

웹캠 기반 무구속 신장측정 시스템 모델링

최화진, 신항식
전남대학교 의공학과

Modeling for Webcam-based Height Measurement System

Hwajin Choi, Hangsik Shin
Department of Biomedical Engineering, Chonnam National University

Abstract - 본 연구는 무구속 신장측정 기초연구로 웹캠을 기반으로 한 무구속 신장측정 시스템을 모델링하고 실험을 통해 가능성을 평가한다. 시스템 모델링은 웹캠의 수직화각, 피사체까지의 거리, 웹캠의 높이, 웹캠 해상도 등을 고려하여 수행되었다. 개발된 모델의 정확도는 실제 높이를 마커로 표시하고, 획득된 영상에서 마커를 추출한 뒤 실제높이를 추정하는 방법으로 평가 되었다. 실험에서 마커는 150 cm부터 200 cm 까지 5 cm 간격으로 위치하였다. 결과적으로 영상기반으로 추정된 높이는 실제 높이를 과추정(over-estimated)하며, 높이에 따라 -4.5% ~ -1.6%의 오차율을 가지는 것으로 나타났다. 하지만, 오차율이 높이와 일관된 비례양상을 보여 보상 파라미터를 통해 정확도를 향상시킬 수 있는 가능성을 보였다.

1. 서 론

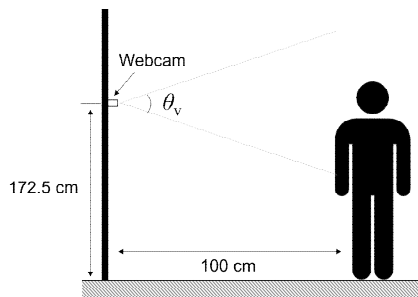
최근 건강과 신체 발달에 대한 사회적인 관심이 커지면서 신체 발달 정도를 측정하는 것에 많은 시선들이 모이고 있다. 신장은 병원, 학교, 가정집 등 장소에 구애 없이 측정이 가능하며 외형적인 변화를 쉽게 관찰할 수 있다는 점에서 신체 발달의 변화를 가장 쉽게 알 수 있는 방법 중 하나이다. 신장 측정에 관한 장비들과 기술들은 발전하고 있으며 발전된 장비를 사용하는 사람들은 증가하고 있다[1].

이와 같은 신장 측정 장비는 수동으로 측정하는 장비와 모터를 이용한 자동 측정 장비가 있다. 두 장비 모두 헤드바를 위 아래로 조절함으로써 사람의 신장을 측정하는데 다수의 사람들을 대상으로 수행할 경우 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다. 또한 자동 측정 장비일 경우 헤드바의 움직이는 속도가 느려 측정 대상자인 사람은 헤드바가 머리를 접촉할 때까지 부동된 자세로 있어야 하고, 이로 인해 몸이 긴장하게 되어 불편함을 느낄 수 있다. 이러한 기존 장비의 단점을 개선한 빠른 측정이 가능하면서 비 접촉적인 초음파 센서를 이용한 신장 측정 방식도 있다. 이는 상온에서 가장 정확하게 측정이 되지만 온도에 따라 오류가 발생할 가능성이 있다[2]. 따라서 본 논문에서는 웹캠을 기반으로 한 무구속 신장 측정의 가능성에 대해 연구를 실시하였다.

2. 웹캠 기반 사용자 신장 측정 방법

2.1 실험환경

<그림 1>은 벽면에 부착된 웹캠을 사용하여 사용자의 신장을 무구속적으로 측정하기 위한 실험 환경 및 구성을 보여준다. 본 실험에서는 웹캠을 바닥으로부터 172.5 cm 높이에 위치시켰고 웹캠과 사용자간의 거리를 100 cm로 지정하였다. 웹캠은 Logitech사의 HD webcam C270을 사용하였다. 사용된 웹캠은 60°의 화각(FOV, Field of View), 1280 x 720의 공간해상도(동영상의 경우 800 x 600)를 가진다[3]. 영상의 측정 및 처리를 위해서는 Raspberry PI b+를 사용하였다. 소프트웨어는 Matlab r2014b과 Simulink, Raspberry pi HW support package 환경에서 개발되었다.



