

Shoe Recommendation System by Measurement of Foot Shape Image

Chang Bae Moon*, Byeong Man Kim**, Young-Jin Kim*

*Professor, Dept. of AI Convergence Electronics, Korea Polytechnic VII (Changwon Campus), Changwon, Korea

**Professor, Dept. of Computer Software Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gumi, Korea

*Professor, Dept. of AI Convergence Electronics, Korea Polytechnic VII (Changwon Campus), Changwon, Korea

[Abstract]

In modern society, the service method is tended to prefer the non-face-to-face method rather than the face-to-face method. However, services that recommend products such as shoes will inevitably be face-to-face method. In this paper, for the purpose of non-face-to-face service, a system that a foot size is automatically measured and some shoes are recommended based on the measurement result is proposed. To analyze the performance of the proposed method, size measurement error rate and recommendation performance were analyzed. In the recommendation performance experiments, a total of 10 methods for similarity calculation were used and the recommendation method with the best performance among them was applied to the system. From the experiments, the error rate the foot size was small and the recommendation performance was possible to derive significant results. The proposed method is at the laboratory level and needs to be expanded and applied to the real environment. Also, the recommendation method considering design could be needed in the future work.

▶ **Key words:** Image Processing, Recommendation System, Foot Shape, Artificial Intelligence, Machine Learning

[요 약]

현대 사회의 서비스 방식은 대면 방식보다 비대면 방식을 선호하는 추세이다. 하지만 신발과 같이 상품을 추천하는 서비스는 대면 방식의 서비스가 불가피하다. 본 논문에서는 비대면 서비스를 목적으로 자동으로 발의 사이즈를 측정하고, 측정 결과를 기반으로 신발을 추천하는 시스템을 제안한다. 제안방법의 성능을 분석하기 위해 사이즈 측정 오차율과 추천성능을 분석하였다. 추천 성능 실험에 사용한 방법은 총 10가지이고, 이의 방법 중 가장 좋은 성능을 보이는 추천 방법을 시스템에 적용하였다. 오차율에 대한 실험결과, 사이즈 관련 오차가 작음을 알 수 있었고, 추천성능에 대한 실험결과, 추천에 대한 유의한 결과를 도출할 수 있었다. 본 논문에서의 제안방법은 실험실 수준으로 향후 실제 환경으로 확대 적용할 필요가 있다.

▶ **주제어:** 영상처리, 추천시스템, 발 모양, 인공지능, 머신러닝

-
- First Author: Chang Bae Moon, Corresponding Author: Byeong Man Kim
 - *Chang Bae Moon (cbmoon@kopo.ac.kr), Dept. of AI Convergence Electronics, Korea Polytechnic VII (Changwon Campus)
 - **Byeong Man Kim (bmkim@kumoh.ac.kr), Dept. of Computer Software Engineering, Kumoh National Institute of Technology
 - *Young-Jin Kim (yjkim80@kopo.ac.kr), Dept. of AI Convergence Electronics, Korea Polytechnic VII (Changwon Campus)
 - Received: 2023. 07. 26, Revised: 2023. 09. 07, Accepted: 2023. 09. 07.

I. Introduction

현대 사회의 경우 개인화된 제품과 서비스가 일반적이라 할 수 있고, 근대에 들어 코로나 등과 같은 영향으로 비대면 방식의 서비스가 늘어나는 추세이다. 또한 전문 스포츠 선수화의 경우 개인화된 제품을 제공하는 기술의 발전으로 제품 생산 비용이 감소하여 이와 관련된 수요는 점점 늘어날 수 있다[1, 2]. 하지만 군화 및 단체화 등의 경우 단체 지급이라는 특성으로 개인 맞춤형 서비스가 어려울 수 있고, 오프라인 서비스의 경우 고객이 원하는 제품과 사이즈를 파악하여 해당 제품을 제공하기 때문에 대면 방식의 서비스가 필요하다. 이의 예로, 평발을 보유한 고객의 경우 일반인들과 다른 발바닥의 모양으로 일반인들과 동일한 신발을 착용한다는 것은 불가능하다. 이러한 관점으로 본 논문에서는 대면 서비스를 최소화하는 방법으로 고객의 발 모양을 자동으로 측정하고, 측정된 결과를 기반으로 고객의 발 모양과 유사한 신발을 추천하는 방법을 제안한다.

사이즈가 작은 군화 또는 단체화를 보급받는 경우 엄지 발가락이 휘는 무지외반증 등 족부질환이 발생할 수 있고, 반면 사이즈가 큰 경우 발바닥에 염증이 생기는 족저근막염의 원인이 될 수 있으며, 이는 봉소염(봉와직염)의 원인이 될 수 있다[3]. 즉, 개인 맞춤형 보급품 지급이 중요하지만 단체 지급의 특성과 한정된 자원 그리고 피지급자의 오인으로 잘못된 보급이 발생할 수 있다. 이러한 관점에서 발의 사이즈를 자동으로 측정 후 보급품을 추천하는 방법 및 이의 시스템을 제안한다.

본 논문과 관련된 연구에는 [4-7]의 연구가 존재한다. [4, 5]에서는 신발을 제작하기 위한 목적으로 발의 형태를 분석한 연구이고, [6, 7]은 발 사이즈 측정과 관련된 연구이다. 또한 [4]의 연구에서는 발의 형태를 분석하기 위해 평판스캐너를 활용하였고, 스캔한 이미지를 기반으로 발바닥의 유형을 분석하였다. [5]에서는 3차원 스캔 장비를 사용하여 발의 모양을 스캔하고, 이를 활용하여 발의 형태를 분석하였다. [6]에서는 카메라를 활용하여 발의 사이즈를 측정하는 연구를 진행하였고, 발의 사이즈를 측정하기 위해 발 도장을 사용하였다. [8]의 연구에서는 아날로그 기반에서 신발을 제작하기 위한 발 사이즈 측정 방법의 문제 [9]를 지적하였고, 이를 보완하는 방법을 제안하였다. 즉, [8]의 연구에서는 개인 맞춤형 신발 제작에 필요한 발의 변인을 측정하고, 측정된 결과를 활용하여 개인 맞춤 신발 제작을 위한 방법을 제안하였지만, 본 연구에서는 기성품 및 단체화를 기준으로 고객의 발에 가장 편안함을 줄 수 있는 신발을 추천하는 방법을 제안한다.

또한 기존 연구들 중 [5, 6]의 경우 발의 사이즈를 수동으로 측정한 후 발의 형태를 분석하여 신발을 제작하기 위한 연구이고, 반면에 본 논문에서는 자동으로 발의 사이즈를 측정한 후 이의 결과를 활용하여 고객에게 맞춤형 신발을 추천한다. [7]의 연구에서는 본 제안방법과 유사하게 카메라를 이용하여 발 사이즈를 자동으로 측정하는 방법을 제안하였지만, 본 논문에서는 발 사이즈 측정방법 및 추천 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안한 방법은 영상을 기반으로 자동으로 발의 정보를 측정하고, 측정된 결과와 기성품의 정보와의 유사도를 측정 후 유사도가 높은 기성품을 추천하는 방법이다. 여기서, 발의 정보는 발의 길이 및 발의 (볼, 중간, 뒤꿈치) 폭이고, 기성품의 정보는 신발깔창의 길이 및 신발깔창의 (볼, 중간, 뒤꿈치) 폭이다. 기성품 추천을 위한 유사도 방법으로 코사인 유사도 및 거리 유사도, 퍼지기반 유사도 측정 방법 등 총 10가지 방법들이 가능한데, 본 논문에서는 실험을 통해 이 중에서 가장 좋은 성능을 보이는 방법을 제안한다. 이를 통하여 발 모양과 유사한 신발을 자동으로 추천할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안 시스템 전체 구조를 설명하고, 3장에서는 발 사이즈를 측정하는 방법 및 측정 결과를 사용하여 신발을 추천하는 방법, 4장에서는 실험결과, 마지막으로 5장에서는 결론을 짓도록 한다.

