공공 안내 로봇을 위한 인체 검출 기반의 방향성 감지 시스템

A Directional Perception System based on Human Detection for Public Guide Robots

도 태 용*, 백 정 현

(Tae-Yong Doh and Jeong Hyun Baek)

Abstract: Most public guide robots installed in public spots such as exhibition halls and lobbies of department store etc., have poor capability to distinguish the users who require services. As to provide suitable services, public guide robots should have a human detection system that makes it possible to evaluate intention of customers from their movement direction. In this paper, a DPS (Directional Perception System) is realized based on face detection technology. In particular, to catch human movement efficiently and reduce computational time, human detection technology using face rectangle, which is obtained from the human face, is developed. DPS determines which customer needs services of public guide robots by investigating the size and direction of face rectangle. If DPS is adapted, guide service will be provided with more satisfaction and reliability, and power efficiency also can be added up because public guide robots provide services only for the users who expresses their intentions of wanting services explicitly. Finally, through several experiments, the feasibility of the proposed DPS is verified.

Keywords: face rectangle, DPS (Directional Perception System), public guide robot, face detection

1. 서론

기존의 공공 안내 로봇은 사용자의 요구에 수동적으로 반응하였다. 즉, 서비스를 필요로 하는 사용자가 접근하는 것을 감지하지 못하고 스위치 버튼, 음성 명령, 터치 스크린 등을 통해 획득된 명령에 의해 서비스를 제공하였다. 이를 능동적 형태로 보완하기 위해 시각 감지 센서인 카메라를 장착하여 이미지상의 물체의 움직임을 감지하거나 추적하여 서비스를 제공하는 방식이 개발되었다. 그러나 이러한 방식 또한 움직이는 사람이나 사람이 아닌 이동 물체가 감지되면 무조건 서비스를 수행하는 부작용이 있어 사용자 하여금 인간-로봇 상호 작용 측면에서 상당한 불편함을 유발하였고, 서비스 제공을 원하지 않는 불특정 다수에게까지 서비스를 제공하였다. 이와 같은 과도한 작업으로 인한 에너지 손실과 기구적 수명을 단축시키는 부작용이 발생하였다. 지금까지 언급한 문제를 극복하기 위해서는 이미지상의 물체의 움직임이 사람인가에 대한 판단, 움직이는 방향의 판단, 접근성의 판단, 서비스 제공의 최적 시점 판단을 고려한다.

공공 안내 로봇에서의 인간 검출 기술은 시스템의 신뢰성 및 안정성을 향상시키기 위해 다양한 방법으로 연구되어 왔다. Hirai와 Mizoguchi는 사람의 옷 패턴을 이용하는 사람 추적 로봇을 개발하였는데 특정인을 추적할 경우에는 유용하지만 사람마다 옷의 패턴이 다르므로 일반인을 추적하기에는 효과적이지 못하다[1]. Kleinhagenbrock 등은 사람

의 얼굴과 다리를 추적하여 사람을 추적하는 로봇을 개발하였다[2]. C. R. Wren 등은 배경과 사람의 칼라 분포를 각각 가우시안 분포로 모델링하고 Maximum A Posteriori Probability 방식을 이용하여 배경과 사람을 분리해내어 사람을 추적한다[3]. 하지만 카메라가 고정되어 있어서 배경이 변하지 않는 경우를 가정하고 있기 때문에 이동 카메라의 경우 적용할 수 없다. Tarokh는 상의 칼라정보와 모양을 이용하여 사람을 추적한다[4]. 입력 영상으로부터 반복적으로 임계값을 결정하고 사람의 옷 색과 주변 물체의 색들을 구분한다. Optical flow를 이용하여 사람의 모션 정보를 추출하는 방법도 있다[5]. 영상에서 배경 픽셀들은 한 방향으로 움직이고 움직이는 물체는 다른 방향으로 움직이기 때문에 이를 이용하여 움직이는 물체를 검출할 수 있다. 그러나 계산량이 많고, 사람과 물체를 구분할 수 없는 단점이 있다. Feyer와 Zell은 컬러 정보와 모션 정보, 그리고 컨투어(contour) 정보를 이용하여 사람의 움직임을 추출한다[6]. 컬러 정보는 다양한 조명하에서 사람의 피부색을 룩업 테이블(LUT: Lookup Table)에 저장하고 LUT를 참조하여 영상에서 사람 피부를 추출한다. Ego-Motion을 통해 움직이는 물체를 추출하고 Active Contour와 유사한 방법으로 사람의 외곽선을 추출한다. 그리고 스테레오 카메라를 이용하여 거리정보를 추출한다. 이 모든 정보를 이용하여 움직이는 사람을 추적한다.

