

논문 2024-13-27

# 포션커팅을 위한 스테레오 비전 센서 기반 부피 측정 및 절단 위치 추정 알고리즘 개발

## (Development of a Stereo Vision Sensor-based Volume Measurement and Cutting Location Estimation Algorithm for Portion Cutting)

김 호 진, 정 승 현\*

(Ho Jin Kim, Seung Hyun Jeong)

Abstract : In this study, an algorithm was developed to measure the volume of meat products passing through the conveyor line of a portion cutter using a stereo vision sensor and calculate the cutting position to cut them into the same weight unit. Previously, three or more laser profile sensors were used for this purpose. However, in this study, the volume was measured using four stereo vision sensors, and the accuracy of the developed algorithm was verified to confirm the applicability of the technique. The technique consists of stereo correction, scanning and outlier removal, and cutting position calculation procedures. The comparison between the volume measured using the developed algorithm and the results measured using an accurate 3D scanner confirmed an accuracy of 91%. Additionally, in the case of 50g target weight, where the cutting position calculation is crucial, the cutting position was calculated at a speed of about 2.98 seconds, further confirming the applicability of the developed technique.

Keywords : Stereo vision sensor, Portion cutter, Volume measurement

### 1. 서 론

본 연구에서는 스테레오 비전 센서를 이용해 포션커터의 컨베이어 라인을 통과하는 육가공품의 부피를 측정하고 이를 동일한 중량으로 절단하는 위치를 추정하는 기법을 개발하였다. 포션커터는 소고기, 돼지고기, 연어 등의 고깃덩어리를 일정한 무게로 절단하는데 사용되는 기계로 국내 대부분의 식품공장에서는 해외에서 개발된 포션커터를 수입하여 사용하고 있는 실정이다. 해외제품의 경우 고깃덩어리를 일정한 무게로 절단하기 위해 그림 1 (a)와 같이 3개의 레이저 라인 스캔 센서를 사용해 스캔을 실시하고 이후 절단면 위치를 계산한다. 하지만 3개의 레이저 라인 스캔 센서를 사용할 경우 스캔 시스템에 필요한 비용이 국내 제품의 가격을 기준으로 제품 전체 비용의 15% 이상을 차지하게 된다. 따라서 포션 커터를 국산화 개발하고자 할 경우 해외 제품 대비 가격 경쟁력 확보를 위해 스캔 시스템에 소요되는 비용을 최소화 할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 해외 제품처럼 레이저 라인 스캔 센서를 사용하는 것이 아니라 그림 1 (b)와 같이 저렴한 스테레오 비전 센서를 사용해 육가공품의 부피를 측정하고 이를 동일한 무게로 절단하기 위한 절단면을 계산하는 기법을 개발하여 적용 가능성을 확

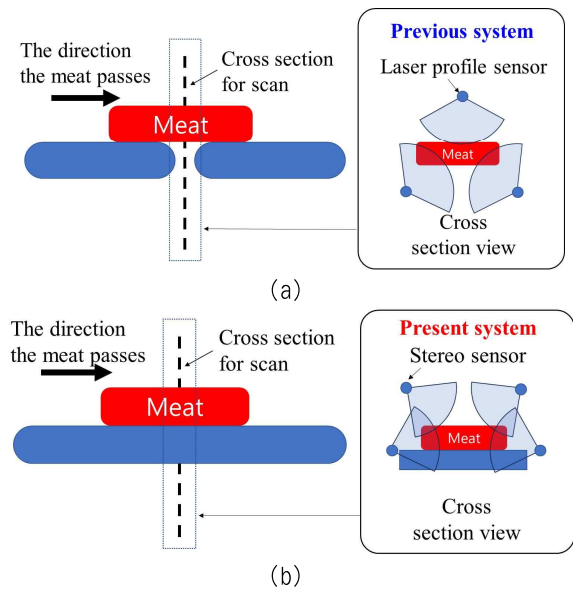


그림 1. 포션커터의 스캔 시스템.  
(a) 기존의 스캔 시스템, (b) 제안한 스캔 시스템  
Fig. 1. Scan system for portion cutter.