II. Shoe Recommendation Hardware System based on Foot Shape Image

영상처리 기반 신발추천 시스템의 하드웨어 구조는 그림 1과 같고, 추천 시스템과 촬영 장치로 구성된다. 촬영 장치는 그림 1의 우측과 같이 카메라와 촬영판으로 구성되고, 카메라에서 촬영판의 이미지를 획득하여 이를 추천 시스템으로 전송하는 구조이다. 추천 시스템의 하드웨어 구조는 그림 1의 좌측과 같이 촬영한 이미지를 사용하여 발 모양과 사이즈를 측정하고, 측정된 결과를 기반으로 신발을 추천하는 구조이다.

촬영장치에서 카메라가 하단에서 상단을 촬영하기 때문에 투명 소재의 촬영판을 사용할 경우 치마 등을 착용한 사용자들에게 불편함을 줄 수 있다. 이를 보완하기 위해 종이 소재의 촬영판을 적용하였고, 사용자의 발이 촬영판에 근접할 경우 그림 2 (a)와 같이 발바닥 그림자가 촬영판에 맺힐 수 있도록 하였다. 하지만 이의 경우 작은 물체가 발과 동시에 촬영판에 올라가면 작은 물체는 영상처리

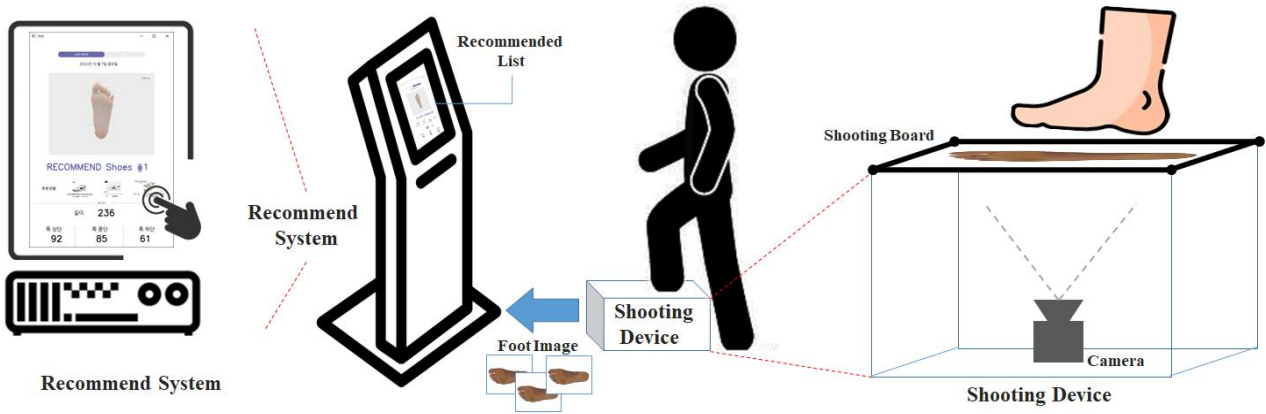


Fig. 1. Hardware Structure of the Proposed System

의 노이즈로 작용한다는 단점이 있다. 이를 보완할 수 있는 방법이 반투명 촬영판을 사용하는 것이고, 반투명 촬영판을 사용할 경우 그림 2 (b) 또는 (c)에 근접한 이미지를 확보할 수 있을 것이다. 하지만 본 논문의 제안방법은 그림 2에서 제시한 모든 이미지에 적용할 수 있는 영상처리 방법을 제안하는 것이고, 이의 방법은 3장에서 설명한다.

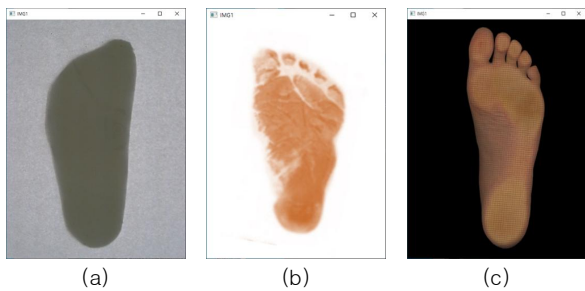


Fig. 2. Sample Images of the Proposed System. ((a) Paper Shooting Board, (b) Footprint, (c) Scanner[4])

III. Shoe Recommendation Method by Image

제안 시스템의 동작 구조는 그림 3과 같이 사이즈 측정 대기 과정, 사이즈 측정 과정, 제품 추천 과정으로 구분된다. 최초 사용자가 측정 명령을 입력하면 영상을 입력받고, 입력받은 영상을 기반으로 발 사이즈를 측정 후 제품을 추천하는 구조이다. 각 과정은 다음과 같다.

- 측정 대기 과정 : 측정 명령과 영상 입력을 기다리는 과정으로 측정 명령이 입력되면 영상을 읽고, 다음 과정으로 영상을 전달
- 사이즈 측정 과정 : 사이즈를 측정하는 과정으로 측정 대기 과정에서 전달받은 영상에서 발의 사이즈를 측정하고, 제품 추천 과정으로 발의 사이즈를 전달 및 화면에 출력
- 제품 추천 과정 : 사이즈 측정 과정에서 입력받은 사이즈를 기준으로 제품을 추천, 추천을 위한 제품 사이즈는 제품정보 데이터베이스부터 입력받음

