

主題

로봇환경에서의 사용자 인식 기술

한국전자통신연구원 지능형로봇연구단 이재연, 조영조

차례

1. 서론
2. 로봇용 사용자 인식기술
3. Semi-Biometrics
4. User Tracking
5. 로봇 사용자 인식 시스템
6. 한 개의 카메라를 이용한 키의 측정
7. 결론

I. 서론

사용자 인식이란 말 그대로 사용자가 누구인지를 시스템이 알아보게 하는 기술을 총칭한다. 우리가 컴퓨터에 로그인할 때 ID와 Password를 입력함으로써 그 컴퓨터를 사용할 수 있는 권한을 획득하거나 (기억내용에 의한 사용자 인식), 집에 들어갈 때 열쇠로 문을 열고 들어가거나 (소유물에 의한 사용자 인식), 아니면 최근에 짐차 그 사용범위를 넓혀가고 있는 지문, 얼굴, 홍채 등의 특징을 이용한 본인확인 (생체인식 기술에 의한 사용자 인식) 등이 모두 사용자 인식이다[1,2].

보다 안전하고, 동시에 보다 편리한 사용자 인식기술을 개발하기 위하여 지금까지도 많은 연구가 이루어져 왔다. 특히 요즘과 같이 해킹이나

바이러스 등의 문제가 심각한 상황에서는 보안의 가장 첫번째 단계로서의 신뢰할 수 있는 사용자 인식에 관한 필요성은 두 말할 필요가 없겠지만, 개인의 기호나 습관에 최적화 된 맞춤형 서비스와 같은 고품질 서비스의 제공을 위해서도 사용자 인식은 중요한 전제조건이 된다.

로봇에 있어서도 사용자 인식은 가장 기본적인 구성요소의 하나라 할 수 있다. 요컨대 로봇이 적어도 주인은 알아 봐야 하지 않겠느냐는 것인데, 특히 지정된 장소에서 지정된 작업을 반복하는 산업용 로봇과 달리 가정환경에서 사용자와 함께 생활하면서 다양한 서비스를 제공하는 것을 목적으로 하는 지능형 서비스 로봇에서 사용자 인식기능은 필수적이다. 한 예로 흔히 유망한 로봇 서비스로 거론되곤 하는 e-mail 배달 서비스를 생각해 보자. 이 서비스 시나리오에 의하면,

중요한 e-mail이 오면 로봇이 스스로 움직여 사용자를 찾아가 메시지가 왔다는 것을 알려주는 것으로 되어있다. 그러기 위해서는 당연히 로봇은 그 사람이 어디 있는 지 찾아갈 수 있어야 하고, 그 사람을 인식할 수 있어야 한다. 사용자가 TV를 틀어 달라는 명령을 내렸을 때도 마찬가지이다. 로봇은 그 명령을 내린 사람을 인식해서, 명령자가 아버지라면 아버지가 평소에 잘 보던 뉴스나 스포츠 채널을 우선 틀고, 아이가 명령을 내렸다면 만화 채널을 틀어주는 식의 차별화 된 서비스를 제공해 줄 수 있을 것이다.

그렇다면 과연 로봇에서의 사용자 인식도 보안을 일차적인 목적으로 개발되어 온 기존의 사용자 인식기술의 연장선 상에서 파악할 수 있을 것인가. 만약 그렇지 않다면 로봇에서의 사용자 인식기술은 기존의 기술과 어떻게 다른가, 혹은 달라야 하는가. 이러한 사항들을 가정을 주 대상으로 하는 지능형 서비스 로봇의 관점에서 논의해 보고자 하는 것이 이 글의 첫번째 목적이다. 이와 더불어 구체적인 사례로 현재 한국전자통신연구원 지능형로봇연구단에서 개발하고 있는 로봇용 사용자 인식시스템에 대한 개괄적인 소개를 통하여 향후 지능형 서비스 로봇에 구현될 사용자 인식기능에 대하여 고찰해 보고자 한다.

2. 로봇용 사용자 인식기술

최근 개봉되었던 해리포터시리즈 영화에 보면 Marauder's Map이라고 하는 요술지도가 나온다. 학교 안에서 움직이고 있는 사람들의 위치가 지도상에 표시되도록 되어 있어, 이 지도를 보면 누가 어디에 있고, 어디로 움직이고 있는지를 일목요연하게 알아볼 수 있는 편리한 물건이다. 로봇에 있어서의 사용자 인식기술은 궁극적으로는 이런 요술지도와 같은 기능을 로봇 상에 구현하

는 것이라고 필자는 생각한다.

구체적으로 로봇용 사용자 인식기술의 요구사항을 도출하기 위하여, 기존의 사용자 인식기술과의 차이점을 다음의 세가지 측면에서 논의해 보고자 한다.

첫째로 기존의 사용자 인식이 일회적인데 반하여, 로봇에서의 사용자인식은 연속적이라는 점이다. 즉, 기존의 사용자 인식에서는 일단 사용자가 인증되고 나면 인증 프로세스는 더 이상 관여하지 않고 종료된다. 컴퓨터를 사용할 경우, 일단 로그인이 되고 나면 사용자는 더 이상의 확인과정 없이 컴퓨터를 자유롭게 쓸 수 있는 것과 마찬가지로이다. 그러나 로봇 환경에서는 로봇과 상호작용을 하는 사용자가 연속적으로 바뀔 수 있다. 방금 전 아버지가 시킨 일을 수행하던 로봇이 다음 순간 어머니에게 서비스를 제공해야 할 상황이 발생할 수 있고, 그 사이에는 로그아웃이나 로그인과 같은 명시적인 단계가 존재하지 않는다. 심지어는 로봇이 인지해야 할 사용자가 동시에 두 사람 이상이 될 경우도 있을 수 있다.

