

Mobile Application based on Image Processing and a Proportion for Food Intake Measuring

Do-Hyeon Kim*, Yoon Kim**, Yu-Ri Han***

Abstract

In the paper, we propose a new reliable technique for measuring food intake based on image automatically without user intervention. First, food and bowl image before and after meal is obtained by user. The food and the bowl are divided into each region by the K-means clustering, Otsu algorithm, Morphology, etc. And the volume of food is measured by a proportional expression based on the information of the container such as its entrance diameter, depth, and bottom diameter. Finally, our method calculates the volume of the consumed food by the difference between before and after meal. The proposed technique has higher accuracy than existing method for measuring food intake automatically. The experiment result shows that the average error rate is up to 7% for three types of containers. Computer simulation results indicate that the proposed algorithm is a convenient and accurate method of measuring the food intake.

- ▶ Keyword : Food intake, Image-based volumetric algorithm, Image segmentation, Mobile application, 3D estimation

1. Introduction

최근 햄과 소시지 같은 가공육을 매일 50g씩 먹을 경우 대장암 발병률이 18%나 높아진다는 WHO의 연구 발표가 있었다 [1]. 이러한 연구는 연구 대상들이 섭취한 식품과 질병 발병률 사이의 상관관계를 밝히는 것이 목적이다. 그러기 위해선 제일 먼저 연구 대상들의 가공육 섭취량을 조사하여야 한다. 그리고 가공육을 많이 섭취한 분류군의 암 발병률과 많이 섭취하지 않은 분류군의 암 발병률을 비교한다. 이로써 가공육과 암 발병률 사이의 상관관계를 밝히고 그 결과에 기인하여 가공육을 담배, 술과 같은 1군 발암 물질로 분류할 수 있다. 이와 같이 식품과 질병의 발병률 사이의 상관관계를 밝히기 위해서는 오랜 기간 해당 식품을 적게 섭취한 사람과 해당 식품을 많이 섭취한 사람의 변화를 비교해야한다. 이러한 조사는 조사자가 오랜 기간 조사 대상자에게 섭취한 음식의 종류와 음식의 양을 질문하고 답하여야하기에 많은 인력과 시간이 든다.

또한 최근의 우리나라는 고령화와 더불어 생활 및 식습관의 변화로 인해 질병 구조가 만성질환 위주로 변화해 가고 있다. 때문에 중장년층을 중심으로 만성질환 예방을 위한 웰빙 (Well-being) 열풍이 크게 불고 있다[2]. 특히 합병증 유발의 주범인 고혈압이나 고지혈증, 당뇨병과 같은 질환 예방이 사람들의 주요 관심사이다. 이런 질병들의 예방 방법으로는 운동을 통한 체력 조절과 식사를 통한 영양 개선이 있다. 이를 위해 국가적, 지역적 단위의 예방관리 프로그램과 질환관리 사업 등이 활발히 이루어지고 있고 이는 점점 증가하는 추세이다. 특정 조건의 조사 대상이 어떤 영양소를 어느 정도 섭취하는 것이 건강에 이로운 가, 어떤 영양소를 필수적으로 섭취하고 어떤 영양소를 피해야 하는가, 등에 대한 연구 또한 과거부터 계속 이루어져왔다[3][4]. 이러한 연구는 식이조절 프로그램과 이를 위한 연구는 질병예방 관리체계 확립에 필수적이다. 하지만 지금

*First Author: Do-Hyeon Kim, Corresponding Author: Yoon Kim

*Do-Hyeon Kim (abc3698@kangwon.ac.kr), Dept. of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University.

**Yoon Kim (yooni@kangwon.ac.kr), Dept. of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University.

***Yu-Ri Han (hyr333@kangwon.ac.kr), Dept. of Preventive Medicine, Kangwon National University School of Medicine.

• Received: 2017. 04. 20, Revised: 2017. 04. 26, Accepted: 2017. 05. 12.

• This study was supported by 2016 Research Grant from Kangwon National University(No. 520160308).

까지의 연구는 조사 대상의 주관적인 판단에 따라 섭취량이 정해졌기 때문에 정확한 데이터를 얻기 힘들다. 또한 정확하지 않은 데이터를 얻기 위해 많은 인력과 시간이 필요하다.