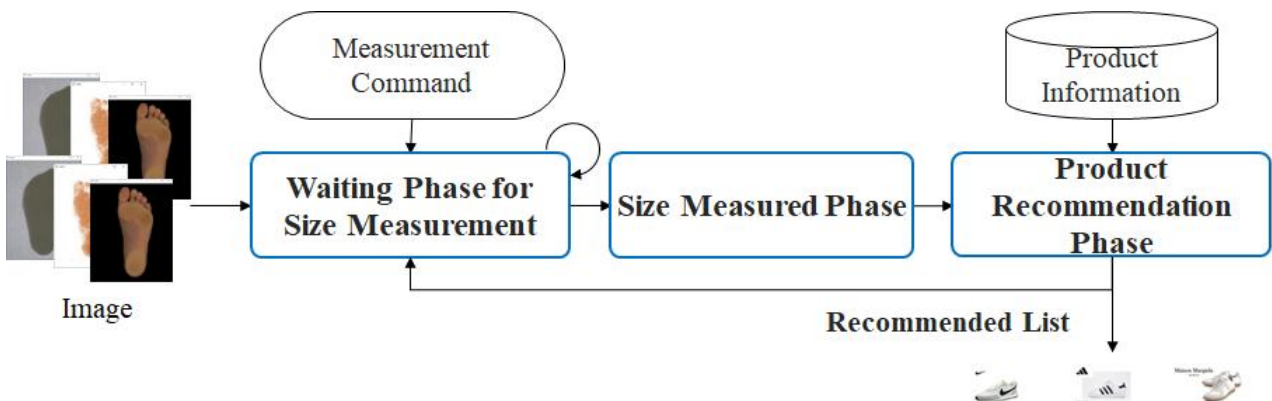


Fig. 3. Processing Structure of the Proposed System

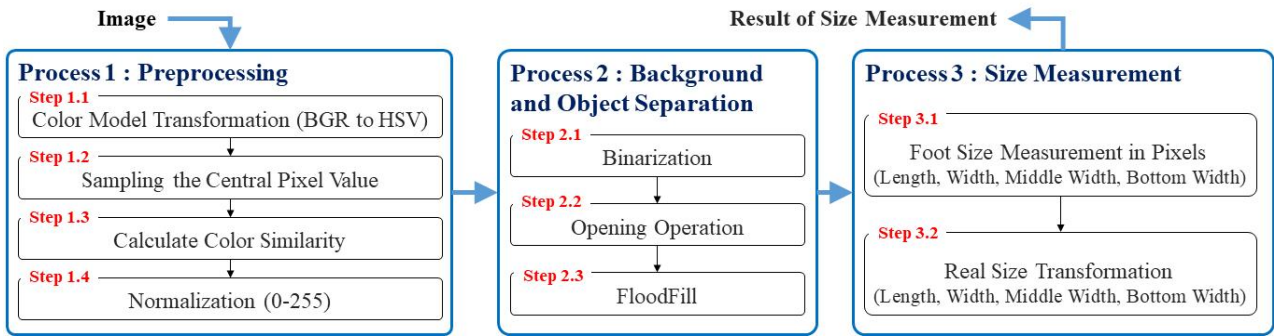


Fig. 4. Process of Measuring the Shoes Size

1. Size Measured Phase

본 과정은 그림 4와 같이 세 개의 프로세스로 구성된다. 그 첫 번째가 전처리 프로세스이고, 두 번째가 배경 및 객체 분리 프로세스 그리고 세 번째가 관심 객체 분리 프로세스이다. 본 과정이 완료되면 최종적으로 사용자의 발 사이즈가 측정되고, 제품 추천과정으로 측정된 결과를 전달한다.

1.1 Process 1: Preprocessing

본 프로세스는 배경과 객체를 분리하기 이전에 실행되는 프로세스로 관심 영역인 발의 색상 값을 샘플링하고, 샘플링 값과 전체 영상을 대상으로 각 픽셀값의 유사도를 계산하는 프로세스이다. 전처리 프로세스는 총 네 개의 단계로 구성되고, 그 첫 번째가 색상 모델 변환, 두 번째가 중앙 픽셀값 샘플링, 세 번째가 색상 유사도 계산 그리고 마지막이 정규화이다(그림 4 Preprocessing 참고). 색상값을 활용하여 사용자의 발을 검출하기 위해 RGB값의 영상을 HSV 값으로 변환하고(그림 5 참고, 그림 5는 그림 2를 대상으로 변환한 결과임), 이의 중앙 픽셀값(s^h 값, s^s 값, s^v 값)을 샘플링 후 샘플링 값과 각 픽셀값들간(영상 전체영역)의 유사도를 계산한 다음 0~255 범위로 정규화한다.

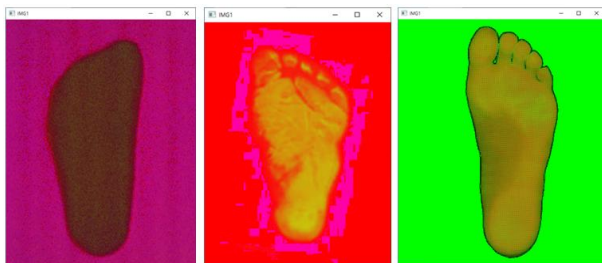


Fig. 5. Result of Color Model Transformation(RGB → HSV)

색상 유사도 계산 단계에서 사용한 유사도는 식 (1)과 같고, 정규화 단계에서 사용한 정규화는 식 (2)와 같다. 유사도의 결과는 그림 6 (a)와 같고, 정규화에 대한 결과는 (b)와 같다. 정규화 전후를 기준으로 객체와 배경의 밝기 차를 비교

한다면 정규화 이후의 밝기 차가 더 크다는 것을 알 수 있다.

$$sim_{(y,x)} = \frac{1}{\sqrt{(I_{(y,x)}^h - s^h)^2 + (I_{(y,x)}^s - s^s)^2 + (I_{(y,x)}^v - s^v)^2}}, \quad (1)$$

여기서, $sim_{(y,x)}$ 는 영상 좌표 (y, x) 에서의 유사도 값을 의미하고, $I_{(y,x)}^h$ 및 $I_{(y,x)}^s$, $I_{(y,x)}^v$ 영상 좌표 (y, x) 의 h값, s값 그리고 v값을 의미하며, s^h 및 s^s , s^v 는 샘플링(s) 값의 h값, s값 그리고 v값을 의미한다.

$$nor_{(y,x)} = \frac{sim_{(y,x)} - min}{max - min} \times 255, \quad (2)$$

$$min = MIN(sim_{(1,1)}, sim_{(1,2)}, \dots, sim_{(2,1)}, sim_{(2,2)}, \dots, sim_{(h,w-1)}, sim_{(h,w)}),$$

$$max = MAX(sim_{(1,1)}, sim_{(1,2)}, \dots, sim_{(2,1)}, sim_{(2,2)}, \dots, sim_{(h,w-1)}, sim_{(h,w)}),$$

여기서, $nor_{(y,x)}$ 는 영상 좌표 (y, x) 에서의 정규화 결과를 의미하고, min 과 max 는 유사도의 최대값과 최소값을 의미한다.



(a) Similarity Results



(b) Normalization Results

Fig. 6. Results of Similarity and Normalization

1.2 Process 2: Background and Object Separation

본 프로세스는 배경과 객체를 분리하는 프로세스로 총 세 개의 단계로 진행된다. 그 첫 번째가 이진화이고, 두 번째가 열림 연산(Opening)[9]이며, 마지막이 FloodFill[10]이다. 전처리 프로세스의 결과로 이진화를 진행하면 발가락과 발바닥이 분리되는 증상(그림 6 중간 이미지 및 그림 7 (a)의 ㉔ 참고)이 발생할 수 있기 때문에 발 사이즈 측정 시 정확하지 않은 결과를 도출할 수 있다. 이의 문제를 방지하기 위해 열림 연산을 적용 후 FloodFill을 적용한다.

열림연산 이전 이진화 결과는 그림 7(a)와 같고, (a)에서 ㉔, ㉕와 같이 객체에 홀이 생기거나 ㉖와 같이 발가락과 발바닥이 떨어져 하나의 객체가 아닌 두 개의 객체로 분리되는 것을 알 수 있다. 열림 연산 적용 후의 결과는 (b)와 같고, (b)에서 ㉔, ㉕ 그리고 ㉕의 영역과 같이 (a)에서의 문제가 해결되는 것을 알 수 있다. 마지막으로 FloodFill의 결과는 (c)와 같고, 하나의 객체가 선택됨을 알 수 있다. 여기서, FloodFill을 적용하기 위해 객체가 존재하는 좌표(영상의 중앙좌표)를 초기 좌표로 설정하고, 객체의 색상을 특정 색상으로 변경한다.

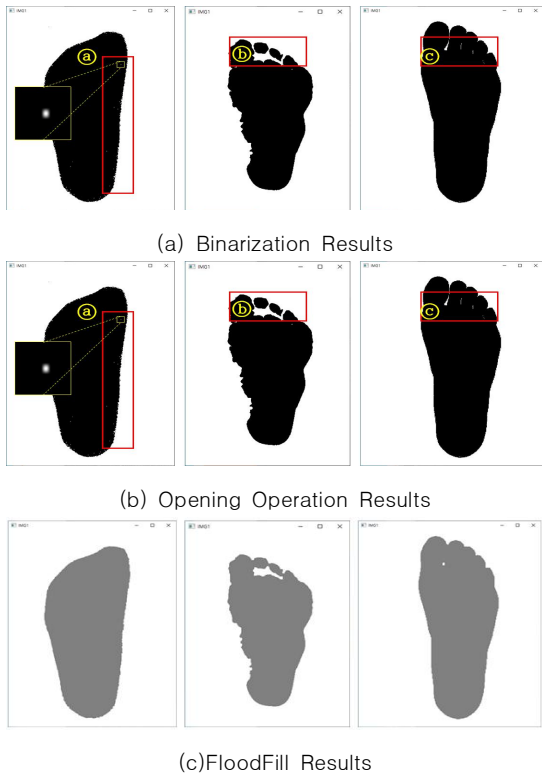


Fig. 7. Results of Binarization, Opening Operation and FloodFill

1.3 Process 3: Size Measurement

본 프로세스는 픽셀 기준으로 발의 사이즈를 측정하고, 측정된 픽셀 사이즈를 실제 사이즈로 변환하는 프로세스이다. 사이즈 측정 프로세스는 총 두 개의 단계로 구성된다. 그 첫 번째가 픽셀기준 발 사이즈 측정이고, 두 번째가 실제 사이즈 변환이다.