두 번째 차이점은 기존의 사용자 인식이 엄격하게 규제된 환경과 사용자의 적극적인 협조를 가정할 수 있는 반면, 로봇에서는 자유롭게 움직이는 사용자를 대상으로 해야 한다는 점이다.

기존의 사용자 인식은 주로 보안이라는 관점에서 다루어져 왔고, 따라서 인증에 실패할 경우, 불편한 것은 결국 사용자 자신이므로 협조적일 수 밖에 없었을 것이다. 그러나 로봇에서와 같이 사용자를 계속적으로 인지해야 하는 상황에서 사용자가 끊임없이 로봇을 의식하고, 로봇이 자기를 잘 알아 볼 수 있도록 협조한다는 가정은 비현실적이다. 이와 같은 로봇과 사용자 간의 상호작용 환경은 범죄현장에서 범죄자가 적극적으로 신원을 숨기려 하는 반대쪽 극단의 상황과도 구별된다[3]. 즉 로봇환경에서 사용자는 로봇으로부터 굳이 숨지도 않지만, 그렇다고 로봇이 자신

을 잘 인식하도록 적극적으로 협조하지도 않는다고 보는 것이 타당할 것이다. 따라서 로봇은 사용자에 관한 풍부한 정보를 얻을 수 있기는 하나, 다만 그 정보들은 로봇이 그 사용자를 인식하기에 적합한 형태와 내용을 담고 있으리라고 보장할 수는 없는 것이다.

마지막으로 기존의 사용자 인식은 일정한 위치에 설치되어 있는 컴퓨터나 출입문을 사용자가 찾아가는 형태로 이루어 지게 되지만, 로봇 환경에서는 로봇과 인식대상이 되는 사람이 모두 움직이고 있는 상황이라는 차이점을 가지고 있다. 이러한 환경에서는 로봇은 단지 그 사람이 누구인지를 인식하기만 하면 되는 것이 아니라, 그 사람은 어디에 있는가, 혹은 그 사람을 찾으려면 어느쪽으로 가야 하는가와 같은 질문에도 응답할 수 있어야 한다. 결국 로봇은 사용자의 Identity와 Location에 대한 정보를 관리하는 해리포터의 요술지도와 같은 기능을 갖출 수 있어야 하는 것이다.

이상에서 보인 바와 같이 로봇 환경에서의 사용자 인식은 보안의 관점에서 주로 연구되어 온 기존의 사용자 인식과는 요구사항 자체가 전혀 다르다는 점에서 새로이 설계되어야 할 것으로 생각된다.

기존의 사용자 인식 기술 중, 패스워드 혹은 카드와 같이 기억내용이나 소유물에 의존하는 사용자 인식 기술은 로봇 환경에서는 사용이 곤란하다. 일단 불편할 뿐 아니라 위에서 기술한 바와 같이 계속적으로 사용자가 바뀌어 가는 상황에서 그때마다 이러한 입력을 받는다는 것은 무리이기 때문이다.

이와는 별도로 최근에는 RFID나 Active Bat 같은 방식을 이용하여 사람의 위치를 파악하는 기술도 제안되고 있다[4-6]. 이러한 시스템에서는 각 개인이 자신의 개인식별 정보가 담긴 Tag이나 Badge를 달고 있고, 환경에 Embed된

Reader가 그 정보를 읽음으로써 신원을 파악하는 방식을 택하고 있다. 그러면 로봇은 지능화된 환경으로부터 사용자에 대한 정보를 자연스럽게 획득할 수 있게 된다. 이러한 기술이 효율적으로 활용된다면, 앞서 언급한 해리포터의 요술지도와 유사한 기능을 구현할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 아직 이러한 기술들은 충분히 성숙된 단계라 보기 힘들고, 종류에 따라서는 사람이 있는 범위만 알 수 있을 뿐, 정확한 위치를 파악하기 곤란한 경우도 많다. 그리고 무엇보다도 이러한 방법을 적용하기 위해서는 인프라가 우선적으로 구축되지 않으면 안 된다는 점도 부담요인이다.

이러한 점을 고려할 때 로봇에서의 사용자 인식을 위한 기술로 가장 유망한 것은 사용자의 신체적인 특징을 이용하는 생체인식 방법이라고 볼 수 있다. 실제로 기존의 로봇 사용자 인식 시스템 중에는 얼굴인식기술을 이용하는 경우가 주를 이루고 있다. 여러가지 생체특징 중에서도 얼굴은 사용자와의 직접적인 접촉을 필요로 하지 않는 대표적인 non-intrusive한 특징이며, 비교적 먼 거리에서도 인식이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

그러나 이미 널리 알려진 바와 같이 얼굴인식은 조명 및 자세의 변화에 취약하다는 약점을 가지고 있다. 즉 로봇이 얼굴인식기술을 이용하여 사용자 인식을 수행하기 위해서는 사용자의 정면 얼굴이 로봇의 눈(카메라)에 정확하게 잡혀야 할 뿐 아니라, 그때의 조명상황도 등록시와 유사하도록 조절될 수 있어야 한다는 뜻이다. 이는 로봇과 사용자가 각기 자유롭게 움직이고 있는 상황에서는 매우 까다로운 조건으로 사용자의 협조를 강제하지 않는 한은 만족시키기 어려운 조건이다.