(a) Previous scan system and (b) present scan system

인해 보고자 하였다.

현재까지 컨베이어 라인을 통과하는 제품의 부피를 측정하거나 검사하는 다양한 기법이 제안되었다 [1-4]. 컨베이어 라인에서 스캔을 실시하기 위해서는 단면의 프로파일 데이터가 출력되는 레이저 라인 스캐너가 가장 적합하고 이를

\*Corresponding Author (sh.jeong@koreatech.ac.kr)  
Received: Aug. 19, 2024, Revised: Aug. 28, 2024, Accepted: Sep. 3, 2024.  
H. J. Kim: KOREATECH (Undergraduate student)  
S. H. Jeong: KOREATECH (Assis. Prof.)  
※ 본 과제 (결과물)는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다 (2021IRIS-004).

이용한 다양한 스캔 방식이 제안되었다 [2-4]. 그리고 레이저 라인 스캔 외에 깊이 카메라를 이용하여 부피를 측정하는 방식이 제안되었다. 이 기법은 컨베이어 라인을 통과하는 어류나 원석과 같은 물체의 부피를 측정하고자 제안된 기법 [5-7]으로 RGB 카메라 뷰에서 분할된 해당 물체의 넓이와 깊이 정보만을 가지고 부피를 추정하는 방식이다. 하지만 본 연구에서 수행하고자 하는 최종 목표인 절단면 계산을 위해서는 스캔 대상 물체의 정확한 표면 형상을 알아야 하기 때문에 기존처럼 단순히 한 물체의 부피를 추정하는 것으로는 부족하다. 이에 부피 추정 후 제품을 특정한 목표에 따라 절단하는 알고리즘과 관련하여 다양한 연구들이 진행되었다 [8, 9]. 이들은 주로 어류의 가공을 위한 제품에 사용되는 알고리즘으로 그중 하나는 1차적으로 처리된 생선살을 동일한 부피로 절단하기 위해 2가지의 커팅 각도 1개와 길이, 총 3개의 변수를 최적화 알고리즘을 통해 구하는 알고리즘을 개발하였다. 해당 연구에서는 스테레오 비전 센서가 아니라 하나의 레이저 라인 스캐너를 사용하였으며 고려한 생선살이 1차적으로 처리된 제품이라 매우 정형화된 형상을 지니고 있다. 그 외의 연구로 카메라와 조명 시스템을 사용해 생선을 촬영한 뒤 동일한 부피로 절단하는 것이 아니라 지느러미, 머리 등을 제거하기 위한 절단 위치를 분할 알고리즘을 통해 추정하는 연구가 진행되었다 [9]. 언급된 연구들은 모두 해당 알고리즘의 처리시간에 대한 고려가 없었고 동일한 부피로 절단하기 위해 비교적 간단한 형상을 다루거나 2차원적인 정보로 절단위치를 추정하는 방식이었다. 본 연구에서 제안된 기법은 기존과 달리 레이저 라인 스캔 센서를 사용하는 것이 아니라 복수의 스테레오 카메라로 촬영된 이미지들을 바탕으로 이상치가 제거된 스캔 대상의 점군 데이터를 추출하여 이를 동일한 부피로 절단하기 위해 표면 메쉬를 생성한다. 먼저 부피 측정과 관련하여 스테레오 비전 센서를 사용하기 때문에 발생하는 노이즈 처리에 강건하게 작동하도록 알고리즘을 개발하여야 한다. 그리고 secant 법을 이용해 메쉬를 절단하여 계산되는 부피가 목표 무게와 동일해 지도록 반복 계산을 수행하여 절단 위치를 계산하였다. 본 연구에서는 절단면 도출 시 발생하는 반복적인 메시 절단과 채움 과정에서 메시가 깨지지 않도록 처리하여 알고리즘이 강건하게 작동되도록 처리하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 개발한 컨베이어 시스템의 레이아웃과 제안된 기법의 절차에 대해 상세히 설명한다. 3절에서는 컨베이어 라인을 통과하는 고깃덩어리의 스캔에 제안된 기법을 적용해 본 결과에 대해 논의한다. 마지막으로 4절에서 본 연구에서 얻은 결론을 기술하여 마무리 하도록 한다.