발의 사이즈 측정 위치는 신발의 기준 사이즈 인 h^s 를 측정(그림 8 참고)하고, 추천을 목적으로 발의 폭인 w_1^s 와 발의 중간 지점인 w_2^s 그리고 발의 뒤꿈치인 w_3^s 을 측정한다. 본 논문에서는 중간 지점인 w_2^s 는 $h^s/2$ 의 위치를 중간 지점으로 설정하고, 뒤꿈치인 w_3^s 은 하단부터 $h^s/8$ 의 위치를 뒤꿈치의 위치로 정의한다. 발의 폭(중간, 뒤꿈치)을 측정하는 방법은 배경 색상에서 FloodFill로 채운 색상(128)으로 변하는 위치를 시작 좌표($p_{(y,x)}^s$)로 FloodFill로 채운 색상에서 배경 색상으로 변하는 위치를 종료 좌표($p_{(y,x)}^e$)로 설정하고, 사이즈는 $|p_{(y,x)}^s - p_{(y,x)}^e|$ 로 계산된다.

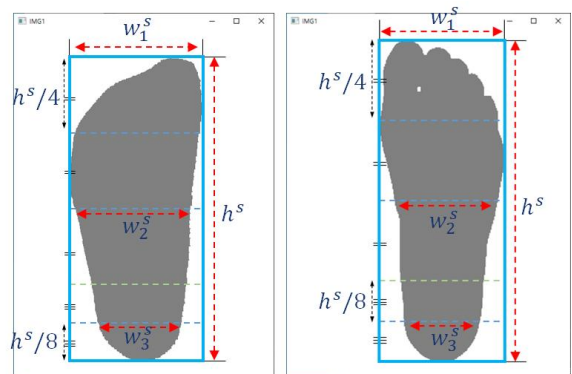


Fig. 8. Foot Size Measurement in Pixels

발 사이즈의 폭을 실제 단위로 변환하는 방법은 그림 9와 같이 영상 기준 폭에 해당하는 1픽셀의 실제 사이즈인 w^r/w (w^r : 실제 촬영영역의 사이즈, w : 영상에서의 픽셀 수)를 계산 후 픽셀 기준 발 사이즈 폭(w^s)을 식 $w^s * (w^r/w)$ 에 적용하여 실제 발 사이즈의 폭을 계산하는 방법이고, 실제 발 사이즈 높이도 동일한 방법으로 계산한다. 여기서, 1픽셀의 실제 사이즈 측정은 최초 1회(시스템 Setting)만 진행하고, 이를 시스템 기본값으로 사용한다.

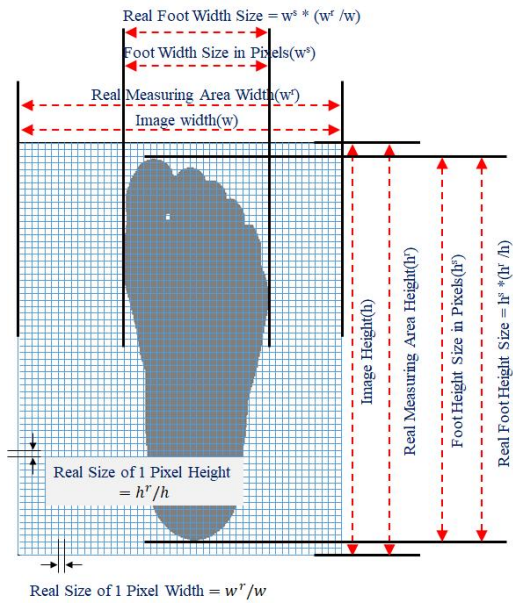
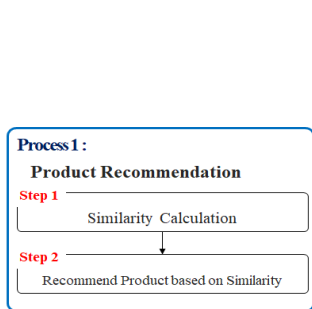


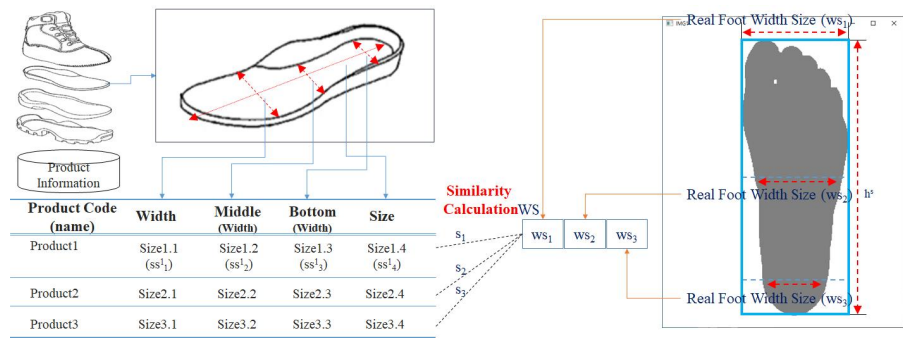
Fig. 9. Real Foot Size (width, height) Transformation Method

2. Product Recommendation Phase

본 과정은 그림 10 (a)와 같이, 두 개의 단계로 구성된다. 그 첫 번째가 유사도 계산이고, 두 번째가 유사도 기준 신발추천이다. 두 번째 단계에서 첫 번째 단계의 결과를 활용하여 유사도가 높은 신발을 추천하는 방법으로 본 논문에서는 코사인 유사도와 거리유사도를 포함하여 [11]의 방법에서 사용한 [12]의 방법, [13]의 방법, [14]의 방법 그리고 [15]의 방법들을 적용 후 가장 좋은 성능을 보이는 방법을 추천방법으로 선택하였다. 신발추천을 목적으로 제품정보 데이터베이스의 제품정보를 활용(그림 10 (b) 참고)하고, 제품정보는 신발갈창의 사이즈가 저장된다. 추천방법은 제품정보 데이터와 사용자의 발 사이즈를 기준으로 유사도를 계산하고, 유사도가 가장 높은 제품을 우선적으로 추천한다. 본 논문에서는 사용한 유사도는 표 2와 같다.



(a) Product Recommendation Process



(b) Product Recommendation Method

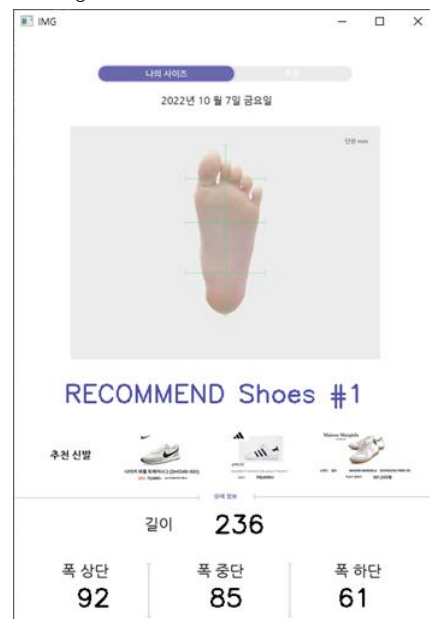
Fig. 10. Product Recommendation Process and Recommendation Method

IV. Hardware/Software Implementation and Experimental Results

1. Hardware and Software Implementation Result



(a) Front of Hardware and Shooting Board (b) Inside of Hardware Shooting Board



(c) Product Recommendation Software

Fig. 11. Results of Hardware and Software

본 논문에서 구축한 하드웨어는 그림 11 (a), (b)와 같고, 촬영을 위한 촬영판은 종이 소재를 적용하였으며 내부 중앙에 웹카메라를 장착하였다. 또한 구축한 신발추천 소

프웨어는 (c)와 같이 발의 사이즈와 신발을 추천하고, 촬영방법은 사용자가 발을 촬영판에 올려 발바닥을 촬영한다. 신발추천 결과는 텍스트 기반에서 신발을 추천할 수 있도록 하였고, 그림 (c)에서 “RECOMMEND Shoes #1” 이 추천하는 신발이다. 또한 다른 제품일 경우 “Shoes #1”, “Shoes #2”, ... , “Shoes #n” 등과 같이 번호만 변하게 하였다.