식이조절 관련 연구는 주로 예방의학과에서 주도하여 진행하는데 앞서 언급한대로 관련 조사 방법은 조사 대상과 조사자가 직접 대면하여 조사 기간 동안 섭취한 음식 종류와 음식의 양을 질문하고 답하는 형식으로 진행되었다. 하지만 한정된 시간과 인력으로 많은 대상들을 조사하는 것은 무리가 있었고, 조사 대상을 적게 잡는 경우에는 연구의 신뢰성이 부족했다. 또한 조사 대상이 해당 조사 기간 동안 본인이 먹은 모든 음식의 종류와 양 그리고 조리법 모두를 기억하는 데에는 한계가 있었다. 이를 극복하기 위해 수기로 작성하는 식단표를 조사 대상에게 작성하도록 하였지만 이 방법은 작성자가 매 끼니마다 직접 식단표를 지참하여 작성해야 한다는 번거로움이 따랐다.

IT 기술이 발전함에 따라 한 사람 당 하나 이상의 모바일 기기를 소유하면 소유자가 가지고 있는 자료들을 언제, 어디서나 다른 누군가와 주고받을 수 있게 되었다. 식이조절 관련 조사 및 연구 또한 스마트폰 등의 모바일 기기를 이용하기 시작했다. 한 예로 조사 대상은 하루 동안에 먹은 음식을 스마트폰을 통하여 데이터베이스에 저장하고 섭취한 칼로리를 한 눈에 보여주는 어플리케이션을 들 수 있다[5][6]. 이러한 어플리케이션은 사용자가 섭취한 음식의 칼로리를 신속히 알 수 있어 사용자가 식이조절을 하는 데 있어 큰 도움이 된다. 또한 식이조절 관련 연구자들에게는 많은 인력과 시간을 들이지 않고 조사 대상의 음식 종류와 섭취량을 알 수 있다. 해당 어플리케이션의 사용 방법은 다음과 같다. 데이터베이스에서 조사 대상이 먹은 음식을 검색한다. 데이터베이스에는 음식의 종류와 해당 음식 1인분만큼의 칼로리가 연동되어 있다. 조사 대상은 음식 종류를 고르고 난 뒤에 본인이 몇 인분을 먹었는지 입력한다. 먹은 음식을 모두 입력하면 어플리케이션에서는 조사 대상이 섭취한 칼로리를 보여준다. 하지만 이 방식은 먹은 음식이 몇 인분만큼의 양인지를 조사 대상이 주관적으로 판단하여 입력하기 때문에 신뢰성이 떨어진다. 다른 방법으로는 식기를 기준으로 몇 인분인지 판단하는 방법이 있다. 하지만 이 방식은 사용자마다 사용하는 식기가 다르기 때문에 정확한 섭취량을 알 수 없다. 만약 양을 가능하여 입력한다면 측정의 정확도가 떨어져 조사의 신뢰도 또한 잃을 수 있다.

따라서 정확히 몇 인분을 먹었는지 알지 못하고 대상들의 사용 식기가 서로 다르더라도 사용자는 정확하고 편리하게 식사량을 측정 하는 프로그램이 필요하다. 또한 식이조절 관련 연구자들에게는 많은 인력과 시간을 들이지 않고 조사 대상의 음식 종류와 섭취량을 알 수 있는 프로그램이 필요하다. 이에 본 논문에서는 사용자가 식사 시 사용하는 그릇 정보와 식사 전과 후의 음식 영상 두 장을 입력 받아 사용자의 식사량을 측정하는 어플리케이션을 개발하였다. 사용자로부터 입력받은 그릇의 정보로는 그릇의 입구 지름, 깊이 그리고 밀지름이 있다. 위와 같은 그릇 정보에 기반한 비례식을 사용하여 사용자가 직접 측

정하기 어려운 그릇의 벽과 음식 사이의 실제 거리 등을 유도한다. 유도된 정보를 통해 그릇에 담긴 음식물의 실제 부피를 계산한다. 제안하는 알고리즘은 초기 입력을 사용자의 그릇 정보로 사용하여 기준이 획일화된 단위인 1인분이 기존 프로그램보다 더욱 더 좋은 정확도를 보여준다. 또한, 사용자가 음식을 먹기 전과 후의 차이를 일일이 기억할 필요 없이 사진 두 장만을 찍으면 되므로 기존 프로그램보다 사용자 편의성이 크게 증가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 체적 측정 알고리즘을 설명한다. 3장에서는 제안 방식의 실험 결과를 보여 준다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