이에 필자 등이 개발하고 있는 로봇용 사용자 인식 시스템에서는 얼굴인식이 적용 가능한 상황

에서는 얼굴인식 기술을 적용하되, 그것만으로 로봇환경에서 요구되는 사용자 인식기능을 구현할 수 없다는 인식하에, 사용자와 관련된 다른 종류의 신체적인 특징들 (이와 같은 특징을 Semi-Biometrics라 부르기로 한다)을 적극적으로 활용한다. 또한 단발적인 인식에 그치지 않고 인식된 사용자를 추적/관리 하는 기능을 추가함으로써 앞서 언급한 요구조건을 충족시킬 수 있는 새로운 형태의 사용자 인식시스템 개발을 진행하고 있다. 여기서는 현재 진행 중인 연구내용의 소개를 통하여 향후 지능형 로봇이 갖추어야 할 사용자 인식 시스템에 대해 고찰 해 보기로 한다.

3. Semi-Biometrics

Biometrics, 혹은 생체인식이란 지문, 얼굴, 홍채, 목소리, 서명과 같은 인간의 신체적/행동적 특징에 기반하여 개인의 Identity를 인식하는 방법을 말한다[7]. 따라서 Biometric Feature가 될 수 있기 위해서는 당연히 만인부동(萬人不同), 평생불변(平生不變)이라는 조건을 만족하는 것을 전제로 한다. 지문과 같은 특징이 그 대표적인 경우로, 심지어는 손가락 끝에 커다란 상처를 입은 경우에도 상처가 아물면서 되살아 나는 지문은 본래의 형태를 유지하는 것으로 알려져 있다.

그러나 이와 같은 사용자의 신체특징을 안정적으로 획득하는 것은 그리 단순하지 않다. 특히 로봇환경에서 로봇이 사용자를 인식할 필요가 있을 때 마다 지문을 찍으라고 하는 것은 비현실적이다. 심지어는 로봇에서 많이 이용되고 있는 얼굴과 같은 경우도 이미 언급한 바와 같이 인식에 적절한 얼굴영상을 획득할 수 있는 기회란 그리 많지 않다. 옆 모습이나 심지어는 뒷모습 밖에 보이지 않는 경우도 적지 않을 것이며, 너무 멀

리 떨어져 있어 얼굴영상이 인식에 적당한 크기로 잡히지 않는 경우도 흔히 있을 것이다. 이와 같은 상황을 극복하기 위해서는 보다 다양한 상황에서 인식이 가능한 다양한 특징들을 사용자 인식 프레임워크 속에 포함시켜야 할 필요가 있다.

Biometrics는 그 전제로 만인부동, 평생불변을 필요로 하지만, 현실적인 관점에서 보면, 지구상의 모든 인류와 구별될 수 있고, 평생에 걸쳐 전혀 변화되지 않는 정말로 유니버설한 특징이 굳이 필요할 것인가는 의문의 여지가 있다. 이 글에서 제안하는 Semi-Biometrics란 Biometrics와 마찬가지로 사용자의 Identity와 연관지을 수 있는 특징을 말하지만, 다만 정상적인 Biometric Feature의 엄밀한 조건과는 달리 특정한 사용자 그룹 내에서만 부동(不同)하며, 관심의 대상이 되는 일정한 시간 내에서만 불변(不變)한 특징을 말한다.

예를 들어 사람의 키는 전혀 유니크한 특징이라 볼 수 없다. 측정정밀도에 따라 정도의 차이는 있겠지만, 키가 동일한 사람은 수도 없이 많을 것이다. 어린이들이라면 시간이 지남에 따라 당연히 키가 클 테니 불변한 특징량이라 볼 수도 없다. 성인이라 해도 아침에 켜 키와 저녁때 켜 키 사이에 차이가 있다는 것은 잘 알려진 사실이다. 따라서 키는 일반적인 의미에서의 Biometric Feature가 될 수 없는 것이다.

그러나 가정이란 한정된 상황을 가정하면 상황은 전혀 달라진다. 성인인 아버지와 초등학교 다니는 딸 사이라면 적어도 20cm 이상의 키 차이가 나는 것이 보통일 것이다. 남편과 아내 사이에도 10cm 정도의 키 차이는 그리 드물지 않다. 그렇다면 가족의 구성원 만을 모집단으로 한다면 키 만을 보고도 충분히 구별이 가능하지 않겠는가 하는 것이다.

Semi-Biometrics의 다른 예로 옷색깔을 들 수 있다. 물론 옷을 갈아입기 때문에 사용자가 입고

있는 옷 색깔은 당연히 불변한 특징이 아니다. 그러나 옷을 그렇게 수시로 갈아 입는 것은 아니니, 짧은 시간 내에는 그 특징이 쉽게 변하지 않으리라는 것 또한 사실인 것이다. 예를 들어 로봇이 한시간 전에 얼굴인식에 의하여 아버지를 인식했는데, 그때 아버지가 파란 옷을 입고 있었다고 가정하자. 그런데 그 한시간 후에 오른쪽에 파란 옷을 입은 사람이 움직이고 있다면 로봇은 상당히 높은 확신도로 그 사용자가 아버지일 것이라는 가정을 세울 수 있게 되는 것이다.

