개인 맞춤형 추천모듈을 위한 전신 신체사이즈 추출

박용희¹, 진성아^{1*}

¹성결대학교 멀티미디어공학부

Extraction of full body size parameters for personalized recommendation module

Yong-hee Park¹ and Seongah Chin^{1*}

¹Division of Multimedia Engineering, Sungkyul University

요 약 인체측정학(Anthropometry)은 자동차, 가전제품, 의료기기 및 스포츠 용품 등 다양한 분야에서 소비자의 만족도와 사용 효율성을 최적화하기 위해 조사되고 연구되어 왔다. 하지만 아직까지 인체 측정 방식은 체측자를 이용한 직접측정 또는 스캐너나 디지털 측정기 등 고가의 장치에 의존적인 방법에서 벗어나지 못하고 있다. 따라서 본 연구는 사진으로부터 신체인식 알고리즘을 이용하여 신체사이즈를 자동으로 추출하고, 의류추천 및 자전거 피팅사이즈 서비스 등에 활용가능성을 제시한다. 이를 위해 Haar-like features와 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 빠른 속도와 높은 정확도로 영상콘텐츠 내에서 신체 영역을 검출한다. 이후 AAM(Active Appearance Model)을 이용하여 특징점을 검출하고 도출된 측정치에 최적화된 상품을 추천하는 지능형 모듈 시스템을 구현하고 성능평가를 제시한다.

Abstract Anthropometry has been broadly explored in various fields including automobile industry, home electronic appliances, medical appliances and sports goods with aiming at reaching satisfaction to consumer's need and efficiency. However, current technologies to measure a human body still have barriers in which the methods mostly seem to be contingent on expensive devices such as scanner and digital measuring instruments and to be directly touchable to the body when obtaining body size..

Therefore, in this paper, we present a general method to automatically extract size of body from a real body image acquired from a camera and to utilize it into recommend systems including clothing and bicycle fitting. At first, Haar-like features and AdaBoost algorithm are employed to detect body position. Then features of body can be recognized using AAM. Finally clothing and bicycle recommending modules have been implemented and experimented to validate the proposed method.

Key Words : Body Size, Fitting System, AAM, Anthropometry, Body Feature

1. 서론

정보통신 인프라의 확충과 디지털 원천기술 발달로 인해 전통적인 방식과 첨단기술의 시너지를 창출하는 융합기술이 촉진되고 있다. 예컨대, 디지털휴먼 모델링 기술을 이용하여 사용자 중심의 디자인 컨셉을 적용한다면 비용절감 및 프로세스 향상을 불러일으킬 것이다. 인터넷 의류 쇼핑몰에서는 상품의 물리적 접촉이 어렵기 때문에 구매에 대한 위험지각 수준이 높으며, 실제

로 인터넷 쇼핑몰 제품 구매 시 16.5%는 정확한 사이즈를 선택할 수 없다는 의견이 있다[1]. 현재 인체측정에 사용되고 있는 기술은 스캐너와 같은 고가장비를 이용하여 인체사이즈 정보를 측정하고 있기 때문에 범용성을 유지하지 힘들다. 개인화 시대에 자신의 신체에 최적화된 물품구매와 디자인을 중요시하는 개성의 시대에 범용적이며 저비용 고효율에 적합한 맞춤형 신체측정기술 개발이 요구되고 있다[2].

따라서, 본 연구에서는 카메라로부터 얻어진 2차원 영

*교신저자 : 진성아(solideochin@gmail.com)

접수일 10년 09월 13일

수정일 (1차 10년 11월 25일, 2차 10년 12월 13일)

게재확정일 10년 12월 17일

[그림 1] 시스템 개괄도

상을 이용하여 특정 장비 없이 개개인의 신체 특징을 자동으로 추출할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다. 또한 추출된 신체사이즈를 활용하여 맞춤형 의류추천과 자전거 피팅 모듈을 제시하였다. 본 연구 결과는 비용절감과 프로세스향상에 기여할 것으로 기대된다. 그림 1은 시스템 개괄을 도식화한 것으로 입력영상으로부터 신체부위를 검출하고 특징점을 자동으로 찾은 후 신체사이즈를 도출하여 체형을 판단한다. 추출된 신체사이즈를 이용하여 적합한 의류추천 및 자전거 피팅 추천 기능을 제공한다.