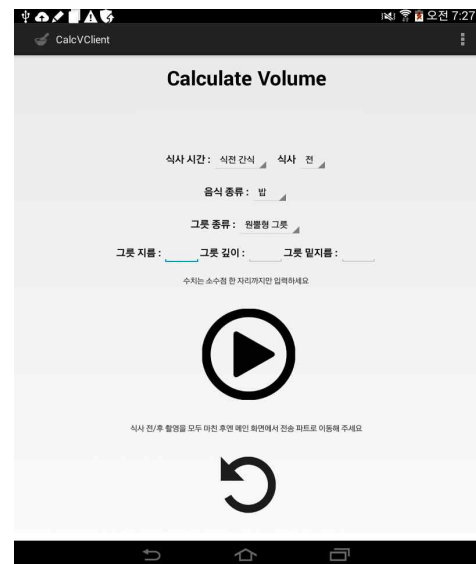


Fig. 1. A Home Screen of the Proposed Mobile Application for Food Intake Measuring.

II. Proposed Measuring Food Intake Algorithm

2D인 영상을 3D 공간에 표현하기 위해서는 두 장 이상의 영상이 필요하며 취득한 영상을 3D 모델링한 후에 필요한 정보를 알아내는 과정은 매우 복잡하다[7][8][9]. 3D 모델링을 통하여 식사량을 측정할 경우에는 3D 모델링하기 충분한 사진의 수를 사용자가 입력으로 줘야한다. 이에 본 논문에서는 사용자의 편의성을 위해 한 장의 영상만을 입력 받아 식사량을 측정할 수 있는 방법을 제안한다.

먼저, 사용자가 실제 사용한 그릇에 대한 정보를 입력 받는다. 깊이가 있는 그릇의 경우에는 그릇의 깊이와 입구 지름, 밀지름 정보를 받는다. 반대로 깊이가 없는 접시는 지름과 음식의 높이 정보만 입력받는다. 일반적으로 사용하는 그릇의 정보가 미리 입력되어 있으며 사용자가 측정한 그릇의 정보로 수정 가

능하다. 입력된 그릇의 정보는 사용자가 수정 전까지는 모바일 기기 안에서 계속 유지된다. 제안하는 알고리즘은 사용자가 음식을 촬영 할 때 안내선을 제시하여 사용자가 일정한 거리와 각도를 유지하면서 촬영할 수 있도록 한다. 그릇 종류 별로 음식 사진 촬영을 위한 안내선을 다르게 제공하여 다양한 그릇에서도 제안하는 음식량 측정 방법이 가능하다. 제시하는 촬영 안내선을 통해 사용자는 45° 또는 90° 각도에서 그릇을 촬영한다. 촬영 각도는 그릇 종류에 따라 달라진다. 주어진 안내선에 맞춰 촬영한 먹기 전과 후인 두 장의 영상이 제안하는 방식의 입력이 되며, 두 영상의 체적 차이가 사용자가 섭취한 식사량이 된다.

1. Pre-Processing

입력 영상을 통해 음식 부피를 측정하기 위해서는 먼저 그릇의 벽 부분과 음식 부분을 구분해야 한다. 본 논문에서는 관심 영역 설정과 영상 분할 알고리즘을 이용하여 그릇과 음식을 구분한다.

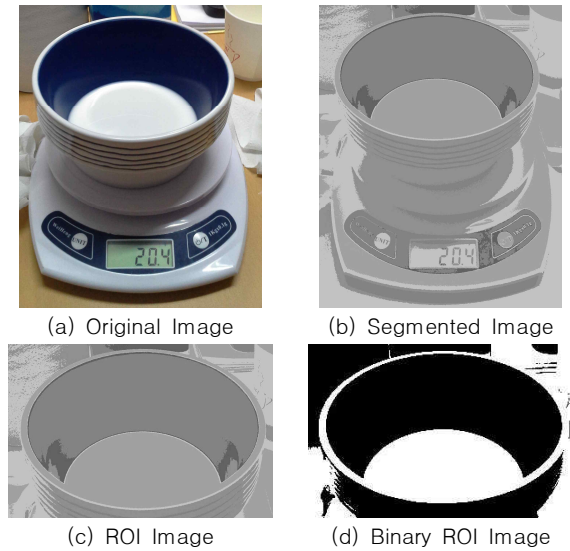


Fig. 2. A Preprocessing Procedure.