본 논문에서는 실내의 공공장소에서 카메라를 장착한 공공 안내 로봇을 통해 사람을 검출하고 사람의 움직임을 감지하는 알고리즘을 개발한다. 상용화를 목적으로 개발되는 공공 안내 로봇을 위해 저가의 카메라를 사용하고 고속의 영상 처리 알고리즘을 이용하여 사람을 움직임을 파악하고 이를 통해 서비스를 원하는 사람을 판단하고자 한다. 단일 카메라를 통해 획득된 영상에서 사람의 피부색과 비슷한

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2010. 2. 8., 수정: 2010. 2. 19., 채택확정: 2010. 3. 13.

도태용: 한밭대학교 제어계측공학과(dolerite@hanbat.ac.kr)

백정현: (주)케이엠씨로보틱스(jhbaik@kmcrobot.com)

※ 본 논문은 2008년도 교육과학기술부와 지식경제부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 기술개발과제의 연구 결과임.

포인트를 검출하고 에지(edge) 영상을 통해 사람 얼굴 모양과 비슷한 타원을 찾아 피부색과 부합되는지를 판단하여 사람의 얼굴 위치를 찾는다. 찾아진 얼굴에 그려진 타원을 이용하여 Ellipse Head Tracking을 수행하여 움직이는 사람의 얼굴을 추적할 수 있다. 본 논문에서는 연산량을 줄이고 판단을 명확하게 하기 위해서, Ellipse Head 영역을 정사각형으로 변환하고 이를 Face Rectangle이라 명명한다. 연속적으로 얻어진 영상 정보로부터 획득한 Face Rectangle의 중심 좌표의 이동과 중첩성을 통해 움직이는 사람의 이동 방향과 동일 인물인지를 판단할 수 있다. 또한 동일 인물로 판단된 사람의 접근성 여부는 최초 검출된 시점에서 Face Rectangle의 크기 변화를 통해 판단할 수 있으며, 최종적으로 로봇에서 접근하는 사용자가 로봇에게 거부감이 없으면서 조작하기 쉬운 거리의 시점을 판단하여 로봇이 서비스를 제공하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 단일 카메라를 통해 사람을 검출하는 방법을 구현하며, 사용자의 방향성을 감지하는 방법을 제안한다. III 장에서는 제안된 방법을 통해 실제 상황을 연출하고 실험을 하여 그 결과를 제시한다. IV 장에서는 연구 결과를 정리하고 후후 과제에 대해서 논의한다.

II. 사용자 검출 기반 방향성 감지 시스템

1. 가정

본 논문에서는 방향성 감지를 위해 다음과 같은 가정을 한다.

가정 1: 안내를 받기 원하는 사용자는 대부분 안내 로봇을 바라보고 접근한다.

가정 2: 정면 또는 정면에 준하는 측면(정면에서 약 30도 이하의 측면만을 관심이 있는 사람으로 검출하며 그 외에는 지나가는 사람으로 판단한다.

가정 3: Face Rectangle의 크기의 변화를 로봇에 대한 관심도로 표현한다.

가정 4: 본 논문에서는 관심을 가지고 접근하는 사람에게만 서비스를 지원하기 위한 방법을 제안하므로 지나가는 사람은 관심도가 없으며, 없는 것과 동일하게 판단한다.

가정 5: 거리가 너무 먼 사람은 정면으로 검출되어도 최하의 관심도를 갖는 사람으로 설정하여 서비스 대상에서 제외한다.

가정 6: 관심도가 감소하는 방향, 즉 뒤쪽으로 이동하는 경우에는 서비스 대상에서 제외한다.

가정 7: 중복된 서비스 제공을 피하기 위해 같은 위치에서의 동일 인물인 경우 재요청이 있을 때까지 최초 한번만 서비스를 제공한다.