2. Size Measurement Error and Recommendation Performance Result

실험을 목적으로 고려해야 하는 사항은 두 가지다. 그 첫 번째가 발 모양의 이미지를 확보하는 것이고, 두 번째가 추천을 위한 신발 사이즈를 확보하는 것이다. 여러 사람의 발 모양 이미지를 직접적으로 확보하는 것이 불가능하여 그림 12 상단 이미지를 활용하였다. 즉, 네 개의 발바닥 모양의 스티로폼을 260mm, 270mm 그리고 275mm로 제작하였고, 제작한 발 모양을 활용하여 실험을 위한 416장의 이미지를 확보하였다(그림 12 하단 참고, 수집 결과 영상). 확보 방법은 발모양을 두 가지 형태로 분류(그림 12의 좌측 두 개 및 우측 두 개로 분류) 후 분류한 발 모양을 기준으로 영상을 촬영하였다. 최종적으로 확보한 이미지의 세부 내용은 표 1과 같으며 표 1 - 260mm - case 1의 46장은 그림 12 좌측 첫 번째 이미지를 활용하여 확보한 이미지이며, 25장은 좌측 두 번째 이미지를 활용하여 확보한 이미지이며, case 2의 31장은 세 번째 이미지를 활용하여 확보한 이미지이며 마지막으로 34장은 그림 12의 마지막 이미지를 활용하여 확보한 이미지이다.

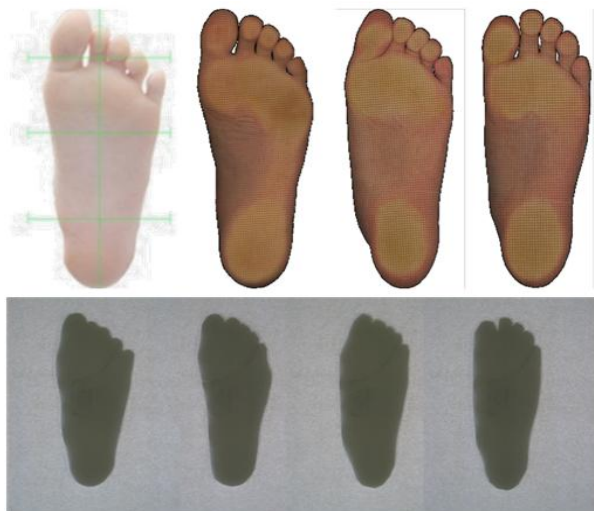


Fig. 12. Foot shapes and their experiment Images

Table 1. Number of Images per Size (Case1: Left Two in Figure 12, Case2: Right Two)

| Division | 260mm | 270mm | 275mm | Total |
|--------------|-------|-------|-------|------------|
| case1 | 46 | 25 | 34 | 214 |
| case2 | 31 | 34 | 37 | 202 |
| Total | | | | 416 |

신발 사이즈의 경우 실제 신발의 내부를 측정하는 것이 불가능하여 그림 13과 같이 측정한 위치의 최댓값을 해당 위치의 실제 사이즈로 정의하였다. 일례로, 첫 번째 이미지의 경우 폭 78mm, 중간폭, 64mm, 뒤꿈치 폭 44mm로 측정되었고, 두 번째 이미지의 경우 폭 82mm, 중간폭, 67mm, 뒤꿈치 폭, 44mm로 측정되었다면, 신발 사이즈 폭을 78mm와 82mm의 최댓값인 82mm로 정의하였고, 중간폭을 64mm와 67mm의 최댓값인 67mm로 정의하였으며, 뒤꿈치 폭은 44mm로 정의하였다.

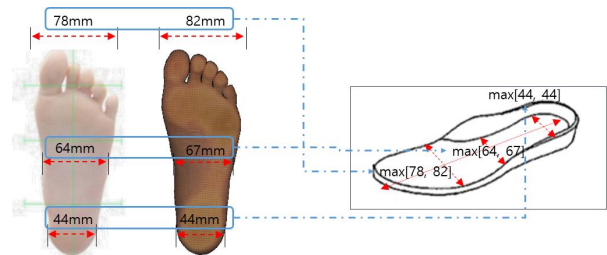


Fig. 13. Defining Method of the Shoe Size

앞에서 측정한 발사이즈와 정의한 신발 사이즈를 활용하여 제안 방법의 성능을 분석하기 위해 두 가지 측면에서 실험을 진행하였다. 그 첫 번째가 사이즈 측정 오차율이고, 두 번째가 추천성능이다. 사이즈 측정 오차율은 그림 14와 같고, 발 길이 260mm일 경우 길이 최소 오차 0.1mm, 최대 오차 4.69mm, 폭 최소 오차 0.027mm, 최대 오차 13.674mm, 중간 폭 최소 오차 0.184mm, 최대 오차 3.312mm, 뒤꿈치 폭 최소 오차 0.01mm, 최대 오차 4.554mm이고, 발 길이 270mm일 경우 길이 최소 오차 0.21mm, 최대 오차 3.78mm, 폭 최소 오차 0.027mm, 최대 오차 9.02mm, 중간 폭 최소 오차 0.011mm, 최대 오차 3.335mm, 뒤꿈치 폭 최소 오차 0.035mm, 최대 오차 2.92mm이며, 발 길이 275mm일 경우 길이 최소 오차 0.11mm, 최대 오차 5.21mm, 폭 최소 오차 0.018mm, 최대 오차 10.193mm, 중간 폭 최소 오차 0.117mm, 최대 오차 4.899mm, 뒤꿈치 폭 최소 오차 0.08mm, 최대 오차 4.426mm의 오차율을 보였다. 또한 평균 오차를 측정된 결과, 260mm일 경우 길이 2.3011mm, 폭 2.3165mm, 중간 폭 1.5794mm, 뒤꿈치 폭 1.2579mm의 평균 오차를 보였고, 270mm일 경우 길이 1.0767mm, 폭 1.6273mm,