이러한 Semi-Biometrics는 그 특성상 대상이 되는 사용자 그룹에 의존적일 수 밖에 없다. 예를 들어 어떤 가족에서는 아버지와 아들의 키가 거의 같은 경우도 있을 수 있을 것이다. 이런 경우 물론 키로는 아버지와 아들을 구별할 수 없고, 다른 특징을 찾아 구별하는 수 밖에 없다. 또 다른 예로 머리색깔을 생각해 보자. 다른 식구들은 모두 검은색이지만, 중학생인 딸 만은 노란색으로 염색을 했다면, 머리색깔이란 특징은 다른 식구들을 구별하는 데는 아무런 의미가 없지만, 염색한 그 딸인지 여부를 판정하는 데는 매우 유용한 특징이 될 수 있다. 이와 같이 Semi-Biometrics는 사용자 그룹의 특성에 따라 Adaptive하게 적용될 수 있어야 한다.

Biometric Feature에 비하여 제한조건이 현저히 완화된 만큼 Semi-Biometric Feature로 분류될 수 있는 특징은 매우 다양하다. 키, 옷 색깔, 머리 모양은 물론 몸무게, 체형 등이 모두 Semi-Biometric Feature가 될 수 있다. 로봇 환경에서 이러한 특징들을 필요로 하는 이유는 이들을 측정할 수 있는 환경이 매우 다양하다는 점 때문이다. 키를 재기 위해서는 뒷모습이라도 상관없이, 전신이 시야에 들어와야 하고, 옷 색깔이란 특징은 적어도 상체가 보일 때 사용이 가능하다. 머리색깔은 머리부분이 카메라에 잡힌 상황에서 비로소 적용이 가능하다. 하지만, 이러

한 여러가지 조건을 결합하면, 로봇이 사용자와 접하는 다양한 상황에서 그 사용자를 인식할 수 있는 가능성을 향상시킬 수 있게 되는 것이다.

4. User Tracking

기존의 사용자인식은 일반적으로 short-term memory를 가지지 않는다. 방금 전에 그 사람을 인식했다 해도, 인식모듈은 그 결과를 기억하고 있지 않으며, 명령을 받으면 다시 인식을 위한 전체 프로세스를 반복하게 된다. 예를 들어, 얼굴인식 모듈이 한 사람을 성공적으로 인식한 후, 다음 순간에 사용자가 돌아서면, 얼굴인식 모듈은 이번에는 얼굴이 보이지 않으므로 당연히 인식에 실패하게 된다. 이것은 명백히 비효율적인 결론이다. 방금 전에 그 사람을 인식했다면 그 사람이 고개를 돌렸더라도 여전히 동일한 사람이라고 판정을 내리는 것이 상식적인 수준에서 보았을 때 당연하기 때문이다.

사람이라면 당연히 가지고 있는 이러한 능력을 로봇이 가지게 하기 위해 도입되는 것이 Tracking의 개념이다. 즉 단지 인식을 하는 단계에서 끝나는 것이 아니라, 그 인식결과를 기억하고, 이어지는 영상에서 그 사람을 연속적으로 추적함으로써 로봇은 사용자에 대한 보다 풍부한 정보를 얻을 수 있으며, 동시에 로봇이 관리하는 사용자에 관한 정보도 갱신할 수 있게 되는 것이다.

Tracking은 특히 Semi-Biometric Feature 들을 고려할 경우 중요한 의미를 가진다. 앞서도 언급한 바와 같이 각 Semi-Biometric Feature를 추출할 수 있는 조건은 서로 다르다. 예를 들어 얼굴에 대한 Close Up 영상을 통하여 사용자의 얼굴을 인식한 경우, 이 영상을 통해서 그 사용자가 어떤 옷을 입고 있었는가 하는 정보는 얻

을 수 없다. 그러나, Tracking이 계속되고 있는 상황에서 이 사람이 멀어져서 전신 혹은 상반신의 영상이 얻어지면 그 사용자의 옷에 관한 정보도 갱신할 수 있게 되는 것이다.

또한 Tracking을 통하여 로봇은 사용자의 Location에 관한 정보를 연속적으로 갱신할 수 있다. 물론 로봇이 계속적으로 사용자를 Track할 수는 없지만, 적어도 Tracking을 통하여 얻어진 근사적인 Location 정보는 나중에 로봇이 그 사용자를 찾아야 할 상황이 발생했을 때 도움이 될 수 있다.

5. 로봇 사용자 인식 시스템

이 장에서는 현재 ETRI의 지능형 로봇연구단에서 개발하고 있는 로봇용 사용자 인식 시스템에 대한 기술을 통하여 향후 로봇이 갖추어야 할 사용자 인식 시스템의 구성 및 조건 등에 관하여 고찰해 보기로 한다.

그림 1에 로봇의 사용자 인식 시스템의 구성도를 보였다. 그림에서 보는 바와 같이 이 구성도는 observation이 주어지면 그에 대해 결과를 출력하는 일반적인 feed forward type이 아니라

closed loop을 형성하고 있다. 이 closed loop은 얻어진 정보가 피드백 됨으로써 사용자 인식시스템의 사용자들에 대한 지식을 지속적으로 갱신시켜 간다는 점을 보여주고 있다.

그림의 User Model Manager가 인식결과 및 획득된 정보를 저장하고 관리하는 역할을 수행한다. 표 1에 보인 바와 같이 User Model Manager가 관리하는 정보에는 Long-term Knowledge와 Short-term knowledge가 있는데, 이들 중 Long-term knowledge는 명시적인 등록 과정에 의하여 기록되게 되며, Short-term Knowledge는 자동적인 정보수집 프로세스에 의하여 Update된다.