2. 신체정보 추출

2.1 신체 특징점 정의

사이즈코리아는 한국인에 맞는 제품개발과 생활공간 디자인의 편의성을 제공하기 위하여 인체표준정보 DB를 구축하고 운영하고 있다. 인체정보를 측정하기 위해 신체 기준점을 총 70개로 정의하였다.

본 연구에서는 실행의 효율을 고려하여 신체사이즈 정의에 반드시 필요한 특징점을 도출하였다[3]. 정의된 특징점은 의류나 바이크 추천에서 요구되는 신체특징 부위를 충분히 표현할 수 있는 최소한의 특징점을 의미한다. 머리부위 6개, 목 부위 4개, 몸통부위 12개, 팔부위 10개, 다리부위 17개로 총 49개의 특징점으로 재정의 하였다.

2.2 신체 검출

신체 검출은 입력된 영상에서 신체의 위치와 크기를 찾아내는 단계로, 신체인식을 수행하기 위해 반드시 필요한 선행 단계이다. 차영상기법과 모션 세그먼트를 이용한 손 인식기술은 가상입력시스템의 가능성을 제시한바 있다[4]. 정확한 신체 검출 없이는 안정적인 신체 인식을 수행할 수 없으므로, 신체 검출은 신체 인식 기술에 있어 매우 중요한 기술이다.

본 논문에서는 아다부스트(Adaptive Boosting, 이하

AdaBoost) 알고리즘과 Lienhart의 Haar-like features를 기반으로 제작된 Kruppa의 Scaleparts를 사용하였다[5, 6]. 기존의 특징점 검출기능은 낮은 해상도에서는 쉽게 식별할 수 없다. 하지만 Scalesparts는 기존 특징점 검출과 달리 낮은 해상도에서도 탐지가 가능하도록 실루엣을 사용하여 신체를 검출한다.

2.3 신체특징 추출

AAM(Active Appearance Model)은 물체의 형상(shape)과 외형(appearance)의 통계적 모델을 새 이미지에 정합하는 알고리즘이다[7].

2.3.1 AAM 모델링

신체의 특징점 개수를 v 개, 모델링에 사용되는 신체 모델 영상의 개수는 m 개라고 하자. 이 때, 각 신체의 AAM 형상(shape) X 는 v 개 특징점 벡터로 정의한다.

$$X_m = (x_{m1}, y_{m1}, x_{m2}, y_{m2}, \dots, x_{mv}, y_{mv})^t \quad (2)$$

여기서 (x_m, y_m) 는 신체의 m 번째 특징점의 좌표를, t 는 벡터와 행렬의 전치(transpose)를 의미한다. 이 때, 각 신체의 형상 벡터 X_m 은 신체의 특징점들을 비슷한 위치로 정렬하기 위해서 Procrustes 분석을 통해 정규화 한다[8].

이미지 형상 X_m 을 이미지의 개수만큼 PCA (Principle Component Analysis)하여[9], 평균 형상 $\bar{x}$ 과 n 개의 형상 고유벡터(eigenvector) $x_i (i=1, \dots, n)$ 를 구한다. 이렇게 얻은 평균 벡터와 고유벡터가 2차원 신체형상의 모델 X 가 된다.

$$X = \bar{x} + P_s \vec{b}_s, \quad (P_s = [x_1, \dots, x_n], \vec{b}_s = [b_1, \dots, b_n]^t) \quad (3)$$