2. 사람 검출

사람의 피부색은 얼굴 검출이나 얼굴 추적에 있어서 훌륭한 특징점이 된다. 가우시안 모델링으로 피부색을 모델링한 후 사람의 얼굴을 추출한다. Canny 에지 검출 알고리즘을 이용하여 추출된 사람의 얼굴을 타원으로 근사화한다. 이를 바탕으로 Ellipse Head Tracking 알고리즘(그림 1)을 적용하여 사람의 얼굴을 추적한다[7].

그림 1. Ellipse Head Tracking 결과.

Fig. 1. Results of Ellipse Head Tracking.

3. Face Rectangle

얼굴 검출은 학습을 통해 특징점을 추출하는 AdaBoost 알고리즘을 주로 사용한다. 그러나 많은 계산량으로 인해 영상 처리, 로봇 구동 등의 다양한 기능을 단일 CPU에서 처리해야 하는 공공 안내 로봇에게 적용하는 것은 다소 무리가 있다. 대신 본 논문에서 가장 큰 목표인 로봇에 접근하는 사람을 알기 위해 사람 얼굴 부분을 대략적으로 표시하고 방향 및 거리 정보를 갖는 간단한 정사각형 모델을 제안한다.

Face Rectangle로 명명된 얼굴 외곽을 감싸는 정사각형은 앞에서 언급한 Ellipse Head의 중심 좌표와 장축의 길이

그림 2. Face Rectangle. (x, y): Ellipse Head의 중심 좌표, L: Ellipse Head의 장축 길이.

Fig. 2. Face Rectangle. (x, y): Center coordinate of ellipse head, L: length of major axis of ellipse head.

그림 3. Face Rectangle 영상.

Fig. 3. Face Rectangle Images.

를 통해 그림 2와 같이 구현할 수 있다. Face Rectangle의 가로 길이는 정사각형을 구현할 수 있도록 단축의 길이를 쓰지 않고 장축의 길이와 동일하게 설정하여 계산량을 최소화한다.

그림 3은 Face Rectangle를 실행한 결과이다. 사람 검출 후 얻은 Face Rectangle을 이용하여, 중심 좌표의 이동과 Face Rectangle의 크기 변화를 통해 사용자와 로봇의 거리 변화 등을 추출하고, 최적의 위치에서 사용자에게 서비스를 개시한다.

4. 방향성 감지

4.1 이동 방향 검출

가정에서 언급한 것과 같이 공공 안내 로봇에 관심을 가지고 접근하는 사람만 서비스 대상으로 정하여, 추적을 통해 이동 방향을 검출한다.

그림 4에서 공공 안내 로봇(R)의 시야 내에 위치하며, 관심을 가지고 서비스를 제공받기 위해 접근한 사용자, 즉, C, D, F에 해당하는 사용자만을 추적하여 이동방향을 검출한다. 공공 안내 로봇의 시야에서 벗어난 A, H와 공공 안내 로봇과 멀어지는 E, 공공 안내 로봇을 지나가는 G, H에 해당하는 사람은 관심도가 없다고 판단하여 서비스 대상에서 제외한다.

관심을 가지고 서비스를 제공받기 위해 접근하는 사용자의 이동 방향을 검출하기 위해 Face Rectangle을 사용한다.

그림 4. 이동 방향에 따른 서비스 대상 결정 (R: 공공 안내 로봇, A, H: 공공 안내 로봇 시야 밖의 사람, E: 공공 안내 로봇에서 멀어지는 사람, B, G: 좌, 우로 지나가는 사람, C, D, F: 공공 안내 로봇에 접근하는 사람).

Fig. 4. Determining clients according to moving direction.(R: Public guide robot, A, H: Persons who the robot cannot find in its view, E: Persons leaving from the robot, B, G: Persons passing by the robot, C, D, F: Persons approaching to the robot).

초당 5 프레임의 Face Rectangle의 중심 좌표를 비교하여 로봇에 접근하는 사용자의 방향 이동을 확인할 수 있다.