가장 처음으로 사용자 입력 영상을 그레이 스케일 영상으로 변환한다. 사용자 입력 영상은 그림 1의 영상(a)에 해당한다. 그 다음, 그레이 스케일로 변환된 영상을 K-Means 분할 알고리즘을 적용하여 입력 영상에서 그릇 부분과 음식 부분을 분할한다. 사용자 입력 영상을 그레이 스케일로 변환한 후에 K-Means 분할 알고리즘을 적용한 결과 영상은 그림 1의 영상(b)에 해당한다. K-Means 분할 알고리즘은 데이터 분포의 최고점 또는 무게 중심을 우회적으로 찾는 방법이다[10][11]. K-Means 분할 알고리즘은 각각의 픽셀 값이 현재 자신의 픽셀 값과 유사한 값들로 군집을 이루게 하는 알고리즘이다. K-Means가 적용된 결과 영상인 그림 1의 영상(b)에서 확인할 수 있듯이 음식 부분과 그릇 부분은 서로 다른 클래스가 된다. 그릇 부분과 음식 부분을 보다 확연히 구분하기 위해 그릇 부

분과 음식 부분을 포함하는 사각형을 관심 영역으로 지정한다. 관심 영역으로 지정한 부분은 그림 1의 영상(c)에 해당한다. 관심 영역을 지정한 후에는 음식 부분과 그릇 부분의 차이를 더욱 명확하게 구분하기 위한 처리를 한다. 관심 영역으로 지정된 그레이 스케일 영상을 적응적으로 이진화한다. 본 논문에서는 적응적으로 영상을 이진화하기 위해 Otsu 알고리즘을 사용한다. Otsu 알고리즘은 이진화를 최적화 문제로 만들어 푸는 알고리즘이다[12]. 임계값 T를 기준으로 영상 픽셀들을 두 클래스로 분류했을 때, 두 클래스 간의 intra-class variance를 최소화하거나 inter-class variance를 최대화 하는 임계값 T를 찾는 이진화 알고리즘이다. 본 논문에서 Otsu 알고리즘을 사용자 입력 영상 전체가 아닌 관심 영역에만 적용하여 그릇 부분과 음식 부분을 더욱 명확히 이진화하는 동시에 Otsu 알고리즘의 계산 복잡도를 크게 감소시킨다. 마지막으로 음식 부분과 그릇 부분의 분할을 방해하는 입력 영상의 노이즈를 없애고 영상을 보정하기 위하여 모폴로지(Morphology) 연산을 이용한다. 모폴로지 연산은 형태학 필터 중 하나로 각 화소 주변의 화소를 참고하여 연산을 한다[13]. 그릇의 색이 어둡고 음식의 색이 밝을 때엔 Closing 연산을 수행한다. 그리고 반대로 그릇이 밝고 음식이 어두운 경우에는 Opening 연산을 수행한다. 모폴로지 연산을 통하여 영상의 노이즈를 제거하고 중간에 발생한 홀을 채움으로써 음식과 그릇의 경계를 더욱 분명히 구분할 수 있다[14]. 관심 영역으로 지정된 그레이스케일 영상에 대해서 Otsu 이진화와 모폴로지 연산을 통해서 얻어진 최종 결과 영상은 그림 1의 영상(d)와 같다.

2. Measuring Volume of Food

본 논문에서는 사용자가 입력한 영상 두 장과 그릇의 정보와 기초적인 비례식을 이용하여 음식의 부피를 측정한다. 비례식의 대상이 되는 그릇들은 실생활에서 가장 많이 사용되고 있는 그릇 세 종류로 비례식을 설계하였다. 이에 해당되는 세 종류의 그릇은 옆면이 각지고 높이가 있는 그릇, 옆면이 둥글고 높이가 있는 그릇, 그리고 높이가 없는 접시이다. 그릇의 옆면이 각진 그릇과 그릇의 옆면이 둥근 그릇은 깊이가 있는 그릇으로 그릇의 입구 지름과 밑지름, 깊이 정보를 사용자로부터 입력을 받는다. 그리고 깊이가 없는 접시는 그릇의 지름과 높이 두 가지 정보만 입력받는다.

그림 2는 본 논문에서 식사량 측정의 대상으로 한 세 종류의 그릇을 도면으로 나타낸 것이다. 그림 3은 각진 그릇, 둥근 그릇, 접시를 본 논문에서 제시한 안내선에 맞춰 촬영한 영상이다.

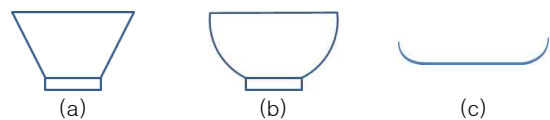


Fig. 3. Examples of Volumetric Bowls. (a) An Angled Bowl, (b) A Round Bowl, (c) A Plate.

