

원통좌표시스템을 이용한 상반신 포즈 분석

박재완, 김대영, 이철우
 전남대학교 전자컴퓨터공학과
 e-mail: cyanlip@naver.com

Upper-body Pose Analysis using Cylindrical Coordinate System

Jae-Wan Park, Dae-Young Kim, Chil-Woo Lee
 Dept of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

요 약

본 논문에서는 깊이영상에서 상반신 포즈 분석을 위하여 원통좌표시스템을 제안한다. 깊이영상에서 포즈 후보 영역을 설정하고, 포즈 후보 영역을 이용하여 카메라로부터 신체 중심점까지의 거리와 신체 특징에 따라 원통좌표계를 설정한다. 그리고 밝기값으로 표현되는 깊이 정보를 이용하여 특징벡터를 추출한다. 추출된 원통좌표계의 특징벡터는 원형의 특징공간에 표현되고 포즈 패턴으로 분류된다. 그리고 포즈 패턴들은 특징벡터들의 평균값을 이용하여 학습되고 미리 정의된 포즈 패턴들과 유클리디언 거리로 비교하여 포즈로 분류된다. 본 논문은 상반신 포즈 후보 영역에 동적인 원통 모델을 적용하여 간단한 연산을 통해 머리와 몸통, 팔을 구분할 수 있도록 효과적인 포즈 정보 추출에 목적을 두고 있다.

1. 서론

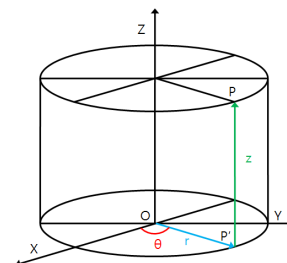
본 논문은 원통좌표계를 기반으로 하는 깊이영상을 이용하여 포즈를 분석하는 방법에 대하여 연구하였다. 깊이 영상에서 신체 영역만을 검출하여 사용자의 의도를 분석하는 것은 어려운 일이다. 그리고 인간이 어떠한 행동을 표현하기 위해서 사용하는 포즈는 다양한 의미를 가지고 있을 수 있다. 그러므로 포즈를 인터페이스로 사용하기 위해서는 정해진 상황에 필요한 포즈를 직관적으로 이해할 수 있도록 분석해야 한다. 본 논문에서 제안하는 원통좌표시스템은 간단한 연산을 통해 특징벡터를 추출하고 포즈를 분석할 수 있도록 효과적인 포즈 정보 추출에 목적을 두고 있다.

2. 원통좌표계

본 논문에서는 저렴하고 설치가 간단한 키넥트 카메라를 사용하여 깊이 영상을 획득하였다. 그리고 포즈의 특징을 표현하기 위하여 3축 벡터로 표현되는 직교좌표계를 사용하지 않고 신체가 가진 특징인 좌우 대칭을 쉽게 표현할 수 있는 원통좌표계를 사용하였다. 임의의 점 P를 원통좌표계와 직교좌표계에서 표현하는 방법은 그림 [1]과 같다. 원통좌표계는 3차원 공간을 나타내기 위해 평면 극좌표계에 평면에서부터 높이 h를 추가하여 이루어지는 좌표계이다. 3차원 공간의 점 P의 직교좌표는 $P(x_p, y_p, z_p)$ 로 표현되고 원통좌표는 $P(r_p, \theta_p, h_p)$ 로 표현된다.

이 때, r은 h축이 위치한 원점에서부터 P까지의 거리를 나타낸다. 그리고 θ 는 양의 x축 방향에서 시계방향으로

측정한 OP'까지의 각도를 나타낸다. (그림 1)처럼 원통좌표계는 원점O에서 좌우 대칭을 이루고 있기 때문에 신체의 중심으로 설정할 수 있다.



