

3 차원 손 치수 측정을 위한 Semi-Automatic Protocol 개발 및 평가

Semi-automatic protocol development and evaluation for 3D hand size measurement

윤성혜, 이원섭, 유희천
포항공과대학교 산업공학과

Abstract

인체에 적합한 제품 설계를 위해 3 차원 인체 측정법이 활용되고 있으나 3 차원 인체 측정법은 신뢰도 및 효율성 향상이 요구된다. 본 연구는 효율적이고 신뢰도 높은 3 차원 손 측정을 위하여 3D semi-automatic 측정 protocol(3D-SAMP)을 개발하고 직접 측정법과 비교하였다. 3 차원 손 치수 측정을 위해 개발된 3D-SAMP는 (1) 석고 제작, (2) 참조점 정의, (3) 3 차원 좌표 추출, (4) 자동 손 치수 도출 과정으로 이루어졌다. 제안된 protocol 검증에 대한 실험은 1 명의 손에 대해 10 명의 측정자를 대상으로 49 개 손 치수를 측정하였다. 3D-SAMP를 사용해 수집된 측정치는 신뢰성 분석을 위해 관련 직접 측정치와 비교 분석되었다. 3D-SAMP를 통해 추출된 측정치의 측정자 내 CV(평균=1.84%, 표준편차=0.92%)는 49 개 손 측정 항목 모두가 5% 이하인 것으로 파악되었으며, 측정자 간 CV(평균=2.12%, 표준편차=1.14%)는 1 개 항목(첫째 손가락 둘째 마디 길이)을 제외한 모든 항목에서 5% 이하로 파악되어 직접 측정치보다 신뢰성이 높은 것으로 나타났다.

Keywords: 인체측정, 3 차원 측정, 반자동 측정, 손 측정, 3 차원 스캔

1. 서론

다수의 국가가 인체 측정학적 자료를 획득하기 위해 인체 측정을 실시하고 있으며, 획득된 자료는 제품 및 생활 환경 설계에 적용되어 인체 적합도와 편리성을 향상시킨다. 미국은 미국인의 인체 측정학적 자료를 구축하기 위하여 US Army(Gordon et al., 1988)를 통하여 인체 측정을 시행하고 있으며, 우리나라는 Size Korea(2006) 사업을 통해 다년간 한국인의 인체 측정 자료를 구축하여 왔다. 구축된 인체 측정 자료는 한국 산업 제품의 개발을 위해 보급되고 있다. 인체 측정 자료를 기반으로 설계된 제품 및 생활 환경은 설계에 적용되어 인체 적합도와 편리함을 향상시킨다(Size Korea, 2006). 예를 들어 최혜선 외(2006)는 손의 인체 측정 자료를 기반으로 장갑을 디자인하고 있으며, 김금화

외(2007)는 의복 디자인을 위해 전신의 인체 측정 자료를 활용하고 있다.

최근에는 3 차원 측정법을 사용하여 인체 측정 자료를 추출하는 연구가 진행되고 있다. Size Korea는 인체 치수를 측정하는 동시에 국민의 체형을 파악하기 위해 2003년부터 3 차원 측정법을 도입하여 3D scanner를 통해 인체 측정 자료를 획득 하였으며(Size Korea, 2006), Lu et al. (2008)은 전신 총 104 개 항목에 대해 자동으로 인체 측정 자료를 추출하기 위해 3 차원 측정법을 사용하였다.

인체 중 손은 복잡성 및 크기 측면에서 인체 측정 자료를 추출하기에 한계가 있다. 손은 다른 인체보다 크기가 작고 흔들림이 많기 때문에 측정이 용이하지 않다. 또한 손은 형상이 복잡하고 손가락 사이에 그림자가 발생하여 3 차원 측정을 위한 손 scanning에 어려움이 있다(류경옥 외, 2003).

2. 3D Semi-automatic measurement protocol 개발

3 차원 손 치수 측정을 위한 3D semi-automatic 측정 protocol(3D-SAMP)은 석고로 제작된 손과 3 차원 program 을 사용하여 손 치수를 추출하는 방법이다. 개발된 3 차원 손 치수 측정 방법은 총 4 단계(1. 석고 제작 및 scanning 과정, 2. 참조점 생성 과정, 3. 3 차원 좌표 추출 과정, 4. 자동 손 치수 도출 과정)로 구성된다(그림 1 참조).