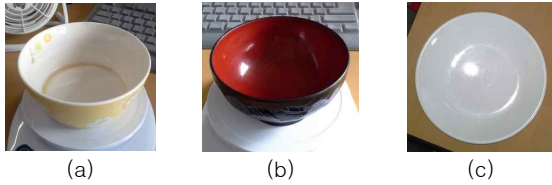
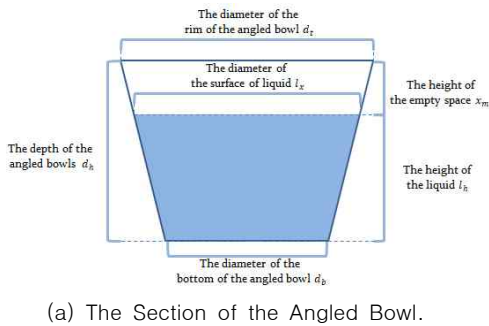
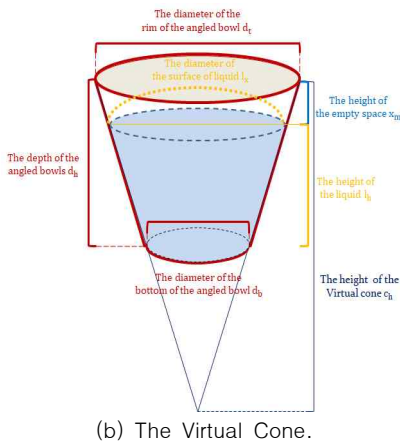


Fig. 4. Examples of Taking Pictures of Volumetric Bowls Using a Guideline. (a) The Angled Bowl, (b) The Round Bowl, (c) The Plate.

깊이가 있는 각진 그릇과 둥근 그릇의 경우에는 안내선을 타원으로 준다. 해당 안내선에 맞춰 촬영할 경우에는 사용자는 일정한 거리에서 약 45° 각도로 촬영할 수 있다. 접시의 경우 각진 그릇과 둥근 그릇의 경우와는 다르게 깊이가 없기 때문에 그림 3 (c)와 같이 약 90° 각도로 촬영한다.



(a) The Section of the Angled Bowl.



(b) The Virtual Cone.

Fig. 5. The Volume of Foods in the Angled Bowl.

각진 그릇에 담긴 음식의 부피를 구하는 방법은 다음과 같다. 그릇 안에 액체가 있다고 할 때, 입력 받은 그릇의 정보를 이용하여 액체가 담긴 만큼의 높이 l_h 와 수면의 지름 l_x 를 이용하여 액체의 부피를 구할 수 있다. 먼저, 그림 4의 영상에서 빈 공간의 길이 x_m 을 먼저 구하고 그 길이를 이용하여 액체의 높이를 구해 수면의 지름과 액체의 부피를 구한다. 그림 4의 (a)에서 빈 공간의 길이 x_m 을 구하기 위해 영상 픽셀 길이와 실제 길이 사이의 비례를 이용한다. 이에 이용되는 수식은 다음과 같다.

$$d_t : l_t = x_m : l_m, \tag{1}$$

$$x_m = \frac{d_t * l_m}{l_t}.$$

(1) 수식에서 d_t 는 사용자가 입력한 그릇의 실제 입구 지름을 의미하고, l_t 는 영상에서의 그릇 지름 길이를 의미한다. 이들의 비는 실제 빈 공간 길이인 x_m 과 영상에서의 빈 공간 길이인 l_m 비와 같다. 이 방법으로 빈 공간의 길이 x_m 을 구하고 난 뒤 그림 4의 (b)와 같이 가상의 원뿔을 생성한다. 그리고 그릇의 입구 지름 d_t 와 그릇의 밑지름 d_b 의 비가 가상의 원뿔 높이 c_h 와 원뿔의 높이에서 그릇의 깊이를 뺀 값인 $c_h - d_h$ 의 비와 같다는 점을 이용해 가상의 원뿔 높이 c_h 를 구한다. 아래의 식 (2)는 가상의 원뿔 높이를 구하는 수식을 나타낸다.

$$c_h = \frac{d_t * d_h}{(d_t - d_b)}. \tag{2}$$

가상의 원뿔 높이 c_h 까지 구하고 나면 그릇에 담긴 액체 수면의 지름 l_x 를 구할 수 있다. 이때 그릇의 입구를 밑면으로 하는 가상의 원뿔과 액체의 수면을 밑면으로 하는 가상의 원뿔 사이에 비례가 성립함을 이용한다.