a. 직교좌표계에서 획득한 특징 벡터 $P(x_p, y_p, z_p)$

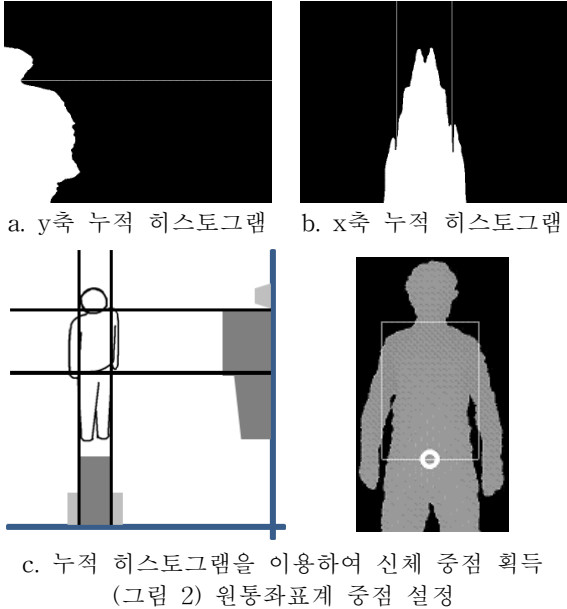
b. 원통좌표계에서 획득한 특징 벡터 $P(r_p, \theta_p, h_p)$

(그림 1) 직교좌표계와 원통좌표계에서 임의의 점 P의 표현

3. 실험내용

본 논문에서는 키넥트 카메라와 키넥트 카메라를 PC에 연결하기 위해 CLNUI 라이브러리와 OpenCV 라이브러리를 이용하여 실험하였다. 그리고 키넥트 카메라의 왜곡은 고려하지 않았으며, 사용자는 몸이 기울어지지 않은 자세로 서있는 상태를 가정하였다. 본 논문에서 깊이영상을 획득할 때, 깊이정보는 카메라로부터 거리에 따라 가까울수록 큰 밝기값으로 표현된다. 그러므로 실험에 앞서 키넥트에서 영상을 획득할 수 있는 거리에 따른 밝기값을 미리 설정해두었다. 그 후, 사용자가 자유롭게 포즈를 취할 수 있는 거리에 대해서 임계값으로 제한하였다. 그리하여 포

즈 후보 영역인 신체를 검출할 때, 임계값을 초과하는 거리에 해당하는 영역은 배경으로 제거하였다. 깊이영상에서 배경을 제거하고 전경을 분리 후, (그림 2)와 같이 깊이영상의 x축, y축에서의 누적 히스토그램을 이용하여 신체의 중심이 되는 몸통부분을 추출한다.

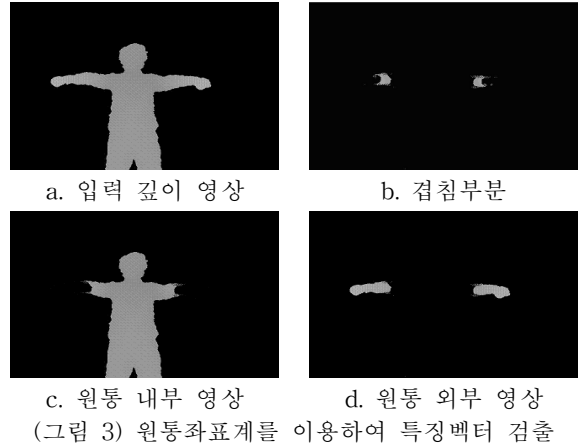


미리 측정한 밝기값에 따른 거리값과 신체 중점의 밝기값을 이용하여 z축 벡터를 추출할 수 있다. 그러므로 신체 중점의 밝기값, x축 벡터, y축 벡터를 기준으로 직교좌표계에서 원통좌표계로 변환이 가능하게 된다. 직교좌표의 x축, y축, z축 벡터를 가지고 있는 특징벡터는 일정한 공식에 따라 원통좌표 벡터들로 변환된다. 직교좌표계를 원통좌표계로 변환하는 식은 다음 식(1)과 같다.

