mignpark@yonsei.ac.kr



윤창용(Changyong Yoon)

1997년: 연세대학교 전자공학과 공학사
1999년: 연세대학교 전자공학과 공학석사
2010년: 연세대학교 전기전자공학과공학박사
1999년~2005년: LG전자 선임연구원
2005년~2006년: LG노텔 선임연구원
2010년~2012년: LG디스플레이 책임연구원
2012년~현재: 수원과학대학교 전기과 조교수

2013년~현재: 한국지능시스템학회 이사

관심분야 : 컴퓨터비전, 얼굴인식, 지능제어, 퍼지이론, 지능형자동차
Phone : +82-31-350-2262
E-mail : cyyoon@ssc.ac.kr