그림 5(a)에서 최초 검출된 프로그램의 중심 좌표가 5 프레임동안 전체 궤적이 커지면서 중심좌표는 그대로 유지된다. 이는 이상적으로 정면에서 로봇을 향해 다가오는 Face Rectangle이라 할 수 있다.

그러나 현실에서는 정면에서 접근할 때 그림 5(b)와 같이 중심 좌표가 일정 영역 내에서 약간씩 변한다. 5 프레임이 지난 후에도 Face Rectangle은 로봇의 시야 내에 존재하며, 사용자가 로봇에 관심을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 5(c)를 보면 최초 프레임에서는 Face Rectangle이 정면에 있어 로봇의 추적 대상이 되었으나, 새로운 프레임이 들어올수록 로봇의 시야에서 벗어남을 알 수 있다. 이런 경우 서비스를 원하지 않는 사용자로 판단하여 서비스 대상에서 제외한다.

(a) Trajectory of Face Rectangle when the user is ideally approaching in front of the robot

(b) Trajectory of the center of Face Rectangle when the user is approaching from the left

(c) Face Rectangle receding from the view of the robot

그림 5. Face Rectangle의 방향성에 따른 분류.

Fig. 5. Variation of the center of Face Rectangle according to directions.

그림 6. Face Rectangle의 중첩이 발생하지 않는 경우.
Fig. 6. Cases that Face Rectangles are not overlapped.

4.2 Face Rectangle의 중첩성을 통한 동일 인물 판단

Face Rectangle의 중첩성을 통해 사람의 이동 방향을 감지하고 동일 인물 여부를 판단한다. 프레임간의 간격은 약 0.2초로 사람이 순간적으로 이동할 수 없는 짧은 시간이다. 따라서 이 시간동안 타 인물로 바뀌거나 Face Rectangle이 중첩되지 않을 만큼 긴 거리를 사람이 이동하는 것은 불가능하다. 즉 체험적으로 4 프레임 이상에서 Face Rectangle이 중첩된다면 이는 동일 인물로 보아도 무관하다.

그림 5와 같이 1초 동안 4 프레임 이상의 Face Rectangle이 일정 부분 겹쳐 있을 경우, 동일 인물로 판단한다.

그림 6은 프레임 캡처가 진행될수록 먼 방향에 위치한 움직임이 없는 사람 또는 배경에 의한 혼란으로 발생한 Face Rectangle로 인해 중첩이 되지 않기 때문에 동일 인물로 판단하기 어려우며, 추적의 대상에서 제외한다.

4.3 Face Rectangle의 넓이 변화를 통한 접근성 판단

Face Rectangle의 넓이를 이용하면 관심을 가지고 접근하는 사용자의 접근성을 간단하게 판단할 수 있다. 첫 번째 프레임의 Face Rectangle의 넓이 정보를 계산한 후 다음 프레임의 Face Rectangle의 넓이와 비교하여 넓이가 커지면 사용자가 로봇에 접근하는 것으로 판단하고, 넓이가 작아지면 사용자가 로봇에서 멀어지는 것으로 판단한다.

4.4 서비스 제공 시점 판단 및 순서

얼굴 검출부터 방향성 감지를 통해 서비스를 제공하는 순서도는 그림 7과 같다.

서비스 공공 안내 로봇에 탑재되어 있는 영상 시스템을 통해 한 프레임의 영상을 캡처한다(E1). 캡처된 영상에서 에지와 피부색을 검출하여(A1) 얼굴 영역에 해당하는 타원을 추적한 후(A2), 타원의 장축을 가로와 높이 값으로 갖는 Face Rectangle을 구현한다(A3). 방향성 판단 및 접근성 판단의 기초값이 되는 Face Rectangle의 중심 좌표 및 넓이 값을 저장한 후(A4), 5 프레임의 영상을 연속으로 캡처하였는지를 판단하여(B1) 1초에 5 프레임의 영상 정보를 확보한다. 앞서 저장한 5 프레임에서 추출한 각각의 Face Rectangle 정보를 통해 중첩성을 판단함으로써 동일 인물