시스템 동작 중에는 observation(현재의 시스템에서는 카메라에서 획득된 영상)이 recognition module과 user tracker로 전달된다. 사용자 인식 시스템은 앞서 언급된 바와 같이 복수의 인식기를 가지고 있어서 각 인식기는 주어진 observation이 자기가 decision을 내리는 데 유용한 정보인가를 판단한다. 예를 들어 두 눈이 정상적으로 검출되는 상황이라면 얼굴인식 process가 기동되어 인식결과를 Recognition Integrator로 전달한다. 두 눈의 검출이 불가능한 경우에는 Face Recognizer는 주어진 observation을 무시하

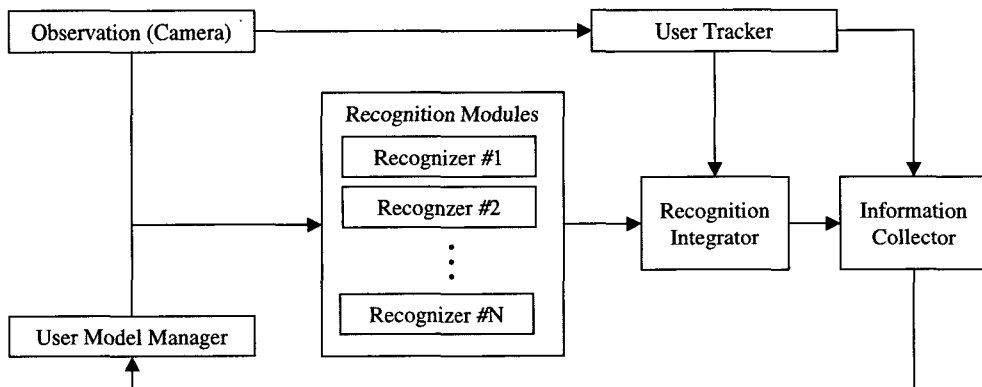


Fig. 1. Configuration of the Proposed Robot Authentication System

고, NULL result를 발생시킨다. 인식이 가능한 상황에서도 각각의 인식기는 그 사용자가 누구라는 최종적인 결론을 출력하는 것이 아니라, 다음 식에 보인 바와 같이 그룹 내의 각 사용자에 대한 확률 리스트를 제공함으로써 다른 인식기의 결과와 통합하는 과정을 거치게 된다.

$$R_k = \{p_{1,k}, p_{2,k}, \dots, p_{N,k}\} \quad (1)$$

여기서 R_k 는 k 번째 인식기의 인식결과,
 $p_{i,k}$ 는 관측데이터가 i 번째 사용자일 확률,
 N 은 등록된 사용자의 수이며, 위의 확률값은

$$\sum_{i=1}^N p_{i,k} = 1 \text{ 이 되도록 정규화 되어 있다.}$$

이들 인식결과는 각각의 인식기가 제공하는 각 사용자에 대한 확률정보와 곱해진 후, 다시 전체 확률의 합이 1이 되도록 정규화 된다.

$$R_R = \{p_{1,R}, p_{2,R}, \dots, p_{N,R}\} \quad (2)$$

여기서 R_R 은 통합된 인식결과이며,
 $p_{i,R}$ 은 $p_{i,r} = \prod_{j=1}^k p_{i,j}$ 와 같이 각 인식기의 대응확률의 곱이다.

이와 같은 인식결과와 더불어, Recognition Integrator는 User Tracker로부터도 정보를 제공 받게 된다. 시스템이 Tracking Mode에 있는 경우, User Tracker는 주어진 Observation에서도 Tracking이 여전히 유효한지 (즉, 앞서 추적하던 Object를 놓치지 않았는지)를 검사한 후, 이전 Loop에서 얻어진 사용자에 관한 확률 정보(식 2)를 통합함으로써 사용자에 대한 확신도를 강화시키게 된다.

이와 같이 인식결과가 얻어지고 나면, Information Collector가 기동되어 주어진

Observation으로부터 얻을 수 있는 새로운 정보를 수집하여 User Model Manager의 Knowledge를 Update 시키게 된다.

현재 구현되어 있는 시스템에는 얼굴인식기, 키 인식기, 옷색깔 인식기의 세가지 인식기가 구현되어 있다. 이 중 얼굴인식기 및 옷색깔 인식기는 기존의 얼굴인식 기술[8] 및 컬러 텍스처 인식기술[9]을 이용, 구현할 수 있으므로, 이 중 새로운 시도라 할 수 있는 키에 의한 사용자 인식 부분, 즉, 영상정보를 이용하여 어떻게 키를 측정할 것인가 하는 부분에 대하여 다음 장에서 상세히 기술하고자 한다.

6. 한 개의 카메라를 이용한 키의 측정

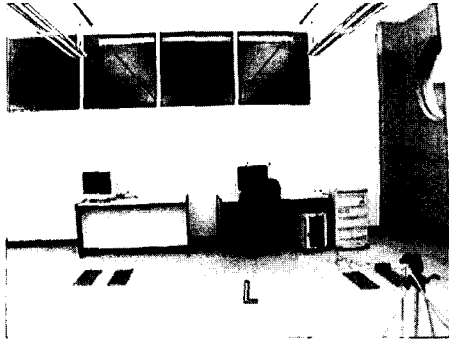
6.1 사람형태의 추출

일반적인 경우 가족들 간의 키 차이가 크다는 점에서 키는 가정상황에서 매우 유용한 Semi-Biometric Feature라 볼 수 있다. 그러나 영상정보로부터 키를 측정할 수 있는 구체적인 방법에 관해서는 필자 등이 아는 아직까지 보고된 바가 없다. 여기서는 거리정보 없이 키를 측정할 수 있는 방법에 대하여 소개한다.