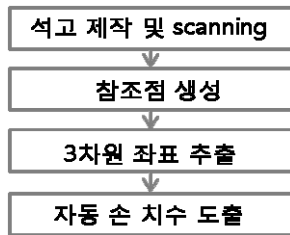


그림 1. 3D-SAMP

2.1. 석고 제작 및 scanning 과정

본 과정은 손 측정 대상자의 손과 동일한 손의 모형을 석고로 제작하는 과정이다. 사람의 손 대신 석고 손을 사용하는 이유는 손 떨림에 의해 발생하는 scan 오류를 방지하고, 지지대에 의한 피부의 짓눌림을 막기 위함이다(Li et al., 2008). Li et al. (2008)은 석고로 제작된 손을 scan 하였을 때가 손을 직접 scan 하였을 때 보다 높은 측정 신뢰도를 보임을 실험적으로 파악하였다. 본 과정에서는 손 측정자의 손과 동일한 석고를 제작하기 위해서 alginate 와 석고를 사용하였다.

2.2. 참조점 생성 과정

참조점 생성 과정은 각 측정 변수에 해당하는 참조점의 위치를 추출하기 위하여 측정자가 측정의 기점이 되는 참조점의 위치를 정의하는 단계이다. 측정자는 길이, 너비와 두께에 해당하는 각 변수의 끝점에 해당하는 2 개의 참조점을 추출하기 위하여 석고로 제작된 손의 참조점 위치에 sticker 형식으로 제작된 marker 를 부착한다. 둘레는 인체의 표면을 둘러싼 거리를 구해야 하기 때문에 측정자는 컴퓨터 프로그램인 RapidForm (INUS Technology, Inc., 2006)을 통해 scan 된 석고 손에 4 개의 참조점을 landmarking 하여 인체 표면을 둘러싼 둘레를 추출한다.

2.3. 3 차원 좌표 추출 과정

3 차원 좌표 추출 과정은 참조점 생성 과정에서 생성된 참조점 및 둘레에 속한 3 차원 좌표점을 추출하는 과정이다. 석고 손에 sticker 로 표시된 참조점의 상대적 좌표를 추출하기 위해서 marker 가 부착된 석고 손을 scanning 한다. 석고 손에 부착된 marker 의 상대적 좌표가 손의 형상과 함께 3D scanning 을 통해 도출된다. 둘레를 측정하기 위해서는 생성된 둘레를 이루고 있는 참조점들을 추출한다. 3 차원으로 scan 된 석고 손에 마우스로 4 개의 참조점을 설정하면 이들 참조점에 가장 근사한 curve 가 생성된다.

2.3. 자동 손 치수 도출 과정

자동 손 치수 도출 과정 과정은 정의된 참조점 좌표를 바탕으로 각 변수의 치수를 자동으로 도출하는 과정이다. 석고 손에 부착된 marker 의 좌표는 3 차원 scanner 에 의해 자동 추출된다. 따라서 추출된 참조점 좌표는 손 치수 자동 추출 프로그램에 의해 인식되고 참조점 사이의 거리를 자동으로 계산하여 길이와 너비, 두께의 치수를 도출하도록 하였다. 둘레의 경우, RapidForm 을 통해 추출된 선의 치수를 측정한다. 둘레의 측정 오류를 낮추기 위해 추출된 선은 least square method algorithm 을 통해 한 평면 상의 둘레로 정사영한 후 변형된 둘레의 길이를 추출하였다.

3. 실험 평가 및 protocol 검증

개발된 3D-SAMP 의 신뢰성과 효율성은 실험을 통해 검증되었다. 본 실험은 개발된 방법과 직접 측정법을 통해 추출된 측정치를 비교 평가하였다.

3.1. 손 측정 대상자 및 측정자

본 실험은 1 명의 손에 대해 10 명의 측정자를 대상으로 실시되었다. 손 측정시 손 측정 참여자의 손 자세는 최혜선 외(1999)의 논문을 참고하여 매 측정시 마다 최대한 동일하게 손 자세를 고정하도록 하였다. 측정자들(여성: 6 명, 남성: 4 명)의 평균 나이는 26.4(표준편차=2.83) 세이며 실험 전 약 20 분 동안 각 손 측정 방법에 대해 훈련을 받았다. 측정자는 손 측정 참여자의 손을 3 번씩 반복

측정하였으며, 24 시간의 간격을 두고 실시되었다.