- E1 1 프레임 영상 캡처
- A1 에지 & 피부색 검출
- A2 얼굴 영역 타원 근사화
- A3 얼굴 영역 사각형 근사화
- A4 사각형의 중심 좌표 및 넓이 정보 저장
- A5 좌우로 이동 (지나가는 사람)
- A6 뒤쪽으로 이동 (멀어지는 사람)
- A7 전방으로 이동 (접근하는 사람)
- B1 5 프레임 영상 캡처 여부
- B2 중첩 여부 판단 (동일 인물 확인)
- B3 Face Rectangle 넓이 비교 (접근성 판단)
- B4 서비스 개시 여부
- C1 중심좌표 이동 추적 (방향성 감지)
- D1 추적대상 제외
- D2 서비스 종료
- D3 서비스 개시
- D4 계속 추적

그림 7. 방향성 감지 시스템 순서도.

Fig. 7. Flow chart of a directional perception system.

여부를 판단한다(B2).

캡처된 5 프레임의 영상내의 사람 얼굴로 검출된 영역이 0.2초 동안 중첩되지 않는다면, 동일 인물로 판단하지 않고 서로 다른 사람의 얼굴을 순차적으로 검출한 것으로 판단하여 추적 대상에서 제외하고 프로그램 개시시점으로 회귀한다. 동일 인물로 판단된 경우에 Face Rectangle의 중심 좌표의 이동 방향을 통해 사람의 이동 방향을 결정하며, 동시에 Face Rectangle의 넓이 정보 변화를 통해 사람의 접근성 여부를 판단한다(C1 & B3).

사용자의 접근성 및 방향성 정보가 확보되면 이동 형태에 따라 로봇에 관심없이 좌우로 지나가는 사람(A5), 뒤로 멀어지는 사람(A6), 로봇에 관심을 갖고 접근하는 사람(A7) 등으로 나누어 프로그램을 분기한다. 사람의 얼굴을 검출하는 중 좌우로 지나가는 사람으로 검출되었을 때, 서비스 진행 여부를 확인한다(B4).

현재 서비스가 진행되고 있지 않은 상황으로 판단되면 로봇은 이를 추적의 대상에서 제외시키며(D1), 이전에 서비

스가 진행되고 있는 중에 얼굴을 돌려 지나가는 상황이면 약 30초 동안 추적을 계속하며(D4), 30초 동안 다시 관심을 갖지 않는다고 판단될 때 서비스를 종료한다. Face Rectangle의 방향성 및 접근성 판단을 통해 뒤로 멀어진다고 판단될 때, 현재 서비스 진행여부에 따라(B4) 서비스가 진행되고 있지 않을 때는 서비스 대상에서 제외하며(D1), 이전에 서비스가 이미 수행되고 있었을 때는 관심이 낮아지는 방향으로 이동한다고 판단하여, 일정한 거리 이상 멀어진 후 진행되고 있는 서비스를 종료하게 된다(D2).

마지막으로 정면에서 로봇에 관심을 가지고 접근하는 사람으로 판단된 경우에도 마찬가지로 서비스 진행여부를 판단하여(B4), 서비스가 진행되고 있지 않을 상황이면 계속 추적을 통해 일정거리 이상 접근여부를 판단하고 사용자가 서비스를 받는데 가장 좋다고 판단되는 거리(본 논문에서는 약 70cm) 이내로 접근할 경우 서비스를 개시한다(D3). 서비스가 이전에 진행되고 있는 상황에서 사용자가 접근한다고 판단되는 경우에는 지속적인 서비스를 제공하며, 지속적인 추적을 통해 사용자의 이동을 주시한다(D4).

III. 실험 결과

실험을 위한 공공 안내 로봇은 (주)케이엠씨로보틱스사의 KR-IHR로 음성 서비스를 위한 스피커와 영상 안내 서비스를 지원하는 LCD가 탑재되어 있다. 얼굴에는 CMOS USB 카메라가 내장되어 있다.

사용된 카메라는 1.3M 픽셀의 CMOS 이미지 센서를 가지고 있고, 최대 1280 x 960 픽셀 사이즈의 영상을 캡처할 수 있으며 USB를 통해 공공안내로봇의 컴퓨터와 연결된다.

영상 제어를 위한 모니터링 프로그램은 공개 라이브러리인 OpenCV와 마이크로소프트사의 Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다.