Table 2. Similarity Functions for Recommendation

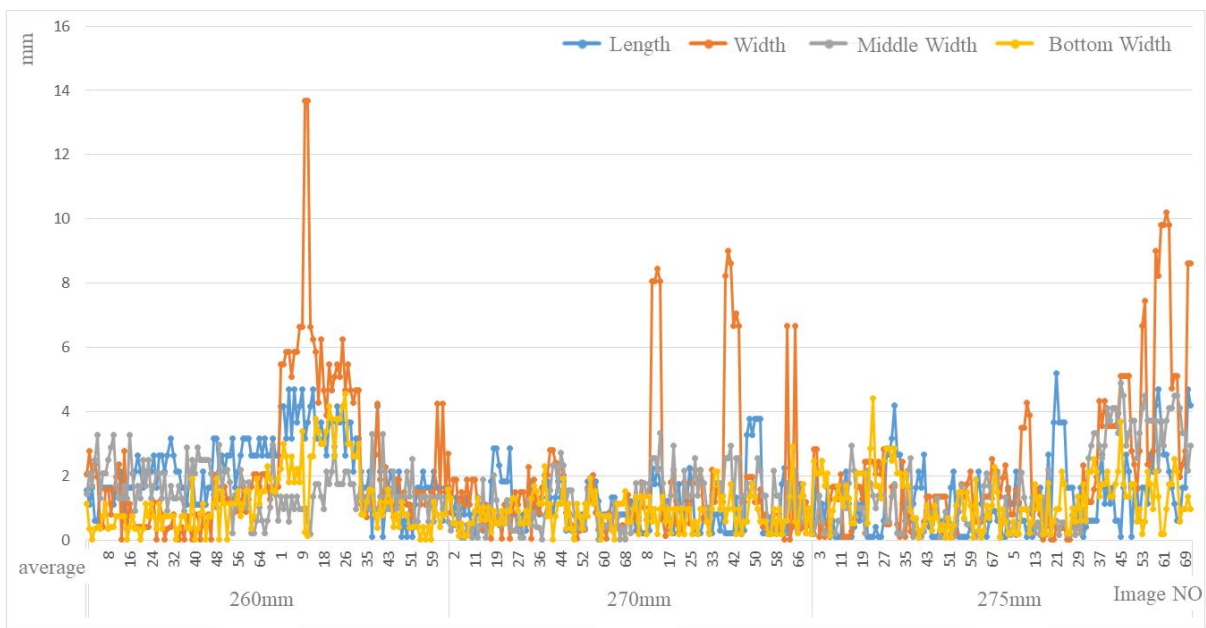
| Division | Equation |
|---------------------------------------|---|
| Cosine Similarity | $s_k = \frac{SS^k \cdot WS}{\ SS^k\ \ WS\ } = \frac{\sum_{i=1}^n SS_i^k \times WS_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (SS_i^k)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (WS_i)^2}} \quad (3)$ <p>where the s^k means the similarity of the k-th product, the SS^k means the size of the k-th product(SS), and the WS means the actual foot width.</p> |
| Distance Similarity | $s_k = \sqrt{(SS_1^k - WS_1)^2 + \dots + (SS_n^k - WS_n)^2} \quad (4)$ |
| Similarity of [12] | $s_k(SS^k, WS) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\min(SS_i^k, WS_i)}{\max(SS_i^k, WS_i)} \right) \quad (5)$ <p>where the denominator equalizes to zero, then $s_k(SS^k, WS) = 1$.</p> |
| Similarity of [13] | $s_k(SS^k, WS) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{2 \times \min(SS_i^k, WS_i)}{SS_i^k + WS_i} \right) \quad (6)$ <p>where if $(SS_i^k + WS_i) = 0$, then $s_k(SS^k, WS) = 1$.</p> |
| Similarity of [14] | $s_k(SS^k, WS) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(SS_i^k, WS_i)}{\sum_{i=1}^n \max(SS_i^k, WS_i)} \quad (7)$ |
| Similarity of [15] | $s_k(SS^k, WS) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (SS_i^k + WS_i)^2} \quad (8)$ |
| Similarity of [12] with Normalization | $NSS_j^k = \frac{SS_j^k}{\sum_{i=1}^n SS_i^k}, NWS_j = \frac{WS_j}{\sum_{i=1}^n WS_i} \quad (9)$ $s_k(NSS^k, NWS) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\min(NSS_i^k, NWS_i)}{\max(NSS_i^k, NWS_i)} \right)$ <p>where the NSS_j^k means the value obtained by dividing the j-th value of the k-th product(SS) by the sum of SS, and the NWS_j means a value obtained by dividing the j-th value of the actual foot width(WS) by the sum of WS.</p> |
| Similarity of [13] with Normalization | $NSS_j^k = \frac{SS_j^k}{\sum_{i=1}^n SS_i^k}, NWS_j = \frac{WS_j}{\sum_{i=1}^n WS_i} \quad (10)$ $s_k(NSS^k, NWS) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{2 \times \min(NSS_i^k, NWS_i)}{NSS_i^k + NWS_i} \right)$ |
| Similarity of [14] with Normalization | $NSS_j^k = \frac{SS_j^k}{\sum_{i=1}^n SS_i^k}, NWS_j = \frac{WS_j}{\sum_{i=1}^n WS_i} \quad (11)$ $s_k(NSS^k, NWS) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(NSS_i^k, NWS_i)}{\sum_{i=1}^n \max(NSS_i^k, NWS_i)}$ |
| Similarity of [15] with Normalization | $NSS_j^k = \frac{SS_j^k}{\sum_{i=1}^n SS_i^k}, NWS_j = \frac{WS_j}{\sum_{i=1}^n WS_i} \quad (12)$ $s_k(NSS^k, NWS) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (NSS_i^k + NWS_i)^2}$ |

중간 폭 1.1395mm, 뒤꿈치 폭 0.8439mm의 평균 오차를, 275mm일 경우 길이 1.2723mm, 폭 2.0139mm, 중간 폭 1.4735mm, 뒤꿈치 폭 1.2531mm의 평균 오차를, 전체평균오차 길이 1.5571mm, 폭 2.0430mm, 중간 폭

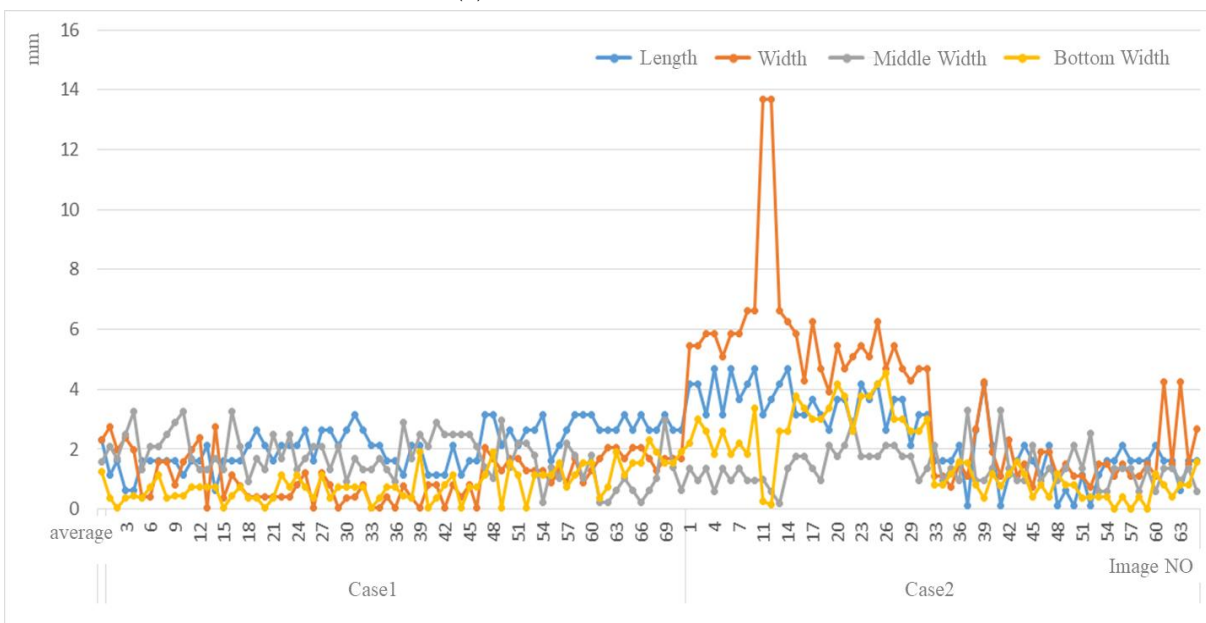
1.4377mm, 뒤꿈치 폭 1.1237mm의 평균 오차를 보였다. 실험 결과, 제안방법의 발 사이즈 측정 오차율은 전체적으로 낮음을 알 수 있다.