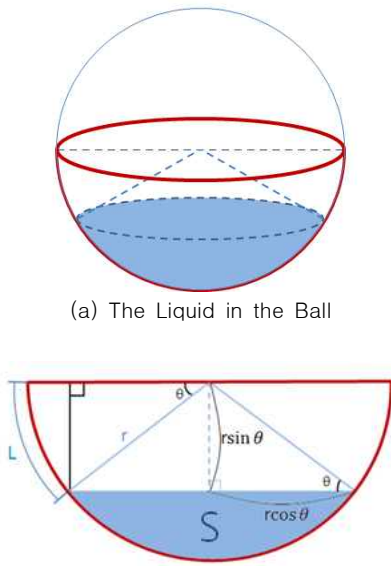
$$l_x = \frac{d_t * (c_h - x_m)}{c_h}. \tag{3}$$

l_x 를 구하고 나면 원뿔의 부피를 구하는 식을 활용하여 그릇에 담긴 액체의 부피를 구할 수 있다.

$$V_l = \frac{\pi}{3} \left\{ \left(\frac{l_x}{2} \right)^2 * (c_h - x_m) - \left(\frac{d_b}{2} \right)^2 * (c_h - d_h) \right\}. \tag{4}$$

위의 (4)식은 액체의 수면 l_x 를 밑면으로 하는 가상의 원뿔 부피에서 그릇의 밑바닥 d_b 를 밑면으로 하는 가상의 원뿔 부피를 빼는 식이다. 결과적으로 액체의 부피를 구할 수 있다. 각진 그릇은 위와 같은 과정으로 부피를 구할 수 있다.

각진 그릇과 둥근 그릇은 같은 안내선을 사용하여 영상을 취득하지만 두 그릇의 부피 계산식은 다르게 적용된다. 원뿔의 형태와 다르게 반구의 형태에서는 높이와 부피 사이에 비례식이 성립하지 않기 때문이다. 따라서 반구의 형태인 둥근 그릇은 아래의 그림 5의 (b)와 같이 액체가 담긴다.



(a) The Liquid in the Ball

(b) The Section of the Liquid in the Round Bowl.

Fig. 6. The Volume of Foods in the Round Bowl.

그릇의 단면에서 액체의 면적 S 를 구해야 한다. 면적 S 는 반구의 넓이에서 부채꼴과 삼각형의 넓이가 빠진 값이다. 이를 계산하기 위해 등근 그릇에서도 빈 부분 길이를 이용한다. 각진 그릇의 부피 계산식에서 얻은 빈 부분의 길이 x_m 을 편의상 L 이라 한다. 그릇의 반지름 r 은 지름의 반, $d_i/2$ 이다. 부채꼴의 넓이를 S_p 라 하고 직각 삼각형의 넓이를 S_q 라 할 때 각 도형의 넓이는 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\theta = L/r. \tag{5}$$

$$S_p = \pi r^2 \frac{\theta}{2\pi}. \tag{6}$$

$$S_q = \frac{r \sin \theta * r \cos \theta}{2}. \tag{7}$$

반구의 반지름과 호의 길이를 이용하여 θ 를 먼저 구하고 구한 각도 θ 를 이용하여 그림 5 (b)의 부채꼴의 넓이 S_p 와 직각 삼각형의 넓이 S_q 를 구한다.

$$S = \frac{\pi r^2}{2} - 2S_p - 2S_q. \tag{8}$$

$$V'_l = \int_0^{2\pi} S. \tag{9}$$

구의 넓이에서 구한 S_p 와 S_q 를 빼면 담긴 액체의 단면의 면적 S 를 구할 수 있다. 이를 2π 만큼 돌려 입체도형으로 만들면 액체의 부피 V'_l 을 구할 수 있다.



(a) The Example of the Taking Picture of the Plate Using the Guideline.



(b) The Section of Foods on the Plate.

Fig. 7. The Volume of Food in the Plate.

접시는 깊이가 없는 그릇이기 때문에 다른 그릇들과 달리 안내선을 정원으로 준다. 해당 안내선에 맞춰 촬영할 경우 그림 6 (a)와 같은 영상을 얻을 수 있다. 획득한 영상에서 음식이 차지하는 부분의 면적을 구한 뒤 음식의 높이를 곱한 결과를 음식의 부피로 측정한다. 본 논문에서는 음식의 면적을 구하기 위해 음식의 외곽선을 추출하고 외곽선 내부의 면적을 계산한다. 2.1장에서 설명한 영상 전처리 과정을 거치면 배경, 접시 그리고 음식 부분이 구분되기 때문에 접시와 음식의 외곽선을 구할 수 있다. 면적은 실제 면적이 아닌 영상에서의 픽셀 수로 계산된다. 영상에서의 면적을 실제 면적으로 반환하기 위해서 입력받은 접시의 정보를 이용한다.