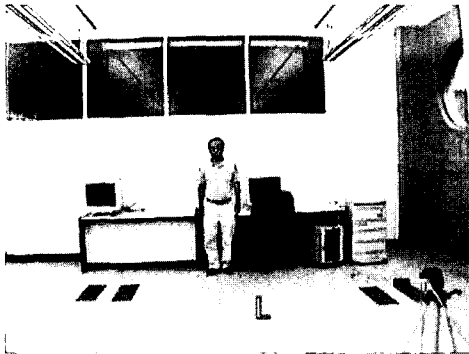
영상 내에서의 키는 Scale에 의존적인 특징이다. 사람이 카메라에 가까워지면 당연히 사람이 커지고, 반대로 멀어지면 작아진다. 따라서 이러한 거리에 따른 차이를 보정하기 위해서는 카메라에서 사람까지의 거리에 관한 정보가 필요하다.

레이저 스캐너와 같은 거리센서나 Depth Map 등에 의하여 거리정보를 얻을 수 있는 경우, 문제는 비교적 단순하다. 그러나 레이저 스캐너 등은 매우 고가이며 저가의 로봇에는 카메라도 하나 밖에 없어 Depth Map을 구할 수 없는 경우도 많다. 카메라가 2개 있는 경우에도 Depth

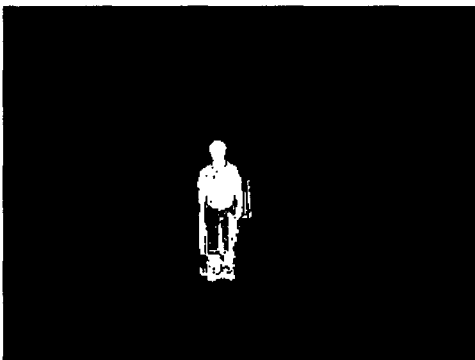
Map을 구하기 위한 Stereo Matching은 계산량이 많아 가능하다면 피하는 것이 바람직하다.



(a) Background Image



(b) A person appeared in the Frame



(c) Binarized Subtraction Image

Fig. 2. Extraction of Body Figure

영상정보로부터 키를 측정하기 위한 첫번째 단계는 당연히 사람의 형태를 분리해 내는 Segmentation이다. 여기서는 그림 2에 보인 바와 같이 비교적 단순한 Background Subtraction Method를 적용하였다. 사람이 없는 상태에서 배경영상을 획득한 후, 연속되는 영상을 여기서 뺀으로써 변화된 영역을 추출하는 것이다[10].

물론 이러한 방법이 언제나 적용 가능한 것은 아니다. 예컨대 로봇이 조금 움직이기만 해도 배경영상에 전면적인 변화가 생길 뿐 아니라, 조명의 변화, 커튼 등의 움직임에도 쉽게 영향을 받는다. 이러한 문제를 풀기 위해서는 최근 많은 연구가 이루어 지고 있으며 [11], 필자의 연구팀에서도 카메라가 움직이는 상황에서 사람의 형태를 분할해 내는 방법에 관한 연구를 적극적으로 수행하고 있다. 그러나 이 문제는 이 글과는 별도로 다루어 져야 할 커다란 이슈로 여기서는 위에 언급한 단순한 방식에 의하여 사람의 형태를 분할할 수 있는 경우에 대해서만 다루기로 한다.

6.2. 키의 측정

거리정보 없이 키의 측정을 가능케 하기 위한 전제로 다음의 두가지 가정을 하기로 한다.

가정 1: 카메라가 바닥면과 수평하다

가정 2: 사람의 전신이 View 안에 있다.

위의 가정 하에서 그림 3은 획득된 영상에서 키를 측정하는 방법을 설명하고 있다. 첫번째 가정에 의하여 영상의 수직방향의 중간선상에 나타나는 모든 점들은 카메라의 높이 h 와 동일하다. 그림에서 P_1 은 수직방향의 중간선에서 머리 끝까지의 pixel 단위의 거리이고, P_2 는 발끝까지의 거리이다.

그림에서 보면 영상에서의 pixel 단위의 거리 P_2 는 실세계에서는 카메라의 높이인 h 와 동일하

게 되므로, 측정하고자 하는 대상의 키 H 는 다음의 식에 의하여 구할 수 있다.

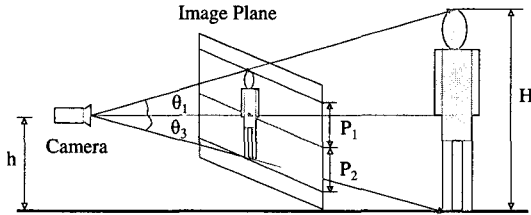


Fig. 3. Measuring Body Heights without Range Information

$$H = \frac{P_1 + P_2}{P_2} \circ h \tag{6}$$

이 식에서는 그림 3의 θ_1 과 θ_3 를 사용하지 않으므로, 이 경우에는 카메라의 파라미터를 모르고도 키를 측정할 수 있다. 그러나 카메라의 파라미터를 알고 있는 경우라면 위의 첫번째 가정, 즉 카메라가 바닥면과 수평하다는 가정이 없이도 키를 측정할 수 있다.