1. 방향성 감지 실험 1: 좌우로 지나가는 사람의 경우

그림 9와 같이, 좌우로 사람이 이동하는 경우, 즉, 정면에서 약 30도 범위 밖에서 사람이 이동하는 경우, 로봇에게 관심을 갖지 않고 지나가는 것으로 검출하여 서비스가 개시되지 않는다. 이렇게 사용자가 로봇에게 관심을 갖지 않고 지나갈 때 로봇은 영상 인식을 제외한 모든 기능을 정지시킴으로써 전력 낭비를 막을 수 있을 뿐만 아니라, 액츄

그림 9. 좌우로 지나가는 경우.

Fig. 9. A case that a user is moving away from the robot.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

그림 10. 사용자가 로봇에 접근했다가 지나가는 경우.

Fig. 10. A case that a user approaches and moves away from the robot.

에이터 등 부품들의 수명을 연장할 수 있다. 또한 지속적인 안내로 인한 사용자의 불만을 제거할 수 있고, 자연스러운 안내 모습을 연출할 수 있다.

그림 10(a)와 같이 사용자가 로봇에 관심을 가지고 접근하여 서비스가 제공되고 있는 도중에 지나가버리는 경우나 그림 10(b)와 같이 잠시 다른 곳을 응시할 경우, 그림 10(c)와 같이 사용자가 서비스를 다시 받을 수 있으므로 로봇은 바로 서비스를 종료하지 않고 그림 10(b)의 우측 상단에 표

KR-IHR

Intelligent Serving Robot

- PC based remote control robot system
- Included visual and audio recognition module, motion control system, etc
- Can learn the system design and control technology for humanoid intelligent robot
- Evasion of obstruction using ultrasound sensor

그림 8. 공공 안내 로봇의 플랫폼.

Fig. 8. A platform of a public guide robot.

시된 것처럼 약 30초를 계수한다. 그림 10(d)와 같이 사용자가 더 이상 서비스를 원치 않는 상황으로 인식되는 경우 종료 카운트를 활성화하여 정해진 시간이 지나면 서비스를 그림 10(e)와 같이 자동 종료하고 대기 모드로 돌아간다.

2. 방향성 감지 실험 2: 정면에서 멀어지는 사람의 경우

그림 11은 사람을 검출 후 멀어지는 경우로 Face Rectangle의 크기 변화를 통해 쉽게 검출할 수 있다.

그림 12는 Face Rectangle의 종료 임계값을 이용하여 서

(a)

(b)

(c)

(d)

그림 11. 검출된 사람이 멀어지는 경우.

Fig. 11. A case that a user detected by the robot is moving backward.

(a)

(b)

(c)

그림 12. 종료 임계값에 따른 서비스 종료 시점 결정.
Fig. 12. Decision of ending the service with a threshold.

비스 종료 시점을 정하는 실험을 수행한 결과이다. 그림 12(a)와 같이 처음 검출된 사람이 일정한 거리 이상 접근하면 그림 12(b)와 같이 서비스가 시작되고 그림 12(c)와 같이 일정 거리 이상 떨어져 개발자 정한 종료 임계값, 즉, Face Rectangle의 크기가 최소값에 이르렀을 때 사용자가 더 이상 서비스 제공을 필요로 하지 않는 것으로 판단하여 서비스를 종료하는 것을 확인할 수 있다.

3. 방향성 감지 실험 3: 정면 또는 측면에서 접근하는 사람의 경우

본 실험은 정면 또는 정면에 준하는 측면, 즉, 가정에서 정한 약 30도 이하의 측면에서 접근하는 사람을 검출하고 서비스를 개시하는 여부를 확인하기 위한 것이다. 그림 13과 같이 정면에서 접근하는 경우, Face Rectangle이 증가하는 것을 보고 쉽게 서비스 개시 시점을 정할 수 있다.

측면에서 접근하는 경우 그림 14(a)에서 보여지는 것처럼, 일정한 거리 이상으로 접근하여 처음 사람이 검출된 후, Face Rectangle의 넓이가 증가하는 방향, 즉 그림 14(b)와 같이 사용자가 로봇을 향해 점차적으로 접근하여 미리

(a)

(b)

그림 13. 정면에서 사용자가 접근하는 경우.

Fig. 13. A case that a user is approaching in front of the robot.