## II. 부피 측정 시스템과 알고리즘

### 1. 부피 측정 시스템

본 연구에서 사용한 부피 측정 시스템은 그림 2와 같다.

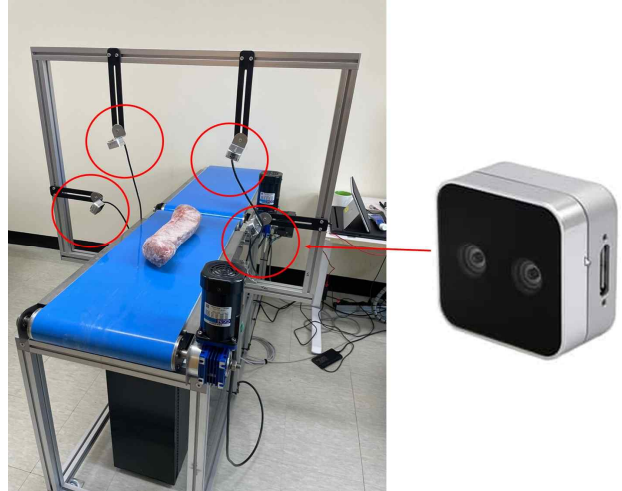


그림 2. 개발된 포션커터의 스캔 시스템  
Fig. 2. Developed scan system for portion cutter

그림과 같이 촬영을 위해 4대의 스테레오 카메라가 사용되었다. 스테레오 카메라는 realsense D405 모델로 최대 1280 by 720 해상도와 90fps의 촬영속도를 가지고 있다. 카메라의 제조사인 intel에서는 다양한 종류의 스테레오 카메라와 라이다 센서 제품군이 있는데 D405는 7cm에서 50cm 사이의 근접촬영에 가장 적합하고 가격 또한 가장 저렴하여 해당 모델을 선택하게 되었다. 또한 컨베이어 벨트는 인덕션 모터와 감속기, 롤러 등으로 구성되어 있고 모터의 최대 출력으로 도달할 수 있는 컨베이어의 최대 속도는 초당 약 25cm이다. 또한 그림 1 (b)에서 확인할 수 있듯이 카메라 시스템의 레이아웃으로 인해 스캔 대상품의 아랫면은 촬영이 불가능하다. 이로 인해 시스템의 특성상 제품의 아랫면이 평면에 가깝지 않을 경우 오차가 크게 발생할 수 있다. 따라서 개발된 시스템은 스캔 대상품의 아랫면이 평면에 가까운 물체에 적용이 가능하다.