형상 모델에 사용되는 고유벡터의 개수를 나타내는 n

은 m 개의 공분산 행렬의 고유벡터(eigen vector)들에 대한 고유치(eigenvalue)들을 크기별로 정렬하고 전체 n 개의 고유벡터에서 상위 95% 정도의 에너지를 가지는 개수로 결정한다. 신체형상 벡터 $\vec{b}_s$ 는 형태만을 가지는 것이며 특징점들의 위치관계만을 고려하게 된다. 이는 형태에 대한 정보만 있게 되는 것이며 AAM을 완성하기 위해서는 신체의 텍스처, 즉 픽셀의 명암값 자체에 대한 정보를 분석하여야 한다. 각각의 이미지들의 모든 특징점을 평균 형상 $\bar{x}$ 에 정합되도록 들로니 삼각법 알고리즘(Delaunay triangulazation algorithm)[10]을 이용하여 모델 이미지들을 워핑(Warping)을 함으로써 얻을 수 있다. 이후, 형상 정규화된 모델 이미지들로부터 텍스처의 광원에 대한 효과를 최소화 하기 위해서 스케일링 상수 α , offset β , 단위행렬 I , 입력 텍스처 g_{im} 을 이용하여 정규화 텍스처 g 를 구한다.

$$g = (g_{im} - \beta \cdot I) / \alpha \quad (4)$$

정규화 텍스처에 대해서도 PCA를 적용하여 각 모델 신체의 텍스처 벡터 g 를 다음과 같이 평균 정규화된 텍스처 벡터 $\bar{g}$ 와 k 개의 고유 텍스처 모드 벡터 g_i ($i = 1, \dots, k$)의 선형 모델로 표현한다.

$$g = \bar{g} + P_g \vec{b}_g \quad (P_g = [g_1, \dots, g_k], \vec{b}_g = (c_1, \dots, c_k)^t) \quad (5)$$

위 단계에서 신체형상(Shape) 파라미터 $\vec{b}_s$ 와 텍스처(appearance) 파라미터 $\vec{b}_g$ 를 선형적으로 결합하여 나타낼 수 있다.

$$\vec{b}_{sg} = \frac{W \vec{b}_s}{\vec{b}_g} \quad (6)$$

신체형상 파라미터 b_s 는 픽셀 거리단위이며, 텍스처 파라미터 b_g 는 픽셀의 명암값이다. 이 두 개의 값은 직접적으로 비교가 되지 않으므로 가중치 행렬 W 를 계산하여 사용한다. 이렇게 결합된 데이터를 다시 PCA하여 (7)을 구한다.

$$\vec{b}_{sg}' = P_c \vec{c} \quad (7)$$

$\vec{b}_{sg}'$ 는 합성된 모양과 텍스처 매개변수이며, P_c 는 중

합적 형태를 나타내는 고유벡터가 된다. 그리고 $\vec{c}$ 는 이에 상응하는 계수 벡터이다. $\vec{c}$ 는 선형성을 가지는 결합이기 때문에 신체형상모델 벡터 X 는 형상 고유벡터 Q_s 와 텍스처 고유벡터 Q_g 를 이용하여 식 (8)과 같이 분리될 수 있다.

$$\begin{aligned} X &= \bar{x} + Q_s \vec{c} \\ g &= \bar{g} + Q_g \vec{c} \end{aligned} \quad (8)$$

신체형상과 텍스처를 함께 모델링하여 하나의 파라미터로 조절하는 것을 결합(combined) AAM이라 한다.

2.3.2 AAM 정합(Fitting)

위에서 도출된 $\vec{c}$ 계수를 조절하여 형상(Shape)과 텍스처(Texture)에 대한 새로운 신체를 생성할 수 있다. AAM 방법은 결합(combined) 모델의 텍스처와 입력된 신체영상과의 에러를 최소화 하는 $\vec{c}$ 를 찾고 (7)을 이용하여 입력된 이미지에서 찾고자 하는 신체윤곽을 판정한다. 그림 2 (b)는 입력영상에 대해 정합이 완료된 메쉬결과를 보여주고 있다.

2.4 신체사이즈 추출

추출된 신체특징점을 이용하여 신체사이즈를 도출한다.