$$S_p : S_x = I_p : I_x. \tag{10}$$

위 식(10)에서 S_p 는 입력 받은 접시의 지름을 이용하여 구한 접시의 실제 면적이고 S_x 는 구하고자 하는 실제 음식 면적이다. I_p 는 위에서 설명한 함수로 구한 영상에서의 접시 면적을 의미하고 I_x 는 함수로 구한 영상에서의 음식의 면적을 의미한다. 이들 사이에서는 위와 같은 비례가 성립한다. 아래 식(11)을 이용해 음식의 실제 면적 S_x 를 구할 수 있다.

$$S_x = \frac{S_p * I_x}{I_p}. \tag{11}$$

III. Experiment

본 논문에서 제안한 체적 측정 방식으로 부피를 구한 후, 부피에 밀도 비를 곱하여 실제 용량과의 오차율을 측정하였다. 실험에 사용된 샘플 영상은 아래의 그림 7과 같다.

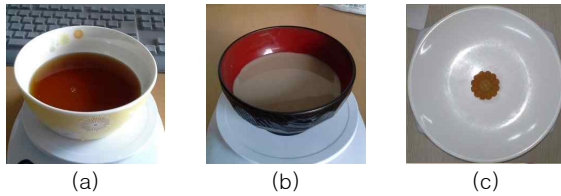


Fig. 8. Experiment Images. (a) The Angled Bowl, (b) The Round Bowl, (c) The Plate.

그림 7 (a)는 각진 그릇에 들어 있는 140g의 액체, (b)는 둥근 그릇에 들어 있는 160g의 액체, (c)의 경우 접시에 있는 7.3g의 약과이다. 그림 7의 영상으로 음식량 측정 결과는 각각 141g, 164g, 7g이며 오차는 약 10% 이내로 발생한다.

표 1은 그림 7 (a) 각진 그릇의 액체 용량을 다르게 하여 실험한 결과이다. 각진 그릇의 경우에, 오차는 평균적으로 약 3% 이내로 발생한다. 표 2는 그림 7 (b) 둥근 그릇의 액체 용량을 다르게 하여 실험한 결과이다. 둥근 그릇의 경우 오차는 평균적으로 약 8% 이내로 발생한다. 표 3은 그림 7 (c) 접시에 음식물의 용량을 다르게 하여 실험한 결과이다. 접시의 경우에, 오차는 평균적으로 약 7% 이내로 발생한다.

Table 1. Results of angled bowls.

Actual volume	Measure volume	Error
240g	241g	0.42%
220g	221g	0.45%
200g	202g	1%
180g	177g	1.67%
160g	159g	0.62%
140g	135g	3.57%
120g	112g	6.67%
100g	90g	10%
Avg.	-	3.05%

Table 2. Results of round bowls

Actual volume	Measure volume	Error
280g	284g	1.43%
260g	279g	7.31%
240g	258g	7.5%
220g	243g	10.45%
200g	228g	14%
180g	199g	10.56%
160g	166g	3.75%
140g	149g	6.43%
Avg.	-	7.68%

Table 3. Results of plates.

Actual volume	Measure volume	Error
7g	7g	0%
14g	13g	7.14%
21g	24g	14.29%
28g	30g	7.14%
Avg.	-	7.14%

Table 4. The average of error.