(a)

(b)

(c)

그림 14. 사용자가 측면에서 접근하는 경우.
Fig. 14. A case that a user is approaching from the side.

그림 15. 다수의 사용자가 접근하는 경우.

Fig. 15. A case that a couple of users are approaching.

정해 놓은 최적 안내 시점이 되는 위치까지 사용자가 접근하였을 경우 그림 14(c)와 같이 서비스를 개시하는 것을 실험으로 확인할 수 있다.

4. 방향성 감지 실험 4: 2명 이상이 동시에 로봇에 접근하는 경우

그림 15와 같이 2인 이상의 사용자가 로봇에 동시에 접근하는 경우 다수의 사용자 모두의 정보를 처리하는 것은 많은 시간을 소요하며 매우 비효율적이다.

본 논문에서는 영상내의 모든 사용자에 대해서 기본적인 얼굴 검출은 수행되되 가장 앞쪽에서 접근하는 사용자, 즉 Face Rectangle의 크기가 가장 큰 사용자를 우선적으로 추적하고 이동 정보를 처리하도록 한다. 그림 15(a)와 같이 두 명의 사용자가 동시에 접근할 경우 Face Rectangle의 크기가 큰 사용자를 우선적으로 추적하며, 그림 15(b)와 (c)에서처럼, 이후 사용자가 접근을 통해 얼굴 영역의 크기가 증가되는 사람을 추적하여 안내를 수행하는 것을 확인할 수 있다.

5. 실험 결과 분석

안내를 받기 원하는 사용자는 대부분 공공안내로봇을 바라보고 접근한다는 가정에 의해 이상의 실험들이 진행되었으며, 실험을 통해 카메라의 시야내에 접근하는 사람은 대부분 정면으로 검출되는 것을 확인하였다. 또한 정면에서 접근하여 정해진 최적 시점까지 접근할 때 98% 이상의 서비스 개시율을 얻었다.

표 1은 1인당 30회의 반복 실험을 통해 정면에서 접근하는 사용자의 서비스 개시율을 나타낸 것이다. 32세의 젊은 피부 남성과 23세의 보통 남성의 경우 머리가 짧고 얼굴 형태가 뚜렷하여 비교적 높은 서비스 개시율을 보였다. 여성의 경우 머리카락이 길고 화장 등에 의해 5 프레임 영상을 캡처하는 중 한 두 프레임의 영상에서 얼굴 영역을 확

표 1. 접근하는 사용자의 서비스 개시율.

Table 1. Percentage of service provision for users approaching the robot.

피실험자	32세 남성	31세 여성	23세 남성
서비스 개시율	98%	96%	100%

보하지 못해 다른 사용자들에 비해 다소 낮은 개시율을 보였지만, 결과적으로 96% 이상의 높은 서비스 개시율을 보이는 것을 실험을 통해 확인하였다.

VI. 결론 및 추후 과제

공공 안내 로봇의 서비스 제공을 사람 검출을 통해 사용자의 방향과 접근성을 확인하여 최적의 서비스 시점을 찾아 꼭 필요한 사용자에게만 안내 서비스를 제공할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 사용자가 관심을 가지고 접근할 때에만 안내 서비스를 개시하고 이에 맞는 행동을 하도록 하여, 전력 손실을 최소화하고 요소 부품의 수명을 연장할 수 있으며, 서비스를 제공받을 사용자를 스스로 판단함으로써 공공 안내 로봇의 지능 수준을 높여 안내서비스가 불필요한 사용자들에게 강제로 제공되어 불편을 초래하던 종래의 공공 안내 로봇을 개선하였다. 또한 사용자로 하여금 거부감 없이 자연스러운 서비스 요청을 가능하게 하였다.