추천성능 결과는 표 3과 같고, 코싸인 유사도와 거리 유사도를 포함하여 식 (5)~(12)의 방법들의 추천성능을 비교하였다. 비교결과, 코싸인 유사도를 적용한 경우 91.22%의 정확율을 보였고, 거리 유사도를 적용한 경우 78.48%, 식 (5)를 적용한 경우 86.06%, 식 (6)을 적용한 경우 86.31%, 식 (7)을 적용한 경우 82.15%, 식 (8)을 적용한 경우 78.97%, 식 (9)를 적용한 경우 92.67%, 식 (10)

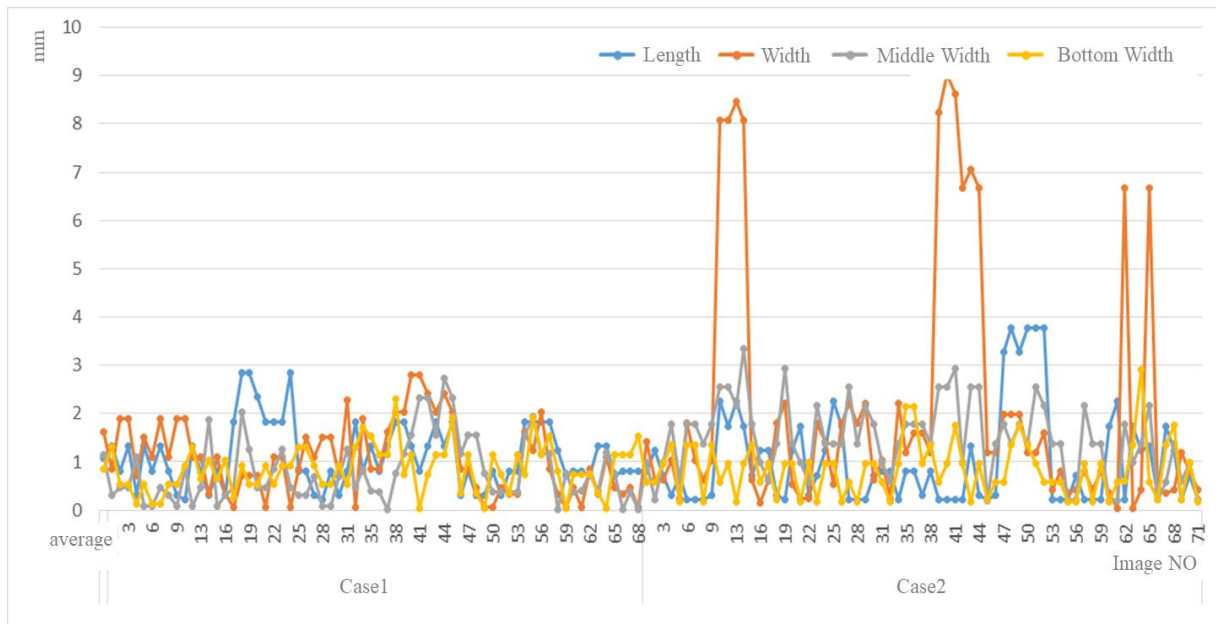
을 적용한 경우 92.67%, 식 (11)을 적용한 경우 91.93% 마지막으로 식 (12)를 적용한 경우 91.69%의 성능을 보였다. 세부적으로 코싸인 유사도를 적용한 경우 275mm에서 가장 좋은 성능을 보였고, 거리 유사도를 적용한 경우 270mm에서 가장 좋은 성능을 보였으며, 식 (5)와 식 (6)의 경우 260mm, 식 (7)과 식 (8)의 경우 270mm, 식 (9)~(12)의 경우 275mm에서 가장 좋은 성능을 보였다. 즉, 전체적으로 식(9)와 식 (10)을 적용하였을 때 가장 좋은 성능을 보였다.