[그림 2] (a) 신체특징점 위치, (b) AAM 정합에 사용된 메쉬, (c) 신체사이즈 특징 인덱스

우선 사진을 한 장 기준으로 비율을 계산하고, 비율 값을 이용하여 표 1의 신체정보사이즈를 도출한다. 그림 2 (c)는 추출된 신체특징점으로부터 신체사이즈 특징에 필요한 인덱스를 보여주고 있다.

[표 1] 신체사이즈 특징

Top (index)	Bottom (index)	Bicycle Fitting (index)
Stature (1)	Stature (1)	Waist Back Length (7)
Waist Back Length (7)	Waist Circumference (3)	Leg Length (11)
Arm length (8)	Leg length (11)	Arm Length (8)
Chest Breadth (5)	Waist to Hip Length (13)	Elbow-Wrist Length (10)
Biacromion Length (4)	Thigh Breadth(12)	Crotch Height (14)

비율 R 은 카메라와 피사체의 고정된 거리 $3.0m$ 에서 촬영된 한 장의 사진을 기준으로 실제 사이즈를 도출했다. 실제신장을 R_s , 촬영된 사진신장을 P_s 라고 하자, 비율 $R = R_s/P_s$ 식을 만족한다. 사진 속 사이즈는 R 비율로 축소 되어있고, R 을 이용하여 신체사이즈를 도출해낼 수 있다. 실험의 효율성을 고려하여 본 연구에서는 한 장의 정면사진으로부터 허리둘레의 계산식을 적용하여 예측가능하도록 하였다.

사이즈코리아에서 제공되는 16~30세 남성을 대상으로 조사한 결과, 남자의 평균 목둘레는 $366.82mm$ 이고, 허리둘레는 $724.29mm$ 로 거의 허리둘레는 목둘레의 2배로 상관관계를 갖는 것으로 보고되었다. 그림 2 (c)의 신체사이즈 특징 인덱스 ②는 목둘레로부터 허리둘레를 계산할 수 있다. 목둘레는 원둘레 공식을 사용하여 계산할 수 있고 ②를 r 이라 할 때, 허리둘레는 $W = R \times (2\pi r \times 2)$ 을 이용하여 계산할 수 있다.

2.5 체형 분류

한국인 평균체형 치수를 이용하여 사용자 개인의 신체 특성을 분석한 후 체형을 분류한다. 평균체형(average body type)이란 신체 각 부위에 산술평균치(mean)가 적용된 체형으로 정의하고 있다. 평균체형은 사이즈코리아에서 한국인을 대상으로 수집된 인체측정 자료를 이용하여 평균체형을 정의하였다. 표 2의 평균체형 자료를 근거로 입력영상에서 도출된 측정치와 비교하여 체형을 분류하여 도출된 신체정보 중 신장크기를 비교 후 체형을 분류한다. 분류된 체형은 내배엽형, 중배엽형, 외배엽형으로 체형에 어울리는 의류추천 서비스를 제공한다[11].

[표 2] 신장에 따른 평균체형 치수

신장 (cm)	166~168	169~171	172~173	174~176	177~179	180~183
허리 (inch)	27	28	29	30	31	32
어깨사이길이 (cm)	41.93	43.24	44.33	45.43	46.73	48.27
가슴사이길이 (cm)	35.43	36.4	37.22	38.02	38.99	40.125

3. 연구결과 및 토의

3.1 실험환경

제한한 신체 특징점 자동화 시스템은 AMD Athlon X2 (2.70GHz CPU), 2GB RAM, ATI Radeon HD3400 (VGA) 사양의 환경에서 실험하였다. 시스템은 Microsoft Windows XP Professional 운영체제에서 시스템 인터페이스와 신체사이즈 제공, 추천시스템은 MFC를 이용하였고 신체검출과 신체특징 추출에 필요한 영상처리 연산은 효율성을 고려하여 OpenCV라이브러리를 사용하여 구현하였다. 디지털카메라(Nikon D80)를 사용하여 $1,936 \times 1,296$ 의 해상도로 실내에서 촬영되었으며, 신체 사진 카메라 초점면으로부터 피사체까지의 거리를 $3.0m$, 삼각대로 고정시켜 사진촬영을 한다. 이후 400×440 으로 크기를 조정하였다.