3.2. 실험 도구 및 장비

직접 측정법과 3D-SAMP 측정법을 통해 손 치수를 측정하기 위해서는 측정 도구가 필요하다. 측정자는 직접 측정법으로 손 측정을 할 때 길이와 너비, 두께의 치수를 측정하기 위해서 digital caliper (CP-20PS, Mitutoyo Corp.)를 사용하였으며, 손목과 손가락의 둘레를 측정할 때는 각각 baseline circumference tape (Fabricatoin Enterprises Inc.), finger circumference gauge (Patterson Medical Products Inc.)를 사용하도록 하였으며(그림 2), 그 외의 둘레를 측정할 때는 일반 줄자를 사용하도록 하였다.

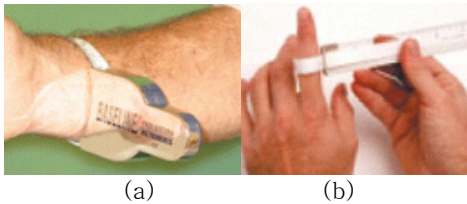


그림 2. (a) Baseline circumference tape
(b) Finger circumference gauge

3D semi-automatic 측정법은 길이, 너비, 두께의 치수를 측정하도록 측정자에게 참조점에 부착할 sticker용 marker를 제공하였으며, marker가 부착된 석고 손을 scan하기 위해 3 차원scanner (Rexcan 560, SOLUTIONIX CORP.)를 사용하였다(그림 3 참조). 또한 둘레를 추출하기 위해서 측정자는 RapidForm 2006™ (INUS Inc.) 프로그램을 사용하였다.



(a) 3D scanner (b) 부착용 marker
그림 3. 3D 손 측정 장비

3.3. 측정 변수 선정

직접 측정법과 3D-SAMP 측정법을 통해 추출된 손 치수의 비교를 위해 손 측정 항목이 선정되었다. 손 측정 변수는 기존 논문 및

보고서(Robinette & Annis, 1986; Hidson, 1991; US Army, 2002; Garrett, 2004; 류경옥, 서미아, 2004; 권명숙 외, 2005; 임지영, 2005; Greiner, 2006; 최혜선 외, 2006)를 참조하여 길이, 너비, 두께, 둘레를 포함한 총 49 개의 변수가 선정되었다(표 1).

표 1. 손 측정 변수 예시

번호	측정 항목	관련 그림
1	손길이	
2	첫째손가락첫째마디길이	
3	첫째손가락둘째마디길이	
4	첫째손가락셋째마디길이	
5	첫째손가락넷째마디길이	
6	첫째손가락다섯째마디길이	

4. 결과

3D-SAMP 측정법과 직접 측정법을 통해 측정된 손 치수 및 측정 소요 시간이 파악되었다. 직접 측정과 semi-automatic의 측정 소요 시간은 각각 17분 48초(측정 및 기입 소요 시간)와 17분 49초(sticker 부착 및 둘레 참조점 생성 소요 시간)이었다. 직접 측정법을 통해 도출된 측정치는 측정자 내 CV(평균=3.79%, 표준편차=1.37%)가 5% 이상인 항목이 8 개였으며, 3D-SAMP 측정법을 통해 도출된 측정치의 측정자 내 CV(평균=1.84%, 표준편차=0.92%)가 5% 이상인 항목은 없었다. 또한 직접 측정법을 통해 도출된 측정자 외 CV(평균=3.21%, 표준편차=1.64%)가 5% 이상인 항목이 4 개인 반면 3D-SAMP 측정법을 통해 도출된 측정치의 측정자 외 CV(평균=2.12%, 표준편차=1.14%)는 1 개였다(표 2 참조).