그림 4는 카메라가 θ_2 만큼 틸트 되어 있는 경우를 보여주고 있다. 이 경우, pin hole camera 모델을 가정한다면, 영상에서 검출된 머리끝과 발끝의 y 좌표로부터 θ_1 과 $(\theta_2 + \theta_3)$ 를 구할 수 있다. 또한 θ_2 는 틸트각이므로 로봇에 의하여 제어되는 값이므로, 미리 알 수 있는 값이다. 여기서 θ_3 의 값을 구하면 카메라에서 사람까지의 거리 d 를 다음 식으로 구할 수 있게 된다.

$$d = \frac{h}{\tan(\theta_3)} \tag{7}$$

일단 거리를 구하고 나면, 사람의 키 H 는 다음 두개의 식 중 하나를 이용하여 간단히 구할 수 있게 된다.

$$H = h + d \circ \tan(\theta_1 + \theta_2) \tag{8}$$

$$H = d \circ \tan(\theta_1 + \theta_2) + d \circ \tan(\theta_3) \tag{9}$$

6.3. 키 측정의 정확도

이미 언급된 바와 같이 키는 특정한 그룹의 사용자 내에서만 서로를 구별할 수 있는 Semi-Biometric Feature이다. 따라서 이 특징이 사람을 구별하는 데 있어 얼마나 유용할 것인가는 당연히 대상이 되는 그룹의 성격에 크게 의존하게 된다. 만일 대상이 되는 그룹이 우연히도 비슷한 키의 사람들로 구성되어 있다면 키는 사용자를 구별하는 데 있어 거의 의미를 가지지 못할 것이다. 따라서 대상이 되는 사용자 그룹을 고려하지 않고 인식의 정확성을 평가한다는 것은 의미없는 일이다.

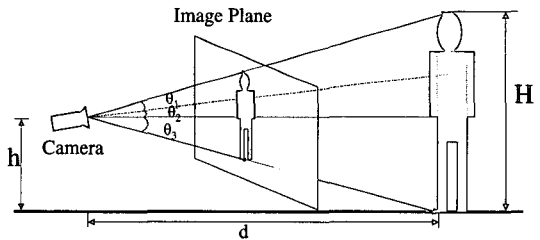


Fig. 4. Measuring body Heights when Camera is tilted

그럼에도 불구하고 인식률은 측정의 정밀도와 밀접한 관계를 가지지라는 점은 명백하다. 측정 정밀도에 대한 실험을 위하여 5명의 사용자가 키 측정 회수가 1,000회에 이를 때까지 자연스럽게 움직였다. 이렇게 해서 얻어진 5,000회의 측정 데이터로부터 표준편차를 구한 값이 3.11cm였다.

그림 5에 보인 것은 표준편차가 3.11이고 평균이 서로 다른 두개의 Gaussian distribution curve이다. 이 두개의 곡선은 키가 δ 만큼 다른 두 사람의 키 측정결과와 분포에 해당한다. 이때 빗금 친 부분이 인식에러에 해당한다. 당연히 빗

금친 부분의 면적은 δ 가 증가함에 따라 줄어들게 된다. 그림 6에 δ 와 에러율간의 관계를 보였다. 키가 똑 같은 두 사람의 경우라면, 즉 δ 가 0인 경우는 키가 그 두사람을 구별하는 데 전혀 의미를 갖지 못하므로 에러율은 50%가 된다. 그러나 δ 가 증가함에 따라 에러율은 급속히 감소하게 되고, 차이가 5cm가 되면 인식에러는 5% 이하로 떨어지게 된다.

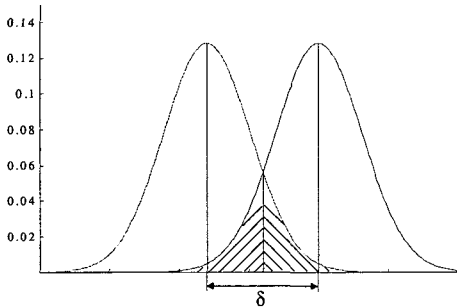


Fig. 5. Measurement Distribution

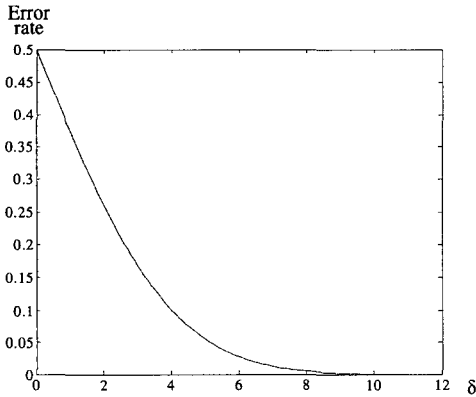


Fig. 6 Error Rates decrease as δ increases

이 결과는 키가 semi-biometric feature로 유용함을 보여준다. 특히 가정환경에서라면 가족구성원 간의 키 차이가 큰 편이라는 점에서 사용자 인식을 위한 훌륭한 특징으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

7. 결론

사용자 인식기능은 유용한 로봇 서비스를 구현하기 위해서는 필수적인 전제조건이다. 그러나 로봇환경에서의 사용자 인식은 일반적인 보안을 위한 사용자인식에 비하여 훨씬 가혹한 조건을 극복해야 한다. 로봇환경에서는 사용자와 로봇이 모두 자유롭게 움직이고 있어 사용자로 하여금 인식에 협조하도록 강요하기가 매우 곤란하기 때문이다.