Type	Angled bowls	Round bowls	Plate
Average of error	3.05%	7.68%	7.14%

IV. Conclusions

기존의 식사량 측정 방식에서 획일화된 기준이 적용되면 식사량을 측정하는 일반적인 사람들은 1인분 기준의 식사량이 정해져있음에도 불구하고 육안으로 보았을 때 정확한 식사량을 판단할 수 없다는 문제가 있었다. 이에 본 논문에서는 사용자가 실제 사용한 그릇에 대한 정보와 식사 전/후 영상 두 장을 이용한 음식의 체적 측정 방법을 제안하였다. 제안 방법은 사용된 그릇의 정보와 음식의 식사 전과 후의 영상을 입력으로 사용하기 때문에 보다 정확한 식사량을 측정하였다. 제안하는 방법은 사용자 입력 영상에서 그릇과 음식을 구분하기 위해 K-Means clustering, 관심 영역 설정, Otsu 이진화 그리고 모폴로지와 같은 전처리 단계를 거친다. 그 후, 그릇의 정보를 기반한 비례식을 사용하여 음식의 부피를 구한다. 제안하는 방법은 영상의 전처리 단계와 그릇 정보를 이용한 비례식을 사용하며 기존의 식사량 측정 방식보다 객관적이고 신뢰도 높은 체적을 측정할 수 있었다. 실험 결과는 세 가지 식기에 대해 평균 오차율이 최대 7% 이내인 것을 보인다. 이를 통해 제안하는 알고리즘이 음식의 체적을 정확성이 측정하는 것을 확인하였다. 향후에는 다양한 식사 관련 데이터를 얻기 위해 식사량 측정뿐만 아니라 한 끼 식사의 영양소를 분석 및 측정하는 연구를 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Q&A on the carcinogenicity of the consumption of red meat and processed meat, http://www.iarc.fr/en/mdeiiia-centre/iarcnews/pdf/Monographs-Q&A_Vol_114.pdf
- [2] H.Y. Choi and J.G. Kim "A study on Consumer Wellbeing Trends of Korea", KSVB, Vol.10, No.4, pp. 81-93, 2015.
- [3] J.Y. Kim, H.S. Kim and K.N. Kim, "A study on nutritional intakes in middle income adults based on data from the 5th Korean National Health and Nutrition Examination Survey", Journal of Nutrition and Health, Vol.48, No.4, pp. 364-370, 2015.
- [4] H.R. Kim, "A Study on the Association of Diet Quality and Risk of Mortality and Major Chronic Diseases from Nationally Representative Longitudinal Data", Korea

- Institute for Health and Social Affairs, Vol.33, No.3, pp. 5-30, 2013.
- [5] B.K. Lim, J.S. Kim, J.H. Yoo and B.T. Zhang, "DietAdviser : A Personalized eHealth Agent in a Mobile Computing Enviroment", Journal of KIISE : Computing Practices and Letters, Vol. 18, No. 6, pp. 459-463, 2012.
- [6] S.Y. Jung, S.H. Ryu and G. G. Lee, "DietTalk : Diet and Health Assistant Based on Spoken Dialog System", Winter Conference of KIISE, pp. 1681-1683, 2014.
- [7] M.H. Kim and H.K. Hong, "2D - 3D Conversion Method Based on Scene Space Reconstruction", The Journal of the Korea Contents Association, Vol.14, No.7, pp. 1-9, 2014.
- [8] T.J. Choi, E.S. Kim and H.M. Lee, "Algorithms to convert 2D image into a 3D model", Proceedings of the Korea Contents Association Conference, pp. 347-348, 2015.
- [9] I.S. Kim, H.T. Kim and J.S. Youn, "A Study on 2D-3D Image Conversion using Depth Map Chart Analysis", KSCI, Vol.23, No.1, pp. 205-208, 2015.
- [10] T. Kanungo, D.M. Mount and N.S. Netanyahu, "An efficient k-means clustering algorithm: Analysis and implementation", IEEE Transactions on PAMI, Vol.24, No.7, pp. 881-892, 2002.
- [11] L. Lucchese and S. Mitray, "color image segmentation: A state-of-theart survey", Proceedings of the Indian National Science Academy, pp. 207-221, 2001.
- [12] Q. Chen, et al., "Modified two-dimensional otsu image segmentation algorithm and fast realisation", IET Image Processing, Vol.6, No.4, pp. 426-433, 2012.
- [13] M. Haralick and S.R. Sternberg, "Image analysis using mathematical morphology", IEEE Transactions on PAMI, Vol.9, No.4, pp. 532-550, 1987.
- [14] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing", Kyobobook, pp. 550-560, 2002.

Authors



Do Hyeon Kim received the B.S. and M.S. degree in Department of Computer and Communications Engineering from Kangwon National University in 2016.

He is currently a Ph.D student in Department of Computer and Communications Engineering from Kangwon National University. His research interests are in the areas of image compression, machine learning and computer vision.



Yoon Kim received a B.S. degree in 1993, an M.S. degree in 1995, and a Ph.D. degree in 2003, in electronic engineering with the Department of Electronic Engineering from Korea University.

In 2004, he joined the Department of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University, where he is currently an professor. From 1995 to 1999, he was with the LG-Philips LCD Co., where he was involved in research and development on digital image equipment. His research interests are in the areas of video signal processing, multimedia communications, and wireless sensor networks.



Yuri Han is currently studying in the Department of Preventive Medicine at Kangwon National University School of Medicine. She is interested in nutritional epidemiology.