표 2. CV > 5%인 측정항목

	직접 측정법	3D-SAMP
측정자 내 CV 백분율	셋째 손가락 셋째 마디 길이, 셋째 손가락 둘째 마디 길이, 넷째 손가락 둘째 마디 길이, 다섯째 손가락 둘째 마디 길이, 손목 중심점- 셋째 손가락 셋째 마디 길이, 다섯째 손가락 첫째 관절 너비.	-

	넷째 손가락 셋째 관절 두께, 다섯째 손가락 셋째 관절 두께	
측정자 외 CV 백분율	첫째 손가락 둘째 마디 길이, 다섯째 손가락 둘째 마디 길이, 셋째 손가락 둘째 마디 뼈 길이, 셋째 손가락 셋째 마디 뼈 길이	첫째 손가락 둘째 마디 길이

5. 토의

3D-SAMP 방법으로 손을 측정한 시간과 직접 측정법으로 손을 측정한 시간과 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 3D-SAMP 을 통해 추출된 측정자 내 CV 가 5% 이상인 측정 변수의 개수가 직접 측정법을 통해 추출된 측정자 내 CV 가 5% 이상인 측정 변수의 개수보다 작았다. 또한 3D-SAMP 을 통해 추출된 측정자 외 CV 가 5% 이상인 측정 변수의 개수가 직접 측정법을 통해 추출된 측정자 외 CV 가 5% 이상인 측정 변수의 개수보다 작았다.

본 연구를 통해 손 측정을 위한 3D-SAMP 측정법을 개발하였으며, 개발된 3D-SAMP 측정법을 검증하기 위해 측정 신뢰성과 효율성 측면에서 직접 측정법과 비교 평가하였다. 손의 측정학적 자료를 얻기 위해 3D 측정 연구가 다수 이루어지고 있으나 본 연구는 반자동으로 손 측정이 가능하고 석고에 쉽게 부착이 가능한 marker 를 통해 측정점의 좌표를 추출할 수 있기 때문에 측정 시간을 단축할 수 있다. 또한 손과 동일한 석고를 사용하여 인체의 흔들림으로부터 발생하는 scan 오류를 줄였으며, 측정 기구 및 인체 지지대에 의한 피부 짓눌림을 최소화하였다.

본 연구를 통해 3D-SAMP 측정법의 신뢰성과 효율성이 검증되었으나, 한계점이 존재한다. 현재는 1 명의 측정자를 대상으로 실험하였기 때문에 다수의 측정자와 다수의 손 측정 참여자를 대상으로 손 측정을 하였을 때

높은 reliability 가 나타나는지에 대해 확신할 수 없다. 따라서 추후 다수의 측정자와 다수의 손 측정 참여자를 대상으로 3D-SAMP 측정법을 검증하기 위해 비교 평가를 실시할 것이다.

참고문헌

- 김금화, 이난희, 안중숙 (2007). 3D 인체측정데이터를 활용한 20 대 성인여성의 체형특성. *한복문화학회, 10(2)*, pp. 11-19.
- 류경옥, 서미아 (2003) 한국 성인 여성의 손 계측 연구. *복식문화연구, 12(2)*, pp. 262-278.
- 최혜선, 김은경 (2004). 장갑의 적합성 향상을 위한 손부위 2 차원 및 3 차원 계측정보 DB 구축에 관한 연구. *한국 의류학회지, 28(9)*, pp. 1300-1311.
- 최혜선, 이경화, 강여선, 김은경 (2006). 장갑 설계를 위한 손부위 측정 프로토콜 개발. *2006 년 한국인 인체치수조사사업 부문 학술연구용역사업 결과보고서*.
- Chang, C.-C., Li, Z., Cai, X., and Dempsey, P. (2007). Error control and calibration in three-dimensional anthropometric measurement of the hand by laser scanning with glass support. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 40(1)*, pp. 21-27.
- Li, Z., Chang, C.C., Dempsey, P.G., Ouyang, L., and Duan, J. (2008). Validation of a three dimensional hand scanning and dimension extraction method with dimension data. *Ergonomics, 51(11)*, pp. 1672-1692.
- Lu, J.M., and Wang, M.J.J. (2008). Automated anthropometric data collection using 3D whole body scanners. *Expert Systems with Applications, 35(1-2)*, pp. 407-41.
- Size Korea Size Korea: 인체 측정 개요, Revised 2006 from <http://sizekorea.kats.go.kr/>