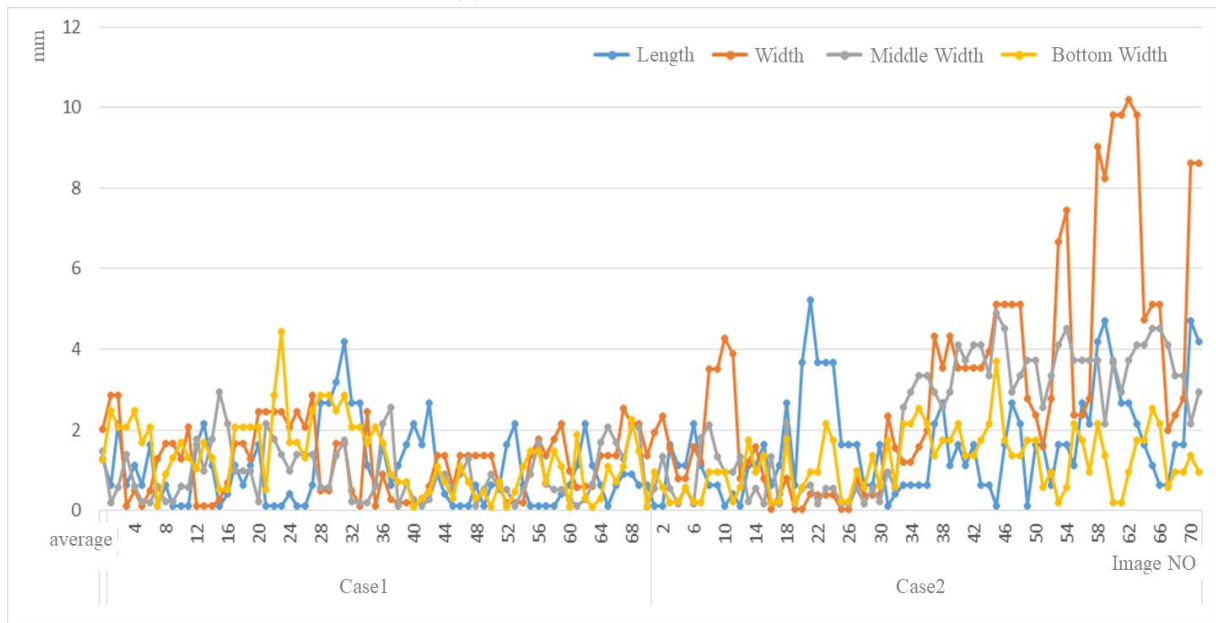
(a) Overall Measurement Error



(b) 260mm Measurement Error



(c) 270mm Measurement Error



(d) 275mm Measurement Error

Fig. 14. Size Measurement Error Rates

Table 3. Recommendation Performance Comparison

| Division (Unit:m m/%) | Cosine Similarity | | | Distance Similarity | | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------|-------|----------------------------|--------------|-------|
| | Product 1 | Product 2 | Total | Product 1 | Product 2 | Total |
| 260 | 86.11 | 96.77 | 91.05 | 59.16 | 96.77 | 76.69 |
| 270 | 98.51 | 82.35 | 90.37 | 95.52 | 82.35 | 88.89 |
| 275 | 95.78 | 88.57 | 92.20 | 54.29 | 85.92 | 70.21 |
| Division (Unit:m m/%) | Similarity[12] of Eq. (5) | | | Similarity[13] of Eq. (6) | | |
| | Product 1 | Product 2 | Total | Product 1 | Product 2 | Total |
| 260 | 90.00 | 96.83 | 91.04 | 91.43 | 96.83 | 93.98 |
| 270 | 100.0 | 78.26 | 88.89 | 100.0 | 78.26 | 88.89 |
| 275 | 61.43 | 91.55 | 76.60 | 61.43 | 91.55 | 76.60 |
| Division (Unit:m m/%) | Similarity[14] of Eq. (7) | | | Similarity[15] of Eq. (8) | | |
| | Product 1 | Product 2 | Total | Product 1 | Product 2 | Total |
| 260 | 75.71 | 96.83 | 85.71 | 60.00 | 96.83 | 77.44 |
| 270 | 100.0 | 82.61 | 91.11 | 96.97 | 82.61 | 89.63 |
| 275 | 55.71 | 84.51 | 70.21 | 54.29 | 85.92 | 70.21 |
| Division (Unit:m m/%) | Similarity[12] of Eq. (9) | | | Similarity[13] of Eq. (10) | | |
| | Product 1 | Product 2 | Total | Product 1 | Product 2 | Total |
| 260 | 88.57 | 96.83 | 92.48 | 88.57 | 96.83 | 92.48 |
| 270 | 100.0 | 82.61 | 91.11 | 100.0 | 82.61 | 91.11 |
| 275 | 98.57 | 90.14 | 94.33 | 98.57 | 90.14 | 94.33 |
| Division (Unit:m m/%) | Similarity[14] of Eq. (11) | | | Similarity[15] of Eq. (12) | | |
| | Product 1 | Product 2 | Total | Product 1 | Product 2 | Total |
| 260 | 88.57 | 96.83 | 92.48 | 85.71 | 88.57 | 90.98 |
| 270 | 100.0 | 82.61 | 91.11 | 100.0 | 82.61 | 91.11 |
| 275 | 95.71 | 88.73 | 92.20 | 97.14 | 88.73 | 92.91 |

V. Conclusions

현대 사회의 서비스 방식은 기존 대면 방식의 서비스보다 비대면 방식의 서비스를 선호하는 추세이다. 이를 목적으로 본 논문에서는 자동으로 발의 사이즈를 측정 후 측정된 결과를 활용하여 구매자에게 비대면 신발추천을 위한 시스템을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 카메라로 발바닥을 촬영 후 발바닥 사이즈를 측정하고, 측정결과와 신발의 사이즈를 유사도에 적용하여 신발을 추천하는 방법이다.

성능 분석을 목적으로 실제 발 사이즈와 제안 방법 발 사이즈와의 오차값을 측정하였고, 코사인 유사도와 거리 유사도 방법을 포함하여 기존 연구에서 사용한 유사도 방법과의 추천성능을 비교 분석하였다. 측정결과, 발사이즈의 오차가 작음을 알 수 있었고, 추천성능 분석결과, 전체적으로 본 논문에서 제안한 방법이 좋은 성능을 보였다. 제안 방법은 실험실 수준의 성능으로 향후 실제 환경으로 확대 적용할 필요가 있다. 또한, 디자인을 고려한 신발을 추천하는 방법도 필요하고, 3차원으로 확장하여 발등이 높은 사용자를 고려한 신발 추천 방법 역시 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Kumoh National Institute of Technology(2022~2023).

REFERENCES

- [1] N. Franke, P. Keinz, and C.J. Steger, "Testing the value of customization: when do customers really prefer products tailored to their preferences?," *Journal of Marketing*, 2009, DOI:10.1509/jmkg.73.5.103.
- [2] U. Y. Kim, et al., "Deep Learning Based on Foot Parameters Estimation for Shoe Recommendation Service," *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference 2021*, Vol. 29, No. 2, 2021.
- [3] K. I. Seo et al., "The Clinical Study of Patients with Cellulitis in the ROK Army," *Journal of Korean Dermatological Association*, pp. 1305~1309, Vol. 37, No. 9, 1999.
- [4] J.-E. Lee and W.-H. Do, "Classification of Sole Types for Female High School Students by 2D scan data," *Fashion & Text. Res. J*, Vol. 15, No. 6, pp. 977-984, 2013, DOI:10.5805/SFTI.2013.15.6.977.
- [5] J.-E. Lee and W.-H. Do, "A Study on Foot Shape by 3D Data of Female High School Students," *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol. 38, No. 4, pp. 572-583, 2014, DOI:10.5850/JKSCT.2014.38.4.572.
- [6] J.-S. Kim, et al, "Measuring foot size using image processing," *Institute of Embedded Engineering of Korea, Autumn Annual Conference 2017*, pp. 305-307, 2017.
- [7] C. B. Moon, et al., "Intelligent Shoe Recommendation System based on Image Precessing," *KICS Winter Conference 2023*, pp. 409-409, 2023.
- [8] S. Jinkyou, B. Stephan, L. Kunwoo, "An Algorithm for Automatic Measurement of Dimensions of 3D Foot Scan Data," *2012 Korea CAD/CAM Society Conference, Computational Design and Engineering*, pp. 1033-1035, 2012.
- [9] X. Bai, "Morphological infrared image enhancement based on multi-scale sequential toggle operator using opening and closing as primitives", *Infrared Physics & Technology*, Vol. 68, pp. 143-151, 2015, DOI:10.1016/j.infrared.2014.11.015.
- [10] Shane Torbert, Shane, *Applied Computer Science (Second Edition)*, Springer, p.158, 2016, DOI:10.1007/978-3-319-30866-1
- [11] C. B. Moon, J. Y. Lee, B. M. Kim, "A Fuzzy-Based Multimedia Content Retrieval Method Using Mood Tags and Their Synonyms in Social Networks," *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, Vol. 7, No. 7, pp. 65-74, 2022, DOI:10.9781/ijimai.2022.10.005.

- [12] W.-J. Wang, "New similarity measures on fuzzy sets and on elements," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 85, pp. 305-309, 1997, DOI:10.1016/0165-0114(95)00365-7.
- [13] D.-G. Wang, Y.-P. Meng, and H.-X. Li, "A fuzzy similarity inference method for fuzzy reasoning," *Computers and Mathematics with Applications*, Vol. 56, pp. 2445-2454, 2008, DOI:10.1016/j.camwa.2008.03.054.
- [14] C. P. Pappis and I. Karacapilidis, "A comparative assessment of measures of similarity of fuzzy values," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 56, pp. 171-174, 1993, DOI:10.1016/0165-0114(93)90141-4.
- [15] L. Baccour, A. M. Alimi, R. I. John, "Some notes on fuzzy similarity measures and application to classification of shapes recognition of arabic sentences and mosaic," *IAENG International Journal of Computer Science*, Vol. 41, No. 2, pp. 81-90, 2014.

Authors



Chang Bae Moon received the BSc, MSc and PhD degrees in the Department of Software Engineering from Kumoh National Institute of Technology, Korea, in 2007, 2010, and 2013, respectively.

He has been with the Korea Polytechnic VII (Changwon Campus) since 2022 as a faculty member of the AI Convergence Electronics. From 2014 to 2022, He was a Research Professor in the ICT Convergence Research Center, the Kumoh National Institute of Technology. From 2013 to 2014, he was a Senior Researcher in Young Poong Elec. Co. His current research areas include artificial intelligence, Web intelligence, information filtering, and image processing.



Byeong Man Kim received the BS degree in Dept. of computer Eng. from Seoul National University (SNU), Korea, in 1987, and the MS and the PhD degree in computer science from Korea Advanced Institute of Science

and Technology (KAIST), Korea, in 1989 and 1992, respectively. He has been with Kumoh National Institute of Technology since 1992 as a faculty member of Computer Software Engineering Department. From 1998-1999, he was a post-doctoral fellow in UC, Irvine. From 2005-2006, he was a visiting scholar at Dept. of Computer Science of Colorado State University, working on design of a collaborative Web agent based on friend network. His current research areas include artificial intelligence, Web intelligence, information filtering and brain computer interface.



Young-Jin Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Control and Instrumentation Engineering from Changwon National University, Korea, in 2006, 2008, and 2017, respectively.

Dr. Kim joined the faculty of the Department of AI Convergence Electronics at Korea Polytechnic University, changwon, Korea, in 2017. He is currently in university. He is interested in Embedded system, application of artificial intelligence.