<그림 1> 신장측정 환경 및 방법

2.2 사용자 신장 추출 알고리즘

일반적으로 카메라 사양서에 기재되는 화각은 대각선화각(diagonal FOV)를 의미한다. 본 연구에서는 피사체의 수직방향으로의 길이를 구하는 것이 목적이므로, 수직화각(vertical FOV)를 알 필요가 있다. 대각선화각에서 수직화각을 유도하는 방법은 <그림 2>와 같다. <그림 2(a)>는 캡처되는 영상의 크기, 거리와, 대각선화각, 수직화각 등의 관계를 보여준다. 여기서 W, H는 각각 영상의 가로, 세로크기를 의미하고 θ_d , θ_v 는 각각 대각선화각, 수직화각을 의미한다. 여기서 대각선의 길이 b는 피타고라스의 정리에 의하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$b = \sqrt{W^2 + H^2} \quad (식 1)$$

<그림 2(b)>는 대각선방향의 삼각형으로 b는 대각방향 길이, a는 피사체까지의 거리를 의미한다. 여기서 a를 b와 θ_d 를 사용하여 표현하면 다음 (식 2)와 같다.

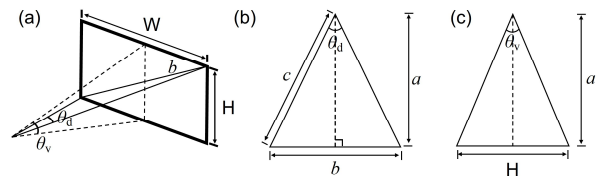
$$\tan\left(\frac{\theta_d}{2}\right) = \frac{b}{2a}, \quad (식 2)$$

$$a = \frac{b}{2 \tan(\theta_d/2)} = \frac{\sqrt{W^2 + H^2}}{2 \tan(\theta_d/2)}$$

<그림 2(b)>는 수직방향 삼각형을 나타내며 수직화각 θ_v 는 다음 (식 3)과 같이 a와 H에 의한 식으로 표현할 수 있다.

$$\tan\left(\frac{\theta_v}{2}\right) = \frac{H}{2a} \quad (식 3)$$

$$\theta_v = 2 \tan^{-1}\left(\frac{H}{2a}\right)$$



<그림 2> 수직화각 유도과정 (a)대각선화각과 수직화각간 관계, (b) 대각선방향 삼각형((a)의 실선), (c) 수직방향 삼각형((a)의 점선)

(식 3)에 (식 2)를 대입하면 다음과 같은 수식을 유도할 수 있다.

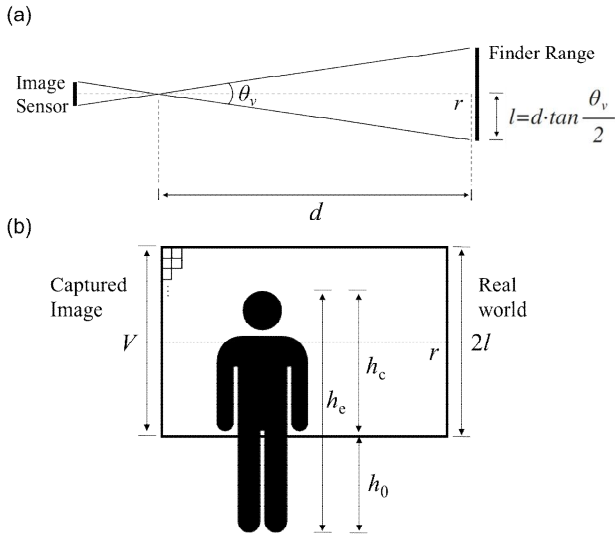
$$\theta_v = 2 \tan^{-1}\left(\frac{H}{2a}\right) = 2 \tan^{-1}\left(\frac{H}{\frac{\sqrt{W^2 + H^2}}{\tan(\theta_d/2)}}\right) \quad (식 4)$$