본 논문에서 적용한 사람 검출을 구현하기 위해 기존의 영상 인식을 통한 사람 검출 방법들 중 적용 가능한 검출 방법을 순차적으로 모니터 프로그래밍 실험을 통해서 직접 검토하였으며, 이렇게 구현된 사람 검출 방법을 확장하여, Face Rectangle을 제안하고 중심좌표와 영역을 이루는 포인트, 사각형의 넓이 정보를 이용하여 방향성 및 접근성을 판단하였다. 사람 검출을 기반으로 생성한 방향성 및 접근성 정보는 지나가는 사람, 관심을 가지고 접근하는 사람, 멀어지는 사람 등 사람이 보일 수 있는 여러 행동 패턴에 대한 예측 및 판단을 가능하게 해주었고, 단계별 실험을 통해 판단의 신뢰성을 확인하였다. 이는 꼭 공공 안내 로봇의 안내 서비스를 제공하기 위한 사용자의 방향성 판단에만 국한되어 적용되지 않고 사용자의 방향 및 접근성 정보를 필요로 하는 능동형 CCTV나 홈 네트워크 시스템, 자동도어 시스템 등 다양한 장치나 제품에 적용이 가능하다는 점에서 큰 가치가 있다. 그러나 단순히 사람을 검출하는 면에 있어서는 스테레오 카메라를 사용하거나, Adaboost 알고리즘 등을 적용한 특징점 추출 방법[8,9]에 비해 오차 발생률이 높았다. 또한 서비스 최적 시점과 종료 시점에 대한 인간-로봇 상호작용 측면에서 좀 더 깊이 있는 연구가 필요하겠다. 또한 얼굴 인식을 통한 서비스 제공 여부를 판단하는 방법을 좀 더 발전시켜 인간의 손과 발의 동작을 인식하는 방법[10] 등을 인식하여 서비스를 개시하는 부분에 대한 연구가 필요하겠다.

참고문헌

- [1] N. Hirai and H. Mizoguchi, "Visual tracking of human back and shoulder for person-following robot," *Proc. of*

- 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, vol. 1, pp. 527-532, 2003.
- [2] M. Kleinhagenbrock, S. Lang, J. Fritsch, F. Lomker, G. A. Fink, and G. Sagerer, "Person tracking with a mobile robot based on multi-modal anchoring," *Proc. of 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 423-429, 2002.
- [3] C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland, "Pfinder: real-time tracking of the human body," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 7, pp. 780-785, 1997.
- [4] M. Tarokh, "Robotic person following using fuzzy control and image segmentation," *Journal of Robotic Systems*, vol. 20, no. 9, pp. 557-568, 2003.
- [5] S. Smith and J. Brady, "Asset-2: real-time motion segmentation and shape tracking," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 17, no. 8, pp. 814-820, 1995.
- [6] S. Feyrer and A. Zell, "Detection, tracking, and pursuit of humans with an autonomous mobile robot," *Proc. of 1999 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 864-869, 1999.
- [7] 정성환, 이문호, "OpenCV를 이용한 컴퓨터 비전 실무 프로그래밍," 홍릉과학출판사, 2007.
- [8] 김도형, 정성욱, 김도윤, 정명진 "로봇과 인간의 상호 작용을 위한 얼굴 표정 인식 및 얼굴 표정 생성 기법," 제어 · 자동화 · 시스템공학회 논문지, 제12권 제3호, pp. 255-263, 2006.

- [9] 정성욱, 김도형, 안광호, 정명진 "실시간 얼굴 표정 인식을 위한 새로운 사각 특징 형태 선택기법," 제어 · 자동화 · 시스템공학회 논문지, 제12권 제2호, pp. 130-137, 2006.
- [10] 김성은, 조강현, 전희성, 최원호, 박경섭 "인간의 행동 인식을 위한 얼굴 방향과 손 동작 해석," 제어 · 자동화 · 시스템공학회 논문지, 제7권 제4호, pp. 309-318, 2001.

도 태 용

1992년 경북대학교 전자공학과 졸업. 1994년, 1999년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 및 박사. 1997년~2001년 삼성전자 책임연구원. 2002년~현재 국립한밭대학교 제어계측공학과 부교수. 관심분야는 반복 학습 제어, 반복 제어, 강인제어, DSP 기반 임베디드 제어 시스템, 지능형 서비스 로봇.

백 정 현

2009년 한밭대학교 제어계측공학과 석사. 2006년~2007년 대덕대학 학교기업 D2E 로보틱스 연구원. 2008년~현재 (주)케이엠씨로보틱스 기업부설 연구소 연구원. 관심분야는 디지털 제어, 지능 로봇.