3.2 개인 맞춤형 추천 모듈

개인 맞춤형 추천모듈로 의류추천과 자전거 피팅추천 서비스를 제공하기 위해 knn (k-nearest neighbor)알고리즘을 이용하였다. 사용자는 자신의 전신사진을 통해 시스템으로부터 신체사이즈 정보와 최적화된 의류사이즈, 원하는 색상, 신체사이즈에 맞는 자전거 피팅사이즈를 제공해 준다.

[그림 3] 도출된 신체사이즈

그림 3은 사용자의 전신사진으로 자동 도출된 신체사이즈를 제공한다.

[그림 4] 신체사이즈를 이용한 상의추천 서비스

[그림 5] 신체사이즈를 이용한 하의추천 서비스

사용자가 버튼(Extraction)을 눌러 신체사이즈를 추출하고 추출된 값을 활용하여 그림 4, 그림 5처럼 자신의 측정치에 최적화된 의류제품을 추천받을 수 있고, 상의는 사용자가 색상을 선택할 수 있고, 하의는 종류를 선택할 수 있다. 색상과 종류를 선택한 후 추천버튼을 누르면 의상을 추천해주는 서비스를 제공한다.

[그림 6] 자전거 추천 및 피팅사이즈 추천 서비스

그림 6처럼 자신의 체형에 맞는 자전거 사이즈 크기를 알 수 있다. 자전거 피팅시스템은 자전거의 사이즈와 신체사이즈 간의 가장 가까운 거리에 해당하는 정보를 제

공해준다[12].

3.3 성능평가

시스템의 성능을 평가하기 위해 신체를 인식하고 특징점 검출시까지 소요되는 시간과 검출률을 측정하였다.

3.3.1 신체 검출시간

성능평가를 위해 총 20개의 신체영상을 이용하여 검출시간을 측정하였다. AAM 모델을 만들기 위해 10명 전신사진을 촬영하여 학습에 사용한 이미지와 학습에 사용하지 않은 10명의 신체사이즈를 검출시간을 비교 측정하였다.

그림 7은 학습된 이미지의 신체검출시간이며 그림 8은 미학습 이미지의 검출시간을 보여주고 있다. 학습된 이미지의 평균 검출시간은 1,513.94ms, 미학습 이미지의 평균 검출시간은 1,924.19ms로 학습된 이미지가 미학습 이미지의 검출시간보다 다소 빠르긴 하나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

[그림 7] 신체사이즈 특징 검출시간 (학습 이미지)

[그림 8] 신체사이즈 특징 검출시간 (미학습 이미지)

3.3.2 신체 특징 검출률

입력영상에 대한 신체 특징 검출률은 전체 특징점 개수(49개)에 대한 검출 특징점의 비율이다. 그림 9에 나타난 바와 같이 14명에 대한 결과는 평균 97%의 비교적 높은 검출률을 보였다.

[그림 9] 이미지 검출률

3.3.3 신체측정 오차율

신체 측정 오차율을 구하기 위해 14명으로부터 추출된 신체치수와 실제모델간의 신체사이즈 편차에 대한 비율을 사용하였다. 즉, 그림 3에서 정의된 신체사이즈를 나타내는 인덱스를 1-14까지로 하여 추출된 신체사이즈와 실제모델의 사이즈 간의 편차를 비율로 계산하였다.

[그림 10] 이미지 실측과 오차율

그림 10은 제안한 알고리즘으로부터 검출된 14개의 사이즈와 실제모델에서 측정한 사이즈간의 편차비율을 보여주고 있다. 오차율의 그랜드평균은 3.29%로 조사되었다. 이는 정확성 96.71%에 해당한다.