본 연구에 사용된 C270의 FOV는 60°이고, 획득된 영상의 크기가 800 x 600 (W x H)인 것으로부터 획득된 영상의 수직화각은 다음과 같이 유도될 수 있다.

$$\theta_v = 2 \tan^{-1}\left(\frac{600}{\frac{\sqrt{800^2 + 600^2}}{\tan((\pi/3)/2)}}\right)$$

$$= 2 \tan^{-1}\left(0.6 \tan\left(\frac{\pi}{6}\right)\right)$$

$$= 0.6669 \text{ (rad)} \approx 38.2^\circ$$



<그림 3> 실제 피사체와 획득된 영상의 비교 (a) 획득영상의 범위와 수직화각의 관계 (b) 획득영상 픽셀과 실제영상의 관계 및 획득된 영상내의 피사체 범위

<그림 3>은 획득된 영상과 실제 피사체의 관계를 보여준다. <그림 3(a)>는 수직화각과 피사체 길이의 관계를 보여주고, <그림 3(b)>는 실제 피사체 길이와 획득된 영상 픽셀간 대응을 보여준다. <그림 3(a)>에서 d 는 카메라에서 피사체까지의 거리, <그림 3(b)>에서 h_0 는 영상에 기록되는 최소 높이(오프셋), h_c 는 영상에 기록된 피사체의 길이, h_e 는 영상을 통해 추정된 신장을 의미한다. <그림 3>에서 l , h_0 는 다음과 같이 유도될 수 있다.

$$l = 100(\text{cm}) \times \tan 19.1^\circ \approx 34.63(\text{cm})$$

$$h_0 = r - l = 172.5 - 34.63 = 137.87(\text{cm})$$

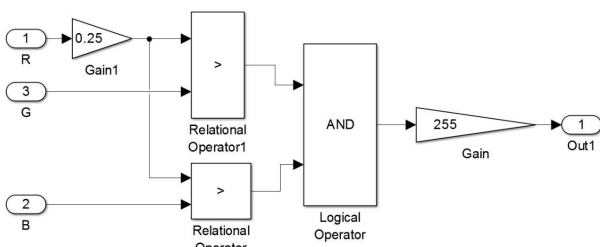
V 는 기록된 영상의 세로방향 픽셀수(해상도)로 실제 영상길이($2l$)에 해당하므로, 하나의 픽셀당 길이 $c_p(\text{cm}/\text{pixel})$ 는 다음과 같이 계산할 수 있다(식 5). 여기서 기록된 영상에서 피사체의 상단경계에 해당하는 픽셀(피사체 길이 만큼의 픽셀 개수, V_c)와 c_p 의 곱(식 6)을 통해 피사체의 길이 h_c 를 유추할 수 있다. 결과적으로 피사체의 신장 h_e 는(식 7)을 통해 계산 된다.

$$c_p = 2l / V = 69.26 / 600 = 0.1154 \quad (\text{식 } 5)$$

$$h_c = c_p V_c \quad (\text{식 } 6)$$

$$h_e = h_0 + h_c \quad (\text{식 } 7)$$

본 연구에서는 피사체의 끝점을 추출하기 위하여 붉은색 점 형태의 마커를 사용하였다. 마커를 사용하여 특정 위치를 표시하고 영상 획득 후 붉은색 점을 추출하면 해당 위치의 좌표값을 알아낼 수 있다. <그림 4>는 영상의 붉은색점을 추출하는 과정을 보여준다. 붉은색 점은 영상을 RGB로 분리한 후 R성분이 G와 B성분 보다 4배이상 공통적으로 큰 경우 마커로 인식하도록 하였다.



<그림 4> 마커(붉은색) 추출을 위한 영상처리 프로세스

2.3 실험 및 결과

앞에서 설정된 모델에 대한 실험적 유의성을 검증하기 위하여 마커를 이용한 실험을 수행하였다. 마커는 길이 2미터인 직선위에 5cm 간격의 붉은점으로 표시하였으며, 영상처리 기술을 사용해 획득된 영상에서 마커의 좌표를 추출하고(식 6), (식 7)에 의하여 실제 높이를 추정하였다. <표 1>은 이상의 과정에서 계산된 높이(h_e)와 오차를 보여준다.