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}, \theta = \tan^{-1} \frac{y}{x}, h = z \quad (1)$$

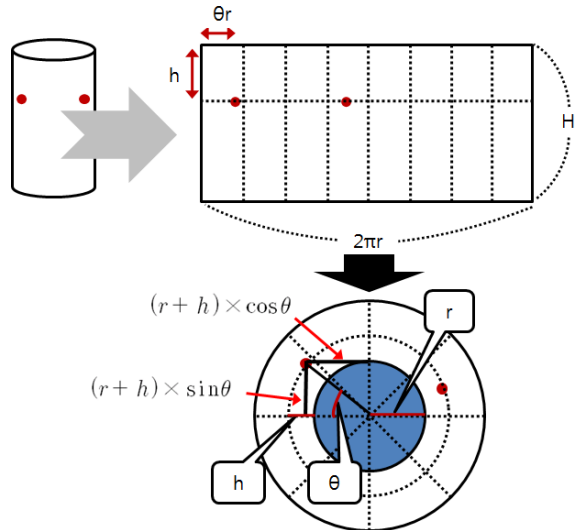
누적 히스토그램을 통해 신체 중점을 획득한 후, 원통좌표계로 변환된 중점을 이용하여 2개의 원통모델을 구성한다. 그리고 원통좌표계에서 필요한 요소인 h와 r은 신체의 중점을 이용하여 중점으로부터의 임의의 값을 설정한다. 높이 h를 고려하지 않을 때, 원통좌표계에서의 2개의 원통모델은 원통모델 중심의 축으로부터 같은 거리에 있는 특징벡터를 추출할 수 있도록 내부 원통 모델과 외부 원통 모델로 구성된다. 그리고 (그림 3.c, 3.d)와 같이 내부 원통 모델은 원통 모델 내부의 영역을 제외한 부분을 검출하고 외부 원통 모델은 원통 모델 외부의 영역을 제외한 부분을 검출한다. 그리하여 (그림 3.b)와 같은 겹침 부분과 겹침 부분의 원통좌표를 획득할 수 있다.

두 원통 모델을 사용하여 얻어진 특징벡터는 원통좌표계의 특징을 잘 보여줄 수 있는 2차원의 원형 특징공간에 투영시킨다. 원통좌표계를 적용하여 얻어진 특징벡터는 중점으로부터의 각도 θ , 거리 r, 높이 h로 표현된다.



이 세 개의 값에 식(2)과 같은 회전공식을 적용하면 (그림 4)와 같은 형태로 원형 특징공간에 특징벡터를 투영시킬 수 있다.

$$\begin{pmatrix} (r+h)\cos\theta \\ (r+h)\sin\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r+h \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

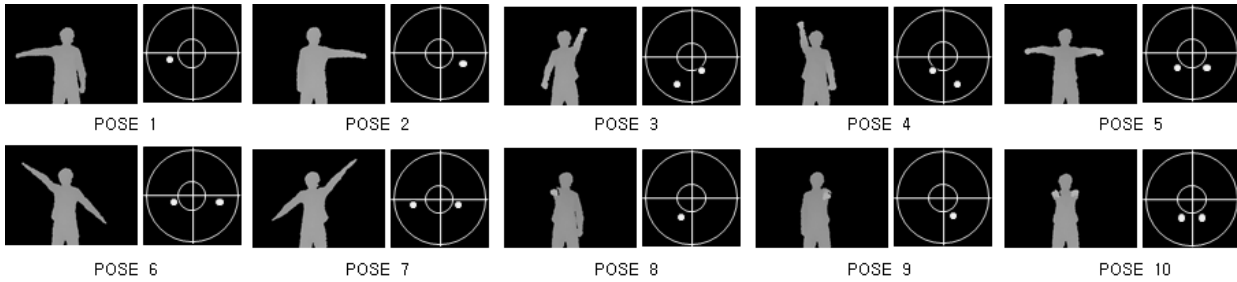


(그림 4) 원형 특징공간에 특징벡터 투영

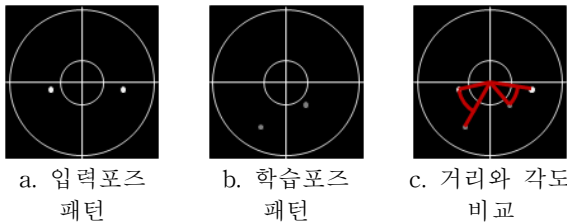
본 논문에서 제안한 방법을 이용하면 (그림 5)와 같이 원통의 개수에 따라 상반신 포즈의 특징 벡터의 개수는 늘어나게 되고 포즈를 표현할 수 있게 된다.