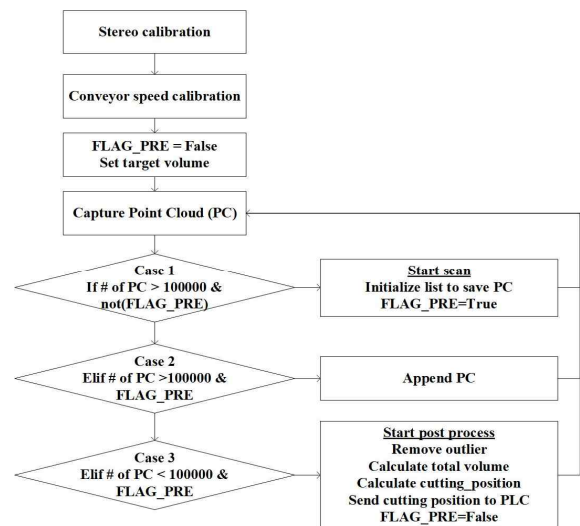


그림 3. 스캔 시스템의 스캔 알고리즘  
Fig. 3. Scan algorithm of scan system

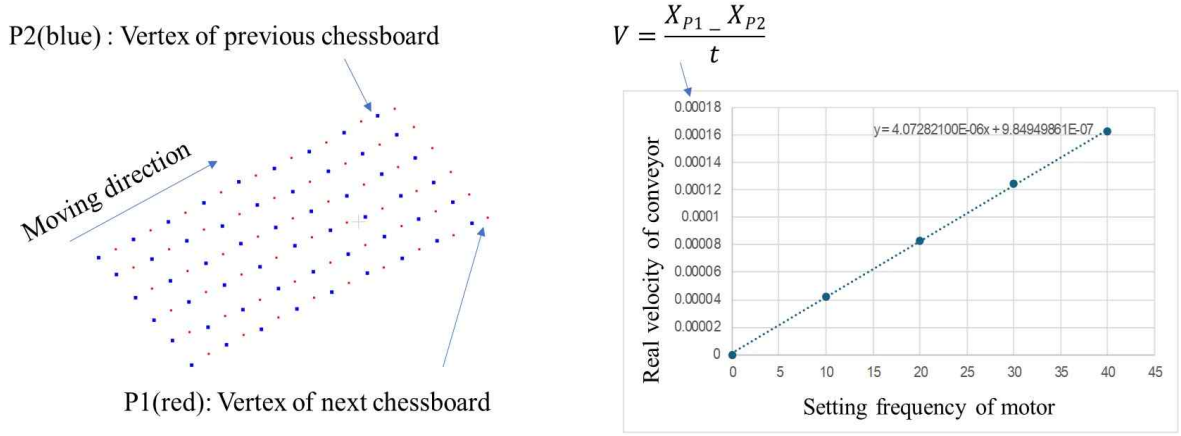


그림 4. 속도 보정 계수 도출  
Fig. 4. Velocity correction factor estimation

2. 전체 알고리즘

본 연구에서 개발한 전체 알고리즘은 그림 3과 같다. 먼저 4대의 카메라를 동일한 좌표계로 설정하기 위해 스테레오 보정을 실시한다. 스테레오 보정 이후에 컨베이어 시스템의 정확한 속도를 알기 위해 속도 보정 계수를 도출한다. 이후 도출한 보정 계수를 사용해 연속으로 촬영된 프레임의 점군 데이터를 누적하여 고깃덩어리의 점군 데이터를 얻는다. 점군 데이터를 누적하여 얻는 과정은 Case 1~Case 3에 표현되어 있다. 여기서 FLAG\_PRE는 이전에 점군이 누적되었는지를 나타내는 변수이다. 만약 현재 캡처된 점군의 개수가 100,000개 이상이면 카메라의 뷰 내에 스캔 대상물이 들어왔다는 의미로 인식한다. FLAG\_PRE가 거짓이고 캡처된 점군의 개수가 100,000개 초과이면 새로운 스캔 대상물이 들어왔다고 판단하여 스캔을 시작하게 된다. 그리고 FLAG\_PRE가 참이고 캡처된 점군의 개수가 100,000개 초과이면 이전 프레임에 이어서 계속해서 스캔 대상물이 지나가고 있는 것으로 판단하여 캡처된 점군을 누적시킨다. 마지막으로 FLAG\_PRE가 참이고 캡처된 점군의 개수가 100,000개 미만이면 스캔 대상물이 카메라 뷰의 범위를 지나갔다고 판단하여 점군 누적을 멈추고 후처리를 시작하게 된다. 후처리가 시작될 경우에는 새로운 스캔 대상물이 들어온 것을 인식하기 위해 FLAG\_PRE를 거짓으로 변경시킨다. 이후 누적된 점군 데이터를 사용해 이상치를 제거하고 절단면 위치를 계산한 뒤 계산한 절단면을 PLC로 전송하게 된다. 점군 개수의 기준은 고깃덩어리의 앞이나 뒤의 5cm 부분이 카메라의 뷰 범위에 들어오는 경우를 기준으로 삼았다. 이보다 많은 개수