결과적으로 실험결과는 -4.5 ~ -1.6% 오차율을 보여준다. 오차는 전체적으로 과추정(over-estimated)되었으며, 실제 길이가 길어질수록 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 오차의 원인으로 몇 가지를 고려할 수 있다. 먼저, 수직화각의 오차를 고려할 수 있는데, 본 연구에 사용된 수직화각은 제조사에서 제공한 값이 아닌, 계산을 통해 산출된 값으로 실제 값과 차이를 가질 수 있다. 화각이 실제 사양서와 비교하여 종종 차이를 보이는 것을 고려하면 이 오차는 카메라가 기본적으로 가지고 있는 오차에 속하므로 후처리를 통해 개선이 필요하다. 또다른 오차원인으로는 부착된 카메라의 각도 또는 부착 위치 오차를 고려할 수 있다. 이는 실험 결과가 일괄된 과추정을 보이는 것을 고려할 때 쉽게 유추할 수 있는 부분으로 수평계, 기울임센서 등을 적용하여 오차를 보정하거나 초기 실험환경 설정을 수정할 필요가 있다.

<표 1> 마커를 이용한 실험 결과 및 오차 비교

실제값	V_c	$h_0(\text{cm})$	$h_c(\text{cm})$	$h_e(\text{cm})$	오차(cm)	오차율(%)
150	163	137.9	18.8	156.7	-6.7	-4.5
155	202	137.9	23.3	161.2	-6.2	-4.0
160	235	137.9	27.1	165.0	-5.0	-3.1
165	281	137.9	32.4	170.3	-5.3	-3.2
170	324	137.9	37.4	175.3	-5.3	-3.1
175	364	137.9	42.0	179.9	-4.9	-2.8
180	407	137.9	47.0	184.8	-4.8	-2.7
185	444	137.9	51.2	189.1	-4.1	-2.2
190	494	137.9	57.0	194.9	-4.9	-2.6
195	527	137.9	60.8	198.7	-3.7	-1.9
200	566	137.9	65.3	203.2	-3.2	-1.6

3. 결 론

본 연구는 웹캠 기반 무구속 신장 측정 가능성 검증을 위한 기초 연구로, 웹캠기반 측정에 대한 수학적 모델링을 수행하고 실험을 통하여 정확성을 검증하였다. 높이 측정 실험결과 측정 오차는 대략 1.6%에서 4.5%로 나타났다. 오차의 주요 원인은 미세한 수직화각 오차, 실험상 오차(웹캠의 기울어짐, 피사체까지의 거리 오류, 웹캠 부착 높이 오류)등을 고려할 수 있다. 이 중 수직화각 오차는 웹캠이 기본적으로 가지고 있는 오차로 사후 보정 파라미터 도출을 통해 보정될 수 있다. 연구의 결과를 살펴보면, 일관적인 오차의 변화를 보여주고 있다. 이 것은 웹캠의 기울어짐 등에 의한 측정상 오차로 판단되며 향후 보다 견고한 실험환경을 조성할 필요가 있음을 시사한다. 또한, 본 연구에서는 평면 화각을 가정하고 있어 주변부로 갈수록 오차가 증가할 수 있다. 향후연구에서 곡면을 고려한 모델링을 통해 오차 범위를 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 본 연구에서는 위치 검출을 위한 색상 마커를 사용하였는데, 향후 색상마커없이 영상 차분등의 처리과정을 통한 위치검출 알고리즘이 추가될 필요가 있다.

[감사의 글]

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2015-H8601-15-1009)

[참 고 문 헌]

[1] 이재광, 김영혁, 임일권, 이재필, "초음파센서와 Kinect를 결합한 키 측정 방식에 관한 연구", 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, 185-186, 2012.11
 [2] 최중현, 배재진, 김석훈, 조진성, "초음파 센서를 이용한 신장 측정 기법", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 39(1), 169-171, 2012.6
 [3] Logitech HD Webcam C270 Technical Specifications. http://support.logitech.com/en_us/article/17556 (2015.05.25.)