4. 실험결과

원형 특징공간에 투영된 포즈 패턴의 특징벡터들은 유클리디언 거리를 이용하여 학습된 포즈 패턴들과 비교하여 포즈로 분석된다. 그리고 학습된 포즈 패턴들은 원점에서부터의 거리와 각도로 표현된다. 그러므로 학습된 포즈 패턴에서 각 사분면마다 투영되는 특징벡터들을 원점에서부터의 거리와 각도를 비교하여 입력되는 포즈 패턴들과의 유사도를 찾는다.



(그림 5) 정의된 포즈와 원형 특징공간에 투영된 포즈 패턴



(그림 6) 유클리디언 거리를 이용한 특징벡터들의 비교

유클리디언 거리를 이용하여 유사도를 측정할 때는 다음 식(3)을 적용하여 특징벡터들간의 거리와 각도를 비교한다.

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n \sin(\theta_{p_{ij}} - \theta_{q_{ij}}) \cdot \sqrt{(r_{p_{ij}} - r_{q_{ij}})^2} \quad (3)$$

식(3)에서 n은 사분면 내의 유효한 특징벡터들의 개수이고, 각 사분면에서 특징벡터들간의 거리와 각도의 유사도를 구하여 최소값을 가질 때 학습된 포즈 패턴과 가장 유사하다고 추정한다.

5. 결론

본 논문에서는 원통좌표계를 기반으로 하는 깊이영상을 이용하여 상반신 포즈를 분석하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법을 사용하게 되면 원통좌표계에서 얻을 수 있는 정보인 중점에서의 각도와 거리를 이용해 특징 벡터를 생성할 수 있다. 그리고 상반신 포즈에 대한 특징 벡터는 원형 패턴으로 보여질 수 있었다. 키넥트 카메라에서 제공하는 신체 관절 정보를 전부 사용하지 않더라도 본 논문에서는 원통좌표계 시스템을 통해 원형패턴으로 보여지는 특징 벡터들만을 이용해서 포즈를 분석할 수 있었다.

Acknowledgement

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음"
(NIPA-2012-H0301-12-3005)

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 지능로봇을 위한 3D 센싱 및 비전 기반 사람/물체 인식 기술 개발 지원사업의 연구결과로 수행되었음

(NIPA-2011-C7000-1001-0007)

"본 연구는 지식경제부 주관 지역SW융합사업의 지원을 받았습니다."

참고문헌

- [1] 노진우, 홍정화, 고한석, "원통 모델과 스테레오 카메라를 이용한 포즈 변화에 강인한 얼굴인식", 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제31권 제7호, 2004.7, 929-938
- [2] David Droschel, Sven Behnke: 3D Body Pose Estimation Using an Adaptive Person Model for Articulated ICP. ICIRA (2) 2011: 157-167
- [3] Pehlivan, S., Duygulu, P., "3D human pose search using oriented cylinders", ICCV2009 workshop 3D Pose and Action. 2009.
- [4] Ohryun Kwon, Junchul Chun, Poem Park, "Cylindrical Model-Based Head Tracking and 3D Pose Recovery from Sequential Face Images", ICHIT '06 Proceedings of the 2006 International Conference on Hybrid Information Technology - Volume 01 Pages 135-139.
- [5] Kardelen Hatun, Pinar Duygulu, "Pose Sentences: A new representation for action recognition using sequence of pose words", in Proc. ICPR, 2008, pp.1-4.
- [6] N. Dalal and B. Triggs. "Histograms of oriented gradients for human detection", In CVPR, 2005.