예컨대 얼굴인식은 매우 강력한 인식기술이지만 로봇환경에서는 사용자의 얼굴 자체가 보이지 않는 경우도 흔히 발생한다. 이러한 상황에 대처하기 위해서는 사용자를 구별할 수 있는 보다 일반적인 특징을 도입하지 않으면 안된다. 이 글에서는 semi-biometrics라는 새로운 개념을 도입하고, 대표적인 semi-biometric feature로서 키와 옷 색깔을 사용자인식 시스템에 도입하였다. 또한 거리정보 없이 하나의 카메라로부터 얻어진 영상정보 만을 바탕으로 키를 측정하는 새로운 방법을 소개하였다.

더욱이 사용자 추적기능을 사용자 인식 프레임워크 안에 도입함으로써 이 글에서 소개된 사용자 인식 시스템은 계속적으로 이전의 인식결과 및 수집된 정보를 인지할 수 있도록 설계되었다.

Semi-biometric feature의 유용성이 대상 사용자 그룹에 따라 크게 달라질 수 있다는 점에서 여기서 소개한 사용자 인식 시스템의 성능을 정량적으로 평가하기는 곤란하다. 그러나 측정정밀도를 바탕으로 키가 사용자의 구별에 매우 유용한 특징이 될 수 있음을 보였고, 일반적인 사무실 환경에서의 테스트에 의하면 기존의 사용자 인식기술이 적용될 수 없는 상황에서도 정상적으로 사람을 인식하고, 사용자들의 상태를 바르게 갱신할 수 있다는 것을 확인했다.

누차 반복되는 이야기이지만, 로봇환경에서의 사

용자 인식은 기존의 사용자 인식과는 전제조건이나 요구사항 등이 판이하다는 점에서 새로운 접근 방법을 필요로 한다. 이 글에서는 로봇환경에서 사용자 인식이 어떠해야 하는가, 또한 로봇환경에서 요구되는 기존의 사용자 인식과 다른 새로운 요구조건 들을 어떻게 만족시킬 수 있을 것인가에 대해 논의하고, 현재 진행중인 연구에 근거한 기본적인 아이디어를 기술했지만, 물론 이 문제는 이제 막 시작단계로 향후 수많은 연구와 노력을 필요로 하는 분야일 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] J. Ashbourn, Biometrics: Advanced Identity Verification, Springer-Verlag, 2002, pp 15-44.
- [2] S. Nanavati, M. Thieme, R. Nanavati, Biometrics: Identity Verification in a Networked World, pp. 1-40.
- [3] L. Klasen, H. Li, "Faceless Identification: A Model for Person Identification using the 3D-Shape and 3D-Motion as cues", Proc. SPIE vol.3576, pp.216-226, 1999.
- [4] J. Swartz, "The Growing Magic of Automatic Identification", IEEE Robotics and Automation Magazine, vol. 6, no. 1, pp.20-23, 1999.
- [5] J. Werb, C. Lanzl, "Designing a positioning system for finding things and people indoors", IEEE Spectrum, vol. 35, no. 9, pp.71-78, 1998.
- [6] J. Hightower, G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing", IEEE Computer, vol. 34, no. 8, pp.57-66, 2001.
- [7] K. Lee, H. Park, "A New Similarity Measure Base on Intraclass Statistics for Biometric Systems", ETRI Journal, vol. 25, no. 5, pp. 401-406, 2003.
- [8] D. Kim, J. Lee, J. Soh, Y. Chung, "Real-time Face Verification using Multiple Feature Combination and SVM Supervisor", ICASSP, vol. 2, pp. 353-356, 2003.
- [9] J. Lee, S. Jeong, K. Han, B. Chun, "Image Navigation: A Massively Interactive Model for Similarity Retrieval of Images", International Journal of Computer Vision, vol. 56, no.1/2, pp.131-145, 2004.
- [10] F. Porikli, O. Tuzel, "Human Body Tracking by Adaptive, Background Models and Mean-Shift Analysis", Proc. 4th IEEE International Workshop on PETS", pp.37-45, 2003.
- [11] L. Wang, W. Hu, T. Tan, "Recent Developments in Human Motion Analysis", Pattern Recognition, vol. 36, no. 3, pp.585-601, 2003.



이 재 연

1984년 : 서울대학교 이학사(제어
계측)

1986년 : 한국과학기술원 공학석
사(전기및전자)

1992년 : 일본 東海대학 공학박사
(광공학)

1986년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 재직
현재 : ETRI 지능형 로봇연구단 인간로봇 상호작용연구
팀장

<관심분야> 로봇비전, 영상인식, 멀티미디어



조 영 조

1989년 9월 ~ 1998년 2월 : KIST
선임연구원 (분산제어시스템설
계)

1993년 12월 ~ 1994년 12월 : 일
본통산성 기계기술연구소 로봇
공학부 초빙연구원(가상현실기
반 텔레로봇 제어)

1997년 5월 ~ 1997년 8월 : Univ. of Massachusetts
at Amherst 초빙연구원 (로봇 제어구조 설계)
1998년 3월 ~ 2001년 2월 : KIST 책임연구원 (로봇
지능제어)
2001년 3월 ~ 2004년 1월 : 아이콘트롤스 기술연구소
장/상무 (홈게이트웨이 및 빌딩용 DDC 개발)
2004년 1월 ~ 현재 : ETRI 지능형로봇연구단장