※ 본고는 2010 대한전자공학회 학술발표논문의 확장판임.

4. 결론

본 논문에서는 기존의 고가의 스캐너를 이용한 신체 측정 시스템과 차별화되는 전신사진을 이용한 신체정보 자동화 추출 시스템 방법에 대해 제안하였다. 이는 자동화된 신체정보 추출 서비스를 이용하여 다양하고 편리한 콘텐츠 이용을 가능하게 하며 개인별 신체정보를 활용하여 다양한 분야에 접목시켜 사용자 중심의 디자인컨셉을 적용한다면 비용절감 및 프로세스 향상으로 인한 생산성 증대에 긍정적 효과를 불러일으킬 것이다.

참고문헌

- [1] 장세운, 양희순, 이유리, “인터넷 의류 쇼핑물의 상호 작용성, 원격실제감, 플로우가 미래행동의도에 미치는 영향,” 한국의류학회, 제 33권, 제 9호, pp. 1409-1418, 2009.
- [2] 김정인, “지능형 패션 코디네이션 시스템에서 유사의 류 추천방법,” 한국멀티미디어학회논문지, Vol. 12, No. 5, pp. 688-698, 2009.
- [3] SizeKorea, <http://sizekorea.kats.go.kr/>, 2010. 06. 20.
- [4] 김용수, 한판암, “실시간 인식기술을 이용한 가상입력 시스템 설계 및 구현,” 한국산학기술학회논문지, 제 8권, 제3호, pp. 535-540, 2007
- [5] 이충연, 이재동, 진성아, “다중 얼굴 태깅 자동화,” 대한전자공학회, 전자공학회논문지-CI, 제 47권 CI편 제3호, pp. 11-21, 2010. 5.
- [6] H. Kruppa, "Object Detection using Scale-specific Boosted Parts and Bayesian Combiner," A Doctoral Dissertation, ETH (Swiss Federal Institute of Technology Zurich), 2004.
- [7] T. F. Cootes, G. J. Edwards, and C. J. Taylor, "Active Appearance Models," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.23, no.6, pp.681-685, June 2001.
- [8] J. C. Gower, "Generalized Procrustes Analysis," Psychometrika, Vol.40, pp.33-51, 1975.
- [9] 김영길, 송영준, 장인동, 김동우, 안재형, “변형된 이차원 PCA를 이용한 얼굴 인식,” 한국산학기술학회논문지, 제 6권, 제 4호, pp. 291-295, 2005.
- [10] D. T. Lee and B. J. Schachter, "Two Algorithms for Constructing a Delaunay Triangulation," International Journal of Computer and Information Sciences, vol.9, no.3, pp.219-242, 1980.
- [11] 장성은, 장지혜, “대량맞춤 생산체계를 위한 체형별 남성 드레스셔츠 패턴연구,” 한국의류학회, 제 32권, 제 2호, pp.294-306, 2008.
- [12] 바이크매거진, <http://www.bikem.co.kr/>, 2010. 07. 10.

박 용 희(Yong-Hee Park)

[정회원]

- 2011년 2월 : 성결대학교 멀티미디어공학부 학사
- 2010년 3월 ~ 2010년 10월 : 성결대학교멀티미디어공학부 Xicom Lab 연구원

<관심분야>

인공지능, 가상현실

진 성 아(Seongah Chin)

[정회원]

- 1991년 2월 ~ 1993년 8월 : 전북대학교 수학과 (학사) 전자계산학과 (석사)
- 1999년 12월 : Stevens Institute of Technology, (박사)
- 2000년 6월 ~ 2001년 2월 : 서강대학교 영상대학원 연구교수
- 2007년 3월 ~ 2008년 2월 : Wayne State University, IME, Visiting Research Professor
- 2001년 3월 ~ 현재 : 성결대학교 멀티미디어공학부 부교수, Director of Xicom Lab.

<관심분야>

시각정보처리, 얼굴/표정모델링, 가상현실, 패턴인식, BCI