

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제4호, 2012년 7월 (JBE Vol. 17, No. 4, July 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.4.611>

## 정밀하지 않은 깊이정보와 2D움직임 정보를 이용한 사용자 검출과 주요 신체부위 추정

이재원<sup>a)</sup>, 홍성훈<sup>b)†</sup>

### User Detection and Main Body Parts Estimation using Inaccurate Depth Information and 2D Motion Information

Jae-won lee<sup>a)</sup> and Sung-Hoon Hong<sup>b)†</sup>

#### 요 약

‘제스처’는 음성을 제외한 가장 직관적인 인간의 의사표현 수단이다. 따라서 키보드나 마우스를 대체하여 제스처를 입력으로 컴퓨터를 제어할 수 있는 방법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 이러한 연구에서 사용자 객체의 검출과 주요 신체부위의 추정은 매우 중요한 과정 중의 하나이다. 본 논문에서는 깊이정보가 부정확한 조건에서 사용자 객체검출과 주요 신체부위를 추정하는 방법을 제시한다. 본 논문에서는 2D 영상정보와 3D 깊이정보를 이용하여 조명 변화와 잡음에 강인하고, 3D 깊이정보를 1D 신호로 변환하여 처리함으로써 실시간에 적합하며, 이전 객체정보를 이용하여 더욱 정확하고 환경변화에 강인한 사용자 검출 방법을 제안한다. 또한 주요 신체부위 추정 방법에서 본 논문에서는 2D 외곽선 정보와 3D 깊이정보 및 추적을 혼합 사용하여 사용자 자세를 추정하는 방법을 제안한다. 실험결과 제안된 사용자 객체 검출방법은 2D정보만을 이용하는 방법에 비해 조명변화와 복잡한 환경에 강인하고, 깊이정보가 부정확한 경우에도 정확한 객체검출을 수행하였다. 또한 제안된 주요 신체부위 추정방법은 2D 외곽선 정보만 이용할 경우 겹친 부분에 대한 검출이 불가능하고, 색상 정보를 사용하는 방법은 조명이나 환경에 민감한 단점을 극복함을 확인할 수 있다.

#### Abstract

'Gesture' is the most intuitive means of communication except the voice. Therefore, there are many researches for method that controls computer using gesture input to replace the keyboard or mouse. In these researches, the method of user detection and main body parts estimation is one of the very important process. in this paper, we propose user objects detection and main body parts estimation method on inaccurate depth information for pose estimation. we present user detection method using 2D and 3D depth information, so this method robust to changes in lighting and noise and 2D signal processing 1D signals, so mainly suitable for real-time and using the previous object information, so more accurate and robust. Also, we present main body parts estimation method using 2D contour information, 3D depth information, and tracking. The result of an experiment, proposed user detection method is more robust than only using 2D information method and exactly detect object on inaccurate depth information. Also, proposed main body parts estimation method overcome the disadvantage that can't detect main body parts in occlusion area only using 2D contour information and sensitive to changes in illumination or environment using color information.

Keyword : Depth Information, Object Detection, Body Parts Estimation

## 1. 서론

비접촉식 인터페이스 시스템 개발을 위해서는 사용자에 대한 검출과 제스처를 감지하기 위한 사용자의 주요 신체 부위에 대한 인식이 필요하다. 본 논문에서는 이와 같은 비접촉식 인터페이스 개발을 위해 복잡한 배경과 변화하는 조명환경에 강인한 사용자 검출과 신체 주요부위 추정 방법을 제시한다. 우선 사용자 객체검출 및 추적이란 입력 영상으로부터 객체나 영역을 배경과 따로 분리하여 의미를 부여하는 과정을 의미한다. 기존의 객체검출 및 추적은 2차원 정보만을 이용하는 방법부터 깊이정보를 이용하는 방법까지 매우 다양한 방법으로 연구되어 왔다. 기존의 2차원 정보를 이용한 객체 분할 방법에는 배경 모델링(background modeling)을 통한 객체 분할 방법<sup>[1,2,3]</sup>, 프레임차를 이용한 객체 분할 방법<sup>[4,5]</sup>, 그래프 분할 방법(graph partitioning method)<sup>[6]</sup> 등이 있다. 또한 최근 연구들에서 깊이정보는 객체검출 및 추적에 매우 중요한 요소로 사용되어 지고 있다. 깊이정보는 카메라로부터의 거리(깊이)정보를 가지고 있기 때문에 객체 검출 및 배경과의 분리, 객체들 간의 겹침 등에 대해서 2차원 정보에서는 불가능했던 것들을 가능하게 해준다. 객체 분할, 검출 및 추적에 대한 방법은 여러 연구들을 통해서 평균 배경 깊이정보를 사용한 객체 검출<sup>[7]</sup>, 깊이의 확률밀도함수(probability density function)를 이용한 객체 분할<sup>[8]</sup>, mean-shift를 이용한 객체 분할<sup>[9]</sup>, Graph-Cut 방법을 이용한 객체 분할<sup>[10]</sup> 등의 다양한 방법으로 소개되어 지고 있다. 하지만 2차원 정보만을 이용한 객체 검출 및 추적 방법은 조명, 그림자, 잡음 등의 다양한 주변 환경의 변화에 매우 민감한 단점을 가지고 있다. 또한 기존의 3차원 깊이정보를 사용한 방법은 3차원 깊이정보가 정확하지 않

을 때 검출 오류가 나타나는 단점이 있다. 그리고 검출된 객체의 주요 신체부위 추정은 비접촉식 인터페이스 시스템 설계에서 매우 중요한 기능이다. 기존의 주요 신체부위 추정 방법으로는 2차원의 실루엣 정보만을 이용한 방법<sup>[5,11,12]</sup>, 색상정보를 이용한 방법<sup>[13]</sup>, 깊이정보를 이용한 방법<sup>[14]</sup> 등이 있다. 하지만 2차원 실루엣 정보만을 사용할 경우 신체 부위가 몸과 겹치는 경우 검출이 불가능하며, 색상정보를 이용하는 방법은 조명이나 환경에 매우 민감한 단점을 지니고 있다. 깊이정보를 이용하는 방법의 경우는 깊이정보가 정밀하지 못하면 오류가 나타나는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 기존의 방법들의 단점을 보완한 그림 1의 방법을 이용하여 사용자를 검출하고 검출된 사용자의 주요 신체부위를 추정하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 사용자 검출 방법으로 그림 1의 왼쪽 블록과 같이 2차원 움직임정보와 3차원 깊이정보를 혼합 사용하여 조명이나 환경변화에 2차원 정보만을 이용하는 경우보다 강인하고, 깊이 정보를 Depth Projection Map이라는 정보를 이용하여 깊이정보를 영상전체에 대해 사용하는 것보다 적은 연산량으로 사용 가능하여 실시간에 적합한 방법을 제안한다. 그리고 주요 신체부위 추정 방법 역시 기존의 2차원과 3차원 정보를 혼합사용하는 더욱 정확한 추정 방법을 제안한다. 그림 1의 오른쪽 블록과 같이 사용자 검출에서 구해진 사용자 실루엣의 외곽선 정보를 이용하여 사용자의 주요 신체부위(머리, 양팔, 양다리)를 검출, 몸과의 겹침에 의해 미 검출된 부분은 깊이정보를 이용해서 추정하고, 때 프레임 추적 방법을 혼합 적용하여 더욱 강인한 추정을 수행하는 방법을 제안한다.

a) 전남대학교 전자컴퓨터공학과 (Division of electronic computer Engineering, Chonnam National Univ)

b) 전남대학교 전자컴퓨터공학부, 정보통신연구소 (School of Electronic & Computer Engineering, Chonnam National Univ, Information & Telecommunication Research Institute)

‡ 교신저자 : 홍성훈 (Sung-Hoon Hong)

E-mail: hsh@chonnam.ac.kr

Tel: +82-062-530-1758 Fax: +82-062-530-1809

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

· 접수일(2012년2월21일), 수정일(2012년6월18일), 게재확정일(2012년6월18일)

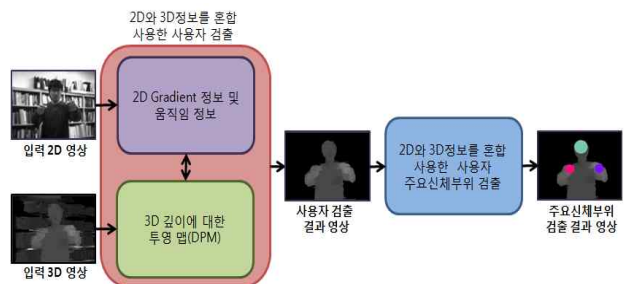


그림 1. 제안 알고리즘 구성도  
Fig. 1. Proposed Algorithm Diagram

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 움직임 정보와

깊이에 대한 투영 맵을 이용한 사용자 검출 방법에 대해 언급을 하고, 3장에서는 거리 변환과 깊이 정보를 이용한 주요 신체부위 추정방법에 대해서 언급을 한다. 그리고 4장에서 제안한 방법에 대한 실험 및 결과분석을 하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 움직임 정보와 깊이에 대한 투영 맵을 이용한 사용자 검출

본 논문에서는 2D 영상정보만을 이용한 객체추출 방식은 주변 환경과 조명변화, 잡음 등의 외부 요소에 매우 민감하고, 3D 깊이정보만을 이용할 경우에는 객체와 유사한 배경에서의 객체추출의 어려움이 있는 단점을 해결하기 위하여 2D 영상에서의 에지(경계)정보와 3D 깊이정보를 혼합한 객체추출 방식에 대하여 제안한다. 스테레오 기반의 실시간 객체 추출 알고리즘의 경우 고정된 카메라에서 움직이는 객체를 검출한다는 가정 하에 2D 영상에서의 움직임을 검출하여 움직임 영역을 기반으로 객체 후보 영역을 선택하고, 선택된 영역에 대해서 클래스화된 깊이정보를 선택적으로 이용하여 객체를 검출한다. 그리고 검출된 객체

를 기반으로 하여 2D 영상에서의 움직임 검출과 깊이정보에서의 선택 기준을 재보정하여 완벽한 객체검출을 수행한다. 그림 2는 제안하는 객체추출 방법의 전체 구성도이다.

### 1. 2D정보를 이용한 사용자 객체 검출

2D 영상에서의 움직임 검출에 필요한 입력은 고정된 카메라로 들어오는 영상이다. 그렇기 때문에 영상에서의 움직임을 파악하면 객체를 추출할 수 있다. 이와 같은 영상에서의 움직임을 검출하기 위하여 프레임간의 차이(Frame difference) 정보를 이용한다. 일반적으로 프레임간의 차이는 실시간 영상에서 밝기 정보를 기준으로 이전 프레임 영상과 현재 프레임 영상에서의 픽셀단위의 밝기 값을 비교하여 움직임 영역을 검출한다. 여기서 일반적인 방법과 같이 밝기 영상 정보를 그대로 이용하게 되면 조명과 그림자에 대해 움직임 검출이 매우 민감하기 때문에, 이를 보완하기 위하여 형태학적 변화율 (Morphological Gradient) 정보를 이용한다. 이후 형태학적 변화율은 간단하게 그래디언트 영상이라고 칭한다<sup>4)</sup>. 그림 3은 원영상과 구해진 그래디언트 영상을 보여준다.

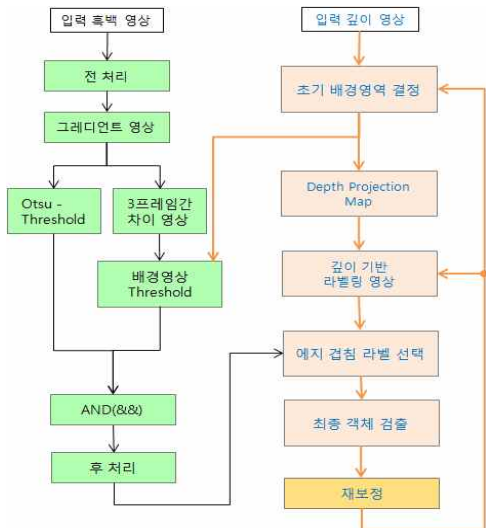


그림 2. 사용자 검출 알고리즘의 구성도  
 Fig. 2. User Detection Algorithm Diagram



(a) 2D 영상 (b) 그래디언트 영상  
 그림 3. 2D 흑백영상과 그래디언트 영상  
 Fig. 3. 2D Gray Image and Gradient Image

그래디언트 영상은 흑백영상에서 급격한 밝기 변화율을 나타낸다. 그래디언트 영상을 이용하면 움직임 정보는 그대로 유지하면서 조명과 그림자에 의한 영향을 줄일 수 있다. 그래디언트 영상은 식(1)을 통해 얻을 수 있다.

$$\text{Gradient Image} = ( I \oplus B ) - ( I \ominus B ) \quad (1)$$

여기서 I는 입력 그레이 영상, B는 모폴로지 연산의 구조 요소이고,  $\oplus$ 는 모폴로지 팽창 연산,  $\ominus$ 는 모폴로지 침식 연산을 나타낸다. 위의 식으로 구해진 그래디언트 영상을 기

반 프레임간의 차이로 조명과 그림자에 더욱 강인한 움직임 영역을 검출할 수 있다. 이때 프레임간의 차이에 움직임 정보는 움직임이 나타난 영역을 보여주므로 현재 영상정보 보다는 넓은 영역정보를 가지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이전과 현재의 2개의 프레임간의 차이를 이용하는 것이 아니라 이전, 현재, 이후 3개의 프레임간의 차이를 수행한다. 이는 이전과 현재의 프레임간의 차이를 수행하여 얻은 움직임 영역 검출 결과와 현재와 이후의 프레임간의 차이를 수행하여 얻은 움직임 영역 검출 결과를 AND연산하는 것으로 나타낼 수 있다. 다시 말하면 2개의 프레임간의 차이의 교집합이다. 2개의 프레임간의 차이를 이용하여 움직임 영역을 검출하는 방법은 영상에서 배경영역이라고 판단되는 부분의 그레디언트의 평균값을 임계치로 이용하여 임계치에 해당하는 영역들을 움직임 영역으로 검출한다. 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$FDM_n = TH_{n-1}(FD_{n-1}) \wedge TH_{n+1}(FD_{n+1}) \quad (2)$$

여기서 FDMn은 이전, 현재, 이후 3개의 프레임간의 차이를 이용하여 구해진 움직임 영역을 나타내고, FDn-1과 FDn+1은 각각 이전과 현재, 현재와 이후 프레임간의 차이를 수행한 것을 나타내며, THn-1과 THn+1은 각각 이전과 현재, 현재와 이후 프레임간의 차이에 배경영역 기반의 임계치를 적용한 것을 의미한다. 그림 4는 3개의 프레임간의 차이를 수행한 결과를 나타낸다.



그림 4. 3 프레임간의 차이  
Fig. 4. 3 Frame Difference

그레디언트를 이용한 프레임간의 차이를 수행할 때 배경영역이라고 판단되는 부분은 3D 깊이영상을 기준으로 이전 영상에서 얻어진 사람 검출 결과에서 판단된 배경영역의 그레디언트 값들의 평균값을 이용한다. 여기서 3D 깊이

영상에서의 배경영역을 선택할 때, 첫 프레임은 초기에 지정된 기본 값을 적용한다. 초기 기본 값은 사용자가 포함되지 않을 최소 깊이영역으로 지정한다. 예를 들면 사용자가 제스처를 입력할 때 적어도 카메라로부터 일정 거리 안에서만 사용한다고 가정하고 그 이외의 영역을 기본 배경이라고 선택하는 것이다. 일반적으로 카메라로부터 사용자가 너무 가깝거나 멀면 인식이 불가능하기 때문에 이러한 기본 배경영역을 기본 값으로 지정해 주는 것이 가능하다. 그리고 객체 검출 이후부터는 검출된 객체를 기반으로 객체 배경영역의 깊이 값을 실시간 업데이트한다. 본 논문에서는 깊이정보의 밝기 32 이하를 배경이라고 초기 지정하여 사용하였다. 그림 5는 기본 깊이영상과 배경추정 영역을 제외한 깊이영상을 비교하여 보여준다.

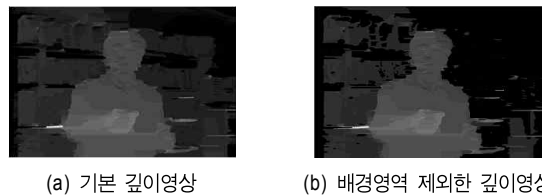


그림 5. 깊이영상과 배경영역 제외 깊이영상  
Fig. 5. Depth Image and Depth Image, except for the Background Area

프레임간의 차이를 수행하여 얻어진 움직임 검출 영역은 2차원 에지정보와 혼합하여 최종 움직임 영역을 검출할 수 있다. 프레임간의 차이를 수행하여 얻어진 움직임 검출 영역은 프레임간의 움직임을 검출한 것이기 때문에 현재 깊이정보에 비해 너무 큰 영역으로 검출된다. 그렇기 때문에 현재의 깊이 정보와 대응 될 수 있는 움직임 영역만을 검출하기 위하여 2차원 에지정보와 혼합하여 최종 움직임 영역

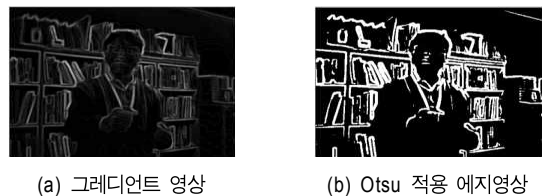


그림 6. 그레디언트 영상과 Otsu 에지 영상  
Fig. 6. Gradient Image and Otsu Edge Image

을 검출한다. 여기서 에지정보를 추출하기 위하여 Otsu Threshold를 이용한다. Otsu Threshold는 Otsu가 제안한 방법으로 영상의 히스토그램을 보고 Variance값을 초대로 하는 그 때의 Intensity를 임계치로 정하는 방법을 말한다. 이 방법은 히스토그램이 Bimodal(두개의 확률 분포를 가질 경우)일 경우 탁월한 결과를 보인다. Otsu Threshold를 이용하면 그레디언트에서 2차원 에지정보를 추출할 수 있다. 그림 6은 기본 그레디언트 영상과 이에 Otus Threshold를 적용하여 구한 에지영상을 보여준다.

이렇게 얻어진 2차원 에지영상과 앞서 구한 프레임간의 차이 기반의 움직임 검출 영역을 AND 연산하여 최종 움직임 영역을 구할 수 있다. 최종 움직임 영역은 깊이정보와 혼합하여 객체를 추출하는데 이용된다. 이 때 최종 움직임 영역에는 약간의 잡음들이 포함되어 있어 깊이정보와의 혼합 과정에서 오류를 일으킬 수 있기 때문에 잡음을 제거하기 위한 Post-processing을 수행하여 완벽한 최종 움직임 영역을 검출한다. 그림 7은 프레임간의 차이영상에 대하여 Post-processing을 수행한 최종 움직임 검출 영역을 보여준다. 여기서 Post-processing이란 최종적으로 검출된 움직임 영역에서 주변에 나타난 잡음을 없애기 위한 과정으로 모폴로지 연산을 통해서 작은 잡음들을 제거하는 과정을 의미한다.

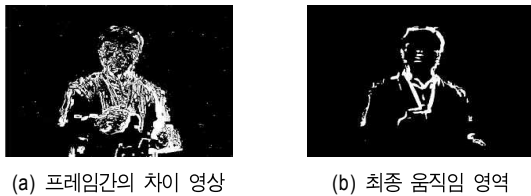


그림 7. 프레임간의 차이영상과 최종 움직임 영역  
 Fig. 7. Frame Difference Image and Final Motion Area

## 2. 3D정보를 이용한 사용자 객체 검출

이번 절에서는 3D 깊이정보를 이용한 검출 방법에 대해서 언급한다. 깊이정보를 이용하면 2차원 영상에서의 검출보다 더욱 강인한 객체 검출이 가능하다. 기본적으로 깊이 영상정보를 그대로 사용하게 될 경우에는 배경과 객체의 깊이 정보가 유사할 경우 객체의 분리가 어렵고 깊이 정보 계

산의 오류로 인하여 잘못된 검출이 가능하므로 깊이정보를 그대로 이용하는 것이 아니라 깊이정보를 수직 프로젝션 하여 이용하는 방법을 사용한다. 깊이정보를 수직 프로젝션 하여 이용하는 것은 2D에서의 연산을 1D에서의 연산으로 변환하여 계산량을 감소시켜 실시간 연산에 더욱 적합한 알고리즘을 가능케 하고, 프로젝션된 깊이정보는 같은 깊이 정보 일지라도 수평으로 떨어져 있으면 다른 깊이 클래스로 분류되므로 좀 더 강인한 객체 검출이 가능하게 된다. 3D 깊이영상에 대해 수직으로 깊이에 대한 누적 픽셀 수를 프로젝션하면 Depth Projection Map을 구할 수 있다<sup>[15]</sup>. Depth Projection Map은 수직으로 연결된 같은 깊이영역은 같은 클래스로, 수평으로 연결되지 않은 깊이 영역은 다른 클래스로 분류한다. 구해진 Depth Projection Map과 프레임 간 차이와 2차원 에지정보를 이용한 최종 움직임 검출 영역을 결합하여 최종 객체를 검출할 수 있다. 최종 움직임 검출 영역을 포함하는 Depth Projection Map에서의 클래스들을 객체 후보 영역으로 검출한다. 이때 Depth Projection Map에서는 이전 영상에서의 검출된 최종 인체 결과에서의 배경 영역이라고 구분된 클래스는 제외한다. 최종 움직임 검출 영역에서 배경영역에 해당하는 깊이 클래스를 제외한 나머지 클래스들 중에서 이전 검출된 객체의 영역의 70% 이상에 해당하는 깊이 클래스들을 객체 후보 영역으로 정한다. 그렇지 못한 후보들은 잘못 검출된 객체 후보이기 때문이다. 그림 8은 깊이영상에 대한 Depth Projection Map과 클래스화된 깊이 정보, 그리고 최종 움직임 영역 및 클래스를

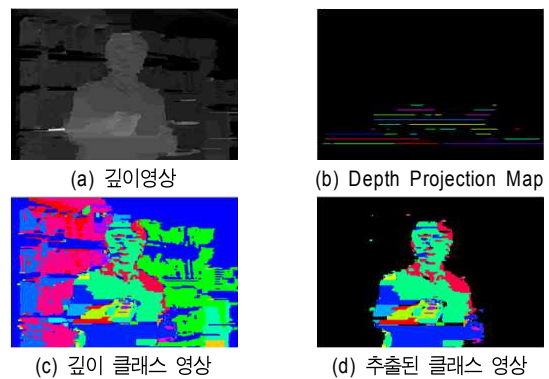


그림 8. DPM과 사용자 후보 영역 추출  
 Fig. 8. DPM and User Candidate Area Extraction

기반으로 추출된 객체 후보 영역에 대하여 보여준다.

검출된 객체 후보 영역에 대해 잡음 제거 및 2차원 에지 영상 기반 Refinement(재 보정) 단계를 수행하여 최종 인체 실루엣을 추출한다. 검출된 최종 객체 영역은 앞서 언급한 바와 같이 3D 깊이영상에서의 배경의 하위와 상위 임계치 값을 결정하는 것과 깊이 클래스 선택에서의  $\alpha$ 에 대해 업데이트 하는 데 사용된다. 그림 9는 검출된 객체 후보 영역과 잡음 제거 및 공간 채움의 Post-processing을 수행한 결과와 Refinement과정을 통해 검출된 최종 결과를 보여준다. 3D 영상의 깊이정보의 오류로 인하여 추출된 객체가 깔끔하지 못한 것을 Edge 기반의 Post-processing을 통하여 깔끔한 결과를 얻은 것을 볼 수 있다. 여기서 언급한 Post-processing은 검출된 객체 영역에서 나타난 작은 잡음이나 객체 영역 내부에 있는 hole(구멍)들을 없애기 위한 모폴로지 연산 수행과 이를 통해서 구해진 깔끔하게 정리된 객체 영역의 정보를 에지 기반으로 수평으로 나타난 잡음을 제거하는 과정을 의미한다. 그리고 Refinement는 검출된 최종 객체 영역의 정보를 기준으로 다음 프레임의 객체 검출 과정에 이전 프레임의 객체의 깊이정보를 통해 다음 프레임의 초기 배경 영역에 대한 파라미터를 업데이트 해주는 과정을 의미한다.



그림 9. 최종 객체 영역 검출  
Fig. 9. Final Object Area Detection

### III. 거리 변환과 깊이 정보를 이용한 주요 신체부위 추정

이번 절에서는 검출된 사용자 객체의 주요 신체부위를 추정하는 방법에 대해서 언급한다. 본 논문에서는 그림 10에서와 같이 앞서 언급한 방법에 의해 검출된 사용자 객체 실루엣 정보와 그에 상응하는 깊이정보를 이용하여 주요

신체부위를 추정하는 방법을 제시한다. 검출된 사용자 객체의 실루엣에 대한 외곽선 정보를 이용하여 주요 신체부위를 검출하되, 겹침에 의해서 검출되지 않은 주요 신체부위는 깊이정보를 혼합사용하여 보완검출을 수행한다. 그리고 매 프레임마다 기 검출된 주요 신체부위에 대한 추적을 통한 더욱 향상된 주요 신체부위 추정 방법을 제안한다.

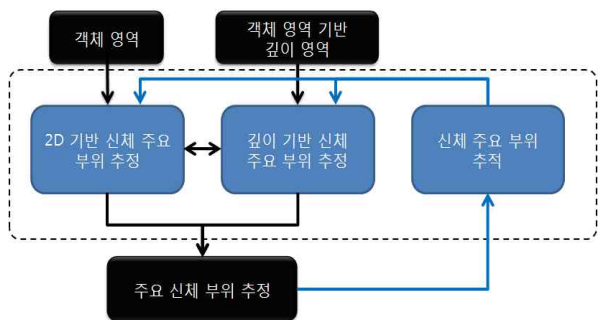


그림 10. 주요 신체부위 추정 전체 블록도  
Fig. 10. Main Body Parts Estimation Diagram

#### 1. 2D 정보를 이용한 주요 신체부위 추정

본 논문에서는 사용자를 검출하고 검출된 사용자의 주요 신체부위(머리, 양손, 양다리)를 추정하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 우선 2차원 정보를 이용하여 주요 신체부위를 추정한다.

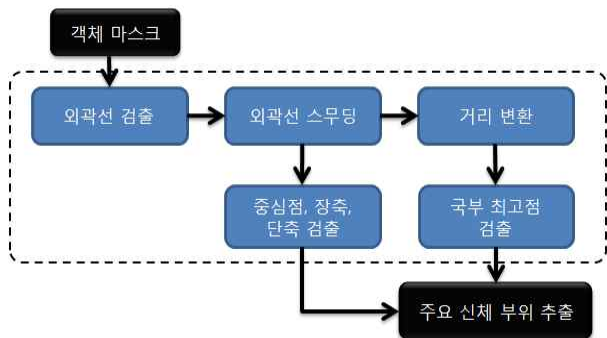


그림 11. 2차원 주요 신체부위 추정 블록도  
Fig. 11. 2D Main Body Parts Estimation Diagram

그림 11은 2차원 주요 신체부위 추정 블록도를 보여준다.

2차원 주요 신체부위 추정 파트에서는 실루엣 정보를 이용하여 2차원 주요 신체부위를 추정한다. 먼저 인체 실루엣의 잡음을 제거하기 위해 식(3)과 같이 실루엣 정보를 필터링한다. 이를 통해 실루엣의 잡음제거 효과와 급격하게 변하는 구간을 효과적으로 매끄럽게 만들 수 있다.

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \left( \frac{1}{N} \sum_{x \in M} x, \frac{1}{N} \sum_{y \in M} y \right) \quad (3)$$

식(3)은 인체 실루엣을 매끄럽게 하기 위해 사용된 식으로 실루엣 외곽선의 국소 부분의 평균좌표로 현재 좌표를 변환시킨다. 여기서 N은 탭의 수를 나타내고, M은 실루엣의 최외곽 좌표 점들을 나타낸다. 각 탭의 수는 전체 외곽점의 수에 따라 적응적으로 변화하도록 설계 한다. 탭의 수가 늘어날수록 실루엣은 더욱 매끄럽게 되지만 너무 많은 탭을 사용할 경우, 인체가 가지고 있는 본래의 변곡 특징들이 많이 사라지게 되어 적당한 수의 탭을 적용 하는 것이 중요하다.

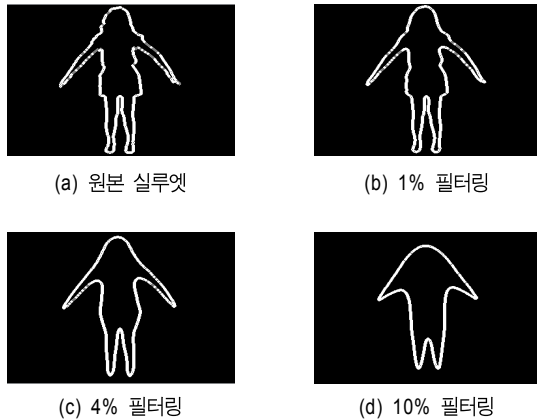


그림 12. 실루엣 좌표 스무딩  
 Fig. 12. Silhouette Coordinates Smoothing

그림 12는 식(3)을 사용하여 실루엣의 최외곽점을 스무딩한 것이다. 그림에서와 같이 탭의 수가 늘어날수록 최외곽 좌표들이 점점 매끄러워지는 것을 확인할 수 있다. 그러나 전체 외곽선의 10%의 탭을 사용하여 필터링 할 경우, 너무 강한 저주파 통과 필터의 역할을 하여 원본 실루엣이

가지고 있는 정보가 많이 손상되는 것을 확인 할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 4%의 탭을 사용하여 실루엣을 필터링 하였다.

본 논문에서는 인체가 정면을 바라보고 서있는 경우를 가정하고 실험을 진행하였다. 이 경우, 사용자의 전체 실루엣인지, 상체 실루엣인지를 먼저 판단하고 두 가지 경우에 따라 다른 알고리즘을 적용하여 인체의 특징점을 찾아낸다.

사용자의 전체 실루엣인지, 상체 실루엣인지를 판단하기 위해 통계적 방법인 분산을 이용하였다. 인체의 특성상 전체 실루엣이 잡혔을 경우 x축으로의 분산보다 y축으로의 분산이 크게 된다. 하지만 상체일 경우 전체 실루엣에 비해 x축과 y축의 분산의 차이가 적어진다.

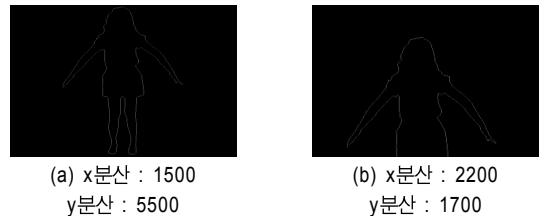


그림 13. 상체와 전체 실루엣의 x, y 분산 비교  
 Fig. 13. Upper Body and Whole Body Silhouette's x, y variance Compare

x, y 축 분산을 통하여 사용자의 실루엣을 판단한 후 실루엣 중심 좌표를 판단한다. 모든 실루엣 화소를 이용하여 중심좌표를 찾을 경우 손과 발의 자유도가 높아 중심이 실제 몸의 중심에 맞지 않는 결과가 나타난다. 따라서 비교적 자유도가 적은 부분만을 사용하여 중심점을 구하는 방법을 취한다. 이는 실루엣 영상을 y축으로 프로젝션 시킨 후 가장 큰 값의 1/3이 넘는 영역에 대해서만 중심좌표를 계산하는 방법으로 구현한다. 그림 13은 상체와 전체 실루엣의 x, y 분산을 비교한 것이다. 그림 14는 한쪽 손이 몸의 중심점에서 많이 벗어난 경우에 대해서 실루엣의 전체 좌표를 사용하여 중심좌표를 구한 것과 후보영역을 만들고 중심좌표를 구한 두 가지 방법에 대한 비교 영상이다. 그림 14에서와 같이 전체 실루엣 영역을 사용하여 중심좌표를 구한 것보다 후보영역을 사용하여 중심좌표를 구한 것이 보다 우리가 원하는 중심좌표를 구하는데 용이하다는 것을 알 수

있다. 이렇게 x축으로의 중심 좌표를 먼저 구한 뒤, y축 중심 좌표를 구한다. y축 중심좌표는 전체 실루엣이 나타난 경우와 상체 실루엣이 나타난 경우 서로 다르게 정의 한다. 전체 실루엣일 경우 x축 중심좌표 계산과 마찬가지로 평균 좌표값을 중심좌표로 택하고, 상체실루엣일 경우 평균 좌표값의 1/4지점을 중심좌표로 택한다. 이는 상체의 실루엣과 전체 실루엣 두 가지 모두의 경우에 인체의 실제 중심점을 택하도록 하기 위함이다.

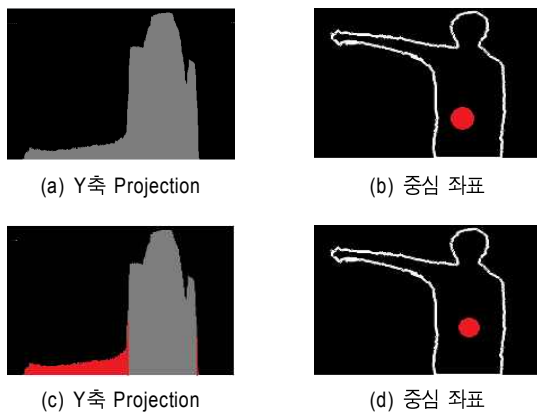


그림 14. 실루엣 중심좌표 설정  
Fig. 14. Silhouette Center Coordinates Setup

실루엣의 중심 좌표를 구한 후, 몸의 전체적인 방향을 판단하고 차후에 각 신체부위를 판단하기 위해 다음 식에 의해 인체의 장축(Principal axis)을 구하고 그와 90도가 차이는 단축(minor axis)을 구한다. 식(4)에서  $u_{1,1}$ 은 x와 y의 차수가 1인 모멘트를 나타내고,  $u_{2,0}$ 은 x에 대한 차수가 2, y에 대한 차수가 0인 모멘트,  $u_{0,2}$ 은 x에 대한 차수가 0, y에 대한 차수가 2인 모멘트를 나타낸다. 이를 통해 구해진 외곽선 모멘트를 식(4)와 같이 사용하면 외곽선에 대한 해당 장축의 각도를 구할 수 있다.

$$\theta_{Principal Axis} = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[ \frac{2\mu_{1,1}}{\mu_{2,0} - \mu_{0,2}} \right] \quad (4)$$

그림 15는 각 실루엣에 대하여 그 실루엣의 중심좌표와 장축을 도시화 한 것이다.

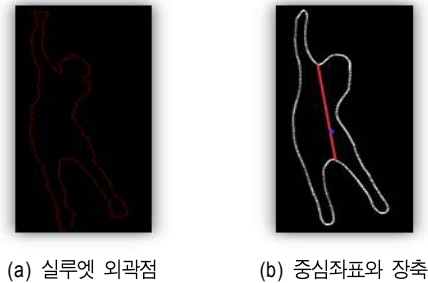


그림 15. 실루엣의 중심점과 장축  
Fig. 15. Silhouette's Center Point and Principal Axis

상기 과정을 통해 2D 실루엣 이미지의 객체 평활화 및 중심좌표 검출, 그리고 장축을 획득하였다. 이 정보를 기반으로 중심점과 실루엣의 외곽점 간에 거리를 구하여 인체 특징점의 후보를 구한다. 인체의 특징점 중 우리가 관심이 있는 손이나 발, 그리고 머리등의 특징점은 중심점으로부터 국부 최대 값을 가진다. 따라서 식(5)과같이 2D 외곽선 정보를 중심으로부터의 거리로 거리변환(Distance transform)을 시켜 국부 최대값을 구하는 알고리즘을 설계한다. 거리변환을 시키면 그림 16과 같이 나타난다.

$$D_i = \sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} \quad (5)$$

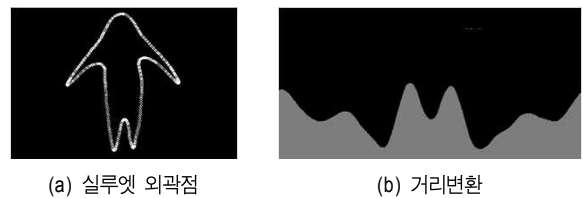


그림 16. 거리변환  
Fig. 16. Distance Transform

이렇게 구해진 거리변환은 잡음이 섞여 있어 불필요한 국부 최대 값을 많이 포함 하므로 식(6)와 같이 평균 필터를 적용하여 거리변환 map을 필터링한다.

$$\bar{D}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=-N/2}^{N/2} D_{i+k} \quad (5)$$

그림 17과 같이 필터링된 거리변환 map에서 국부 최대



값을 선택하고 선택된 국부 최대값들이 인체의 주요 특징점의 후보 점들이 된다.

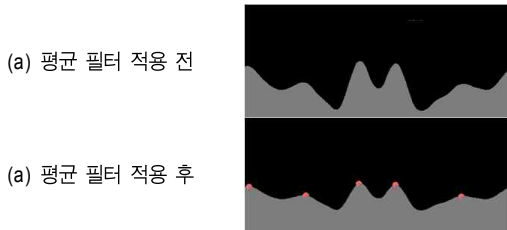


그림 17. 평균필터 적용 및 특징 후보점 획득  
 Fig. 17. Mean Filter application and Feature candidate gain

실루엣의 중심점, 장축, 그리고 후보 특징점을 사용하여 주요 신체부위를 검출한다. 제안된 방법은 먼저 머리를 찾고, 손, 발 순서로 특징점을 찾게 된다. 신체가 정면으로 서 있는 경우 머리의 위치는 대부분의 경우에 장축 근처에 존재하게 된다. 이를 이용하여 구해진 후보 특징점들 중 장축에 가장 인접한 후보점을 머리로 인식한다. 또한 장축과 단축을 통하여 실루엣을 4등분 했을 경우 각각의 영역에 1사분면부터 왼손, 오른손, 오른다리, 왼다리의 정보가 나타난다. 이를 사용하여 먼저 후보점들을 주요 신체부위의 후보로 채택한다.

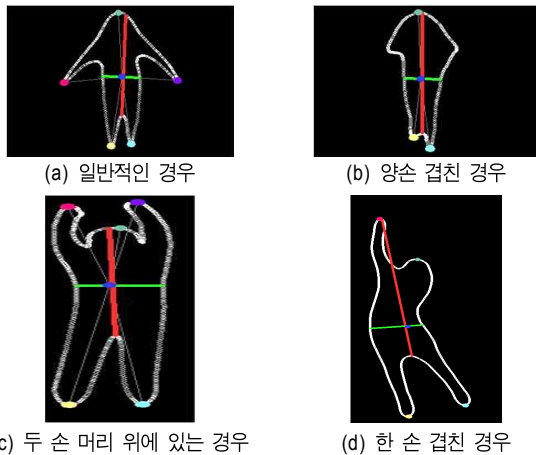


그림 18. 2D 기반 주요 신체부위 검출  
 Fig. 18. 2D Based Main Body Parts Detection

손 검출의 경우 단축과 실루엣의 경계가 맞닿는 부분과

머리의 중간지점 정도에 손이 존재한다. 두 개 이상의 후보점이 있을 경우 보다 중간에 가까운 후보점을 손으로 택한다. 한편, 후보점이 존재하지 않거나, 후보점의 위치가 중심으로부터 거리가 몸의 거리와 비슷할 경우 이는 손과 몸이 겹친 영역으로 판단, 뒤에서 살펴볼 깊이정보를 이용한 겹침 영역에서의 주요 신체부위 검출 파트로 보내 3D기반으로 손의 위치를 찾게 된다. 다리 검출의 경우 단축의 하단에 존재하는 외곽점의 후보에서 검출된다. 단축 하단에 존재하는 후보점들 중 머리로부터 가장 먼 점을 다리로 인식한다. 상체 실루엣인 경우에는 단축 하단에 후보점이 나타나지 않으며 상체라고 인식된 실루엣에서는 다리를 검출하지 않는다. 위와 같은 방법으로 사용자 주요 신체부위를 검출 때 손이나 발과 같은 신체부위가 몸과 겹치게 되는 경우에는 손이나 발을 검출할 수 없게 된다. 따라서 이러한 경우에는 깊이 정보를 혼합 사용하여 검출을 한다.

## 2. 3D 정보를 이용한 주요 신체부위 추정

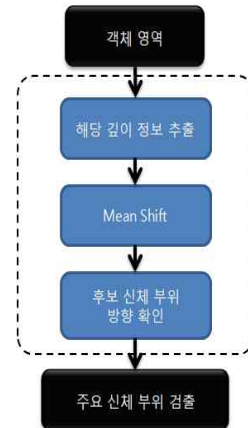


그림 19. 깊이정보를 이용한 주요 신체부위 추정 구성도  
 Fig. 19. Main Body Parts Estimation using Depth Information Diagram

그림 19는 깊이정보를 이용한 겹침 영역에서의 주요 신체부위 추정 파트의 전체 블록도이다. 앞서 기술한 2D 영상의 경계선을 이용한 주요 신체부위 추정 파트에서 특정 신체 부위가 몸과 겹쳐졌다고 판단이 될 경우 2D 영상으로만 주요 신체부위를 판단하기는 어려운 문제이다. 기존의 논문에서는 피부색 검출을 통해 이를 해결하려 하였으나 색

차신호 기반의 추정 기법은 환경과 조도의 영향을 심하게 받아 정확한 추정이 이루어지지 않는다.

따라서 본 논문에서는 겹침 영역에서의 주요 신체부위를 추정하기 위해 3D 깊이 정보를 사용하여 깊이에 따른 영역을 분할하고 이를 인체의 특성에 따라 각 신체부위에 매칭시키는 방법을 사용한다. 3D 깊이 정보를 사용한 겹침 영역에서의 주요 신체부위 추정은 먼저 깊이 영상에 존재하는 다양한 잡음을 제거하기 위해 전처리 과정을 거친다. 그 후 Mean Shift 알고리즘을 적용하여 각 깊이에 따라 공간적인 분할과정을 거치고, 신체부위의 후보영역을 구한다. 후보영역으로부터 깊이의 변화도를 검사하고 깊이정보가 어느 방향으로 흐르는지 판단한 후 최종적으로 몸의 특정 신체부위로 인식시키는 방법을 사용한다. 3D 기반 객체 추출 파트에서 넘겨받은 깊이 영상은 여러 가지 잡음을 포함한다. 이는 Stereo 정합 과정에서 발생하는 오류로써 폐쇄 영역에 대한 처리, 혹은 매칭 과정에서의 오류로 발생하는 잡음이다. 이 정보를 그대로 사용할 경우 신체부위를 인식하는 과정에서 부정확한 검출이 이루어질 수 있다. 따라서 깊이 정보를 사용하기 전에 먼저 전처리과정을 거침으로써 검출의 정확성을 높일 수 있다. 그림 20은 객체 추출 파트에서 넘겨받은 깊이 영상 정보이다. 그림에서와 같이 정합과정에서 발생하는 오류로 인한 잡음이 많이 존재하는 것을 확인 할 수 있다. 이 잡음을 줄이기 위해 본 실험에서는 Alpha-trimmed mean filter를 사용하였다.

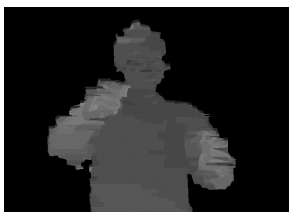


그림 20. 사용자 검출 깊이 영상  
Fig. 20. User Detection Depth Image

Alpha-trimmed mean filter는 메디안 필터와 평균 필터 중간적 특성을 가진 필터로서  $\alpha$ -TMF는 화소 값들을 오름차순으로 정렬하여 상위와 하위에 위치하는 일부 수들을 제거한 후 남은 수들을 평균함으로써 구해진다.  $\alpha(0 \leq \alpha$

$\leq 0.5)$ 의 값은 상위와 하위 끝부분에 있는 수로부터 제거할 수를 결정한다.  $\alpha$ -TMF가  $\alpha=0.5$ 일 때, 필터는 메디안 필터처럼 수행되고  $\alpha=0$ 일 때에는 어떠한 값도 제거되지 않으며, 필터는 평균필터처럼 동작한다.

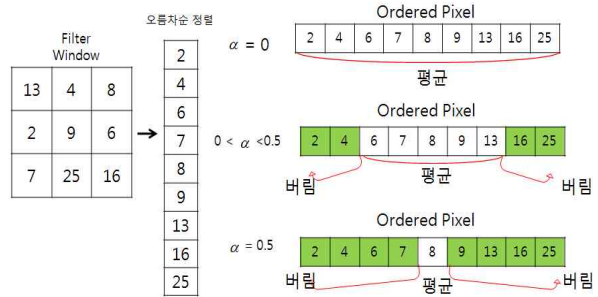


그림 21. Alpha-trimmed mean filter  
Fig. 21. Alpha-trimmed mean filter

그림 22는 필터를 거치고 나기 전과 후의 영상이다. 필터를 거치고난 후의 영상에서 원본에 비해 오류가 줄어들어 확인할 수 있다.



그림 22. 평균필터 적용된 깊이 영상  
Fig. 22. Depth Image Applied Mean Filter

본 논문에서 사용된 부정확한 깊이영상은 깊이정보가 실제의 깊이정보와 다르게 일정하지 않으므로 영상의 유사한 깊이에 따른 분할을 위하여 Mean Shift 알고리즘을 적용하여 영상을 새롭게 분할한다<sup>[16]</sup>. Mean Shift 알고리즘은 비모수적 밀도 추정 방법으로 일반적인 데이터 분포에서 주요한 모드를 찾거나 클러스터링 하는 방법으로 많이 쓰여지고 있다. mean shift 알고리즘을 적용하여 새롭게 분할된 깊이영상에서 가장 밝은 국부 최대점을 검색하고 이를 신체부위의 후보로 설정한다. 이 때 신체부위 후보는 2차원 정보를 이용하여 검출된 신체부위의 정보를 이용한다. 2차

원 정보에서 검출되지 않은 수만큼이 3차원 정보를 이용하여 검출방법에서 찾아야 할 신체부위이기 때문에 2차원 정보를 이용한 검출방법에서 찾지 못한 수만큼의 국부 최대 점을 신체 후보점으로 등록한다.

다음으로 검출된 신체부위의 후보가 실루엣 외곽선의 어느 방향에서 오는 것인지를 판단한다. 이는 두 손이 모두 몸과 겹쳐졌을 경우 신체부위의 모호한 위치를 판별하기 위함이다. 이를 구현하기 위해 분할된 깊이영상에서 국부 최대 점으로부터 추적을 시작하여 깊이 차가 작은 곳의 평균점으로 위치를 이동시키는 방법을 사용하였다.

$$V_k(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M G_k(x_i, y_i) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N G_{k-1}(x_i, y_i) \quad (7)$$

식 (7)은 본 실험에서 두 인접한 분할 영역간의 이동벡터를 구하는 식으로  $G_k(x_i, y_i)$ 는 현재 분할 영역의 커널함수이고,  $G_{k-1}(x_i, y_i)$  현재 분할 영역과 인접한 분할 영역 중 가장 깊이가 차이가 작게 나는 영역의 커널함수이다. 식에서와 같이  $V_k(x, y)$ 는 두 커널 간 평균 좌표 값의 차이로 얻어진다.

$V_k(x, y)$ 를 구한 후, 재귀적으로  $G_{k-1}(x_i, y_i)$ 를 다시  $G_k(x_i, y_i)$ 로 설정하고 위와 같은 방법으로 진행한다. 이 과정은  $G_{k-1}(x_i, y_i)$  깊이가 실루엣의 평균좌표의 깊이와 같아질 때까지 반복한다. 이와 같은 방법을 통해 V벡터의 이동방향을 검출할 수 있으며 이는 신체부위의 후보영역이 어느 방향에서 온 것인지 확인할 수 있게 해준다.

### 3. 추적방법을 이용한 계산량 감소

위의 과정을 통해 2D 및 3D 영상에서의 신체부위 추정 방법을 제안하였다. 하지만 매 프레임 상기 과정을 반복할 경우 시스템의 계산량이 증가하여 전체적인 인식 속도가 저하될 수 있다. 그리고 연속된 화면인 경우 특정 프레임에서의 심각한 오차로 신체부위가 잘 못 검출될 경우가 생길 수 있고, 이는 시스템의 큰 단점이 된다. 따라서 이를 방지하고 계산량을 줄이기 위해 추적을 통한 연속 영상에서의 신체부위요소 추정 파트를 설계한다. 시스템의 속도를 빠르게 하기 위해 추적 파트를 도입하였으므로 패턴인식이나

그래프컷 등의 계산량이 복잡한 알고리즘은 사용을 피한다. 본 논문에서의 구현하고자 하는 것은 손끝의 위치를 찾는 것이기 때문에 간단히 이전 프레임에서 현재 프레임에서 변화하는 특정 신체부위의 탐색범위만을 지정해주어도 계산량은 크게 줄어든다. 그림 22는 본 논문에서 사용한 추적 파트의 전체 블록도이다.

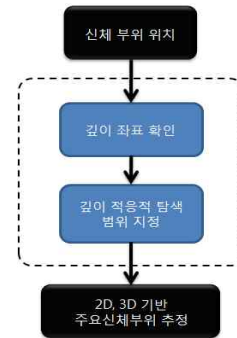


그림 23. 추적 파트 구성도  
 Fig. 23. Tracking Part Diagram

먼저 추정된 각 신체부위의 z축 좌표 위치를 추출한다. 다음 z축 거리에 적응적인 탐색 범위를 지정한다. 이는 물체가 가까운 위치에서 움직일 경우 상대적으로 먼 위치에서 움직인 것 보다 더 큰 범위의 탐색 범위를 지정하는 것이다. 본 실험에서는 base-line에서의 탐색 범위 D를 기준으로 1 깊이 차이에 2픽셀의 가변적인 탐색범위를 지정하였다. 이를 통해 다음프레임에서 신체부위를 검출할 때 탐색 범위를 우선적으로 검출함으로써 한 가지의 신체부위에 다수의 후보가 추정 되었을 경우의 모호함을 줄일 수 있었다.

## IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안하는 알고리즘을 실험하기 위하여 카메라는 VisionST사의 VSTC-P5V라는 카메라를 사용하였으며, 이 카메라는 640\*480 해상도를 지원하고, 128level의 깊이정보를 제공한다. 속도는 다른 스테레오 카메라보다 빠른 30fps를 지원하지만 다이내믹 매칭기법을 사용하여 깊이정보가 옆으로 늘어지는 현상이 나타나는 특징을 가지

고 있다. 본 논문에서는 실내 환경에서의 비접촉식 인터페이스 시스템을 위한 사용자 검출 및 사용자 주요 신체부위 추정 방법을 제안하였기 때문에, 실험환경으로 6종류의 실내 환경에 대해 5명의 사용자를 대상으로 실험을 수행하였다. 각 실험영상은 앞서 언급한 환경과 사용자에게 대해서 500~1000프레임 사이의 영상으로 저장된 영상을 사용하였다. 실험 결과 제안하는 방법은 사용자 검출만 수행하는 경우 수행 속도가 21fps(0.048s/f)로 측정되었고, 주요 신체부위 인식까지 수행하는 경우 17fps(0.058s/f)로 측정되었다. 또한 사용자 검출의 정확도는 사용자 검출 결과 및 배경영역과의 정확한 분리를 측정한 결과 95.2%로 측정되었고, 주요 신체부위 검출의 정확도는 주요 신체부위의 검출 여부 및 위치에 대한 주관적 판단을 통하여 측정된 결과 92.1%의 정확도로 측정되었다.

그림 24는 제안하는 방법과 parvizi<sup>[8]</sup>의 방법을 같은 영상에 적용한 사용자 검출 결과를 비교하여 보여준다. 그림 24의 1열은 입력영상, 2열은 깊이영상이다 3열은 parvizi의 결과, 4열은 제안한 방법의 결과이다. parvizi의 방법은 깊이 정보에 대하여 depth pdf 누적값의 분포에 따른 객체를 분할하는 방법으로 parvizi의 방법을 본 논문에서 언급한 부정확한 깊이 정보에 적용한 그림 24의 3열의 1, 3행은 사용자를 제대로 검출 하였으나, 2행은 몸과 손바닥의 깊이 정보차이로 손이 검출되지 않았고, 4, 5, 6행은 배경과 사용자의 깊이 차이가 적어 주변 물체 혹은 배경과 사용자가 함께 검출된 오검출 결과를 보여준다. 그에 반하여 제안하는 방법은 그림 24의 4열과 같이 1인의 사용자에게 대하여복잡한 배경이나 어두운 배경 등 여러 환경에서도 사용자 객체를 잘 검출함을 볼 수 있다.

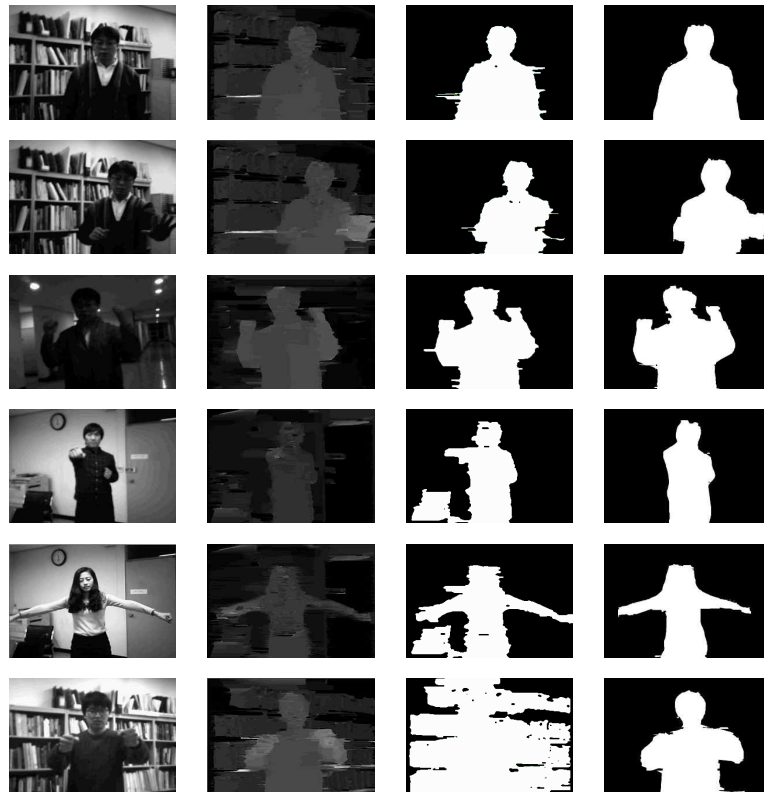


그림 24. 사용자 객체 검출 결과 비교  
 Fig. 24. User Object Detection Result comparison



그림 25. 사용자 주요 신체부위 검출 결과 비교  
 Fig. 25. User Main Body Parts Detection Result Comparison

그림 25는 사용자 객체를 검출한 결과로 나온 사용자 객체의 실루엣과 깊이 정보를 입력 영상으로 하여 제안하는 방법과 Juang<sup>[5]</sup>의 방법을 이용하여 사용자 주요 신체부위를 추정한 결과를 비교한 것이다. 그림 25의 1열은 입력영상, 2열은 검출된 객체의 깊이영상, 3열은 Juang의 방법 결과, 4열은 제안한 방법의 결과이다. Juang의 방법의 경우 2차원 정보만을 사용하였기 때문에 겹치는 부위의 신체부위를 잘 검출하지 못하는 것을 확인할 수 있다. 반면 제안하는 방법은 2차원과 3차원 깊이정보를 혼합 사용한 방법을 이용함으로써 겹쳐진 양 손의 위치에 대해서도 잘 추정함을 확인할 수 있다.

해서 언급하였다. 우선 사용자를 검출하는 방법으로 2차원 움직임 정보와 3차원 깊이정보를 혼합사용하여 2차원 정보만을 사용하는 경우보다 조명이나 환경의 변화에 더욱 강인하고 부정확한 3차원 정보에서도 사용자를 잘 검출하는 방법을 제안하였다. 사용자 주요 신체부위 추정 방법 또한 2차원과 3차원 정보를 혼합 사용하여 2차원 정보만을 이용하였을 때 나타나는 겹침 영역에서의 신체부위 검출에 대한 단점과 색상을 이용한 방법보다 더욱 환경 변화에 강인하고, 부정확한 3차원 정보에서도 사용할 수 있는 추정 방법을 제안하였다.

## V. 결론

본 논문에서는 비접촉식 인터페이스 시스템을 위한 사용자 검출 및 사용자 주요 신체부위를 추정하는 방법에 대

## 참고 문헌

- [1] C. Stauffer and W.E.L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking" Proc. IEEE Int Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.246-252, 1999.

[2] Haritaoglu. I, Harwood. D, Davis. L.S, "W4 : Real-time Surveillance of people and their activities", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.8, Aug.2000

[3] Haritaoglu. I, Harwood. D, Davis. L.S, "W4 : Who? When? Where? What? A Real Time System for Detecting and Tracking People", Automatic Face and Gesture Recognition,1998.IEEE, Vol, No, pp.222-227, Aug.2000

[4] Shao-Yi Chien, Yu-Wen Huang, Bing-Yu Hsieh, Shyh-Yih Ma, Liang-Gee Chen, "Fast video segmentation algorithm with shadow cancellation, global motion compensation, and adaptive threshold techniques," Multimedia, IEEE Transaction on, Vol.6, No.5, pp.732-748, Oct.2004.

[5] Chia-Feng Juang, Chia-Ming Chang, Jiu-Rou Rou, Lee D, "Computer vision-based human body Segmentation and posture estimation", Systems, Man and Cybernetics, Part A, Systems and Humans, IEEE Transactions on, Vol.39, No.1, pp.119-133, Jan.2009

[6] Stella X. Yu, R. Gross and J. Shi, "Concurrent object recognition and segmentation by graph partitioning", Proc. Neural Information Processing Systems(NIPS'02), pp.1383-1390.

[7] Ismail Haritaoglu. David Harwood, Larry S. Davis, "W4S: A Real-Time System for Detecting and Tracking People in 2.5D", ECCV'98 In Computer Vision, Vol, No, pp., 1998

[8] Parvizi. E, Wu, Q.M.J, "Multiple Object Tracking Based on Adaptive Depth Segmentation", Computer and Robot Vision 2008, Canadian Conference on, Vol, No, pp.273-277, May.2008

[9] Yinghua Shen, Chaohui Lu, Pin Xu, "Stereoscopic Video Object Segmentation Based on Disparity Map", Measuring Technology and Mechatronics Automation 2010, Vol.3, No, pp.493-495, March.2010

[10] Boykov, Y, Kolmogorov. V, "An Experimental Comparison of Min-Cut/Max-Flow Algorithms for Energy Minimization in Vision", IEEE Transactions on PAMI, Vol.26, No9, pp.1124-1137, 2004

[11] Fujiyoshi. H, Lipton A.J, "Real-time human motion analysis by image skeletonization" Applications of Computer Vision, 1998, WACV98, Proceedings, Fourth IEEE Workshop on, Vol., No., pp.15-21, Oct.1998

[12] Haritaoglu. I, Harwood. D, Davis L.S, "Ghost : a human body part labeling system using silhouettes", Pattern Recognition, 1998.Proceedings, Fourteenth International Conference on, Vol.1, No., pp.77-82, Aug.1998

[13] Sangho Park, J.K. Aggarwal, "Segmentation and Tracking of Interacting Human Body Parts under Occlusion and Shadowing", Proc. Motion and Video Computing(MOTION'02), pp.105-111, Dec.2002.

[14] Kikuo Jujimura, Touding Zhu, Victor Ng-Thow-Hing, "Estimating Pose from Depth Image Stream", IEEE International Conference on Humanoid Robots 2005, pp.154-160, 2005.

[15] Y. Ma, S. Worrall, A.M. Kondoz, "Automatic video object segmentation using depth information and an active contour model," Multimedia Signal Processing, 2008 IEEE 10th Workshop on, pp.910-914, Oct.2008.

[16] Comaniciu D, Meer P, "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol, No, pp.603-619, 2002

저 자 소 개



이 재 원

- 2004년 3월 ~ 2009년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사
- 2009년 3월 ~ 2012년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사
- 2012년 3월 ~ 현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정
- 주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 멀티미디어시스템



홍 성 훈

- 1988년 2월 영남대학교 전기공학과 공학사
- 1991년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사
- 1999년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사
- 1991년 ~ 2000년 7월 LG전자 DTV 연구소 책임연구원
- 2007년 ~ 현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 의료영상처리, 영상부호화, 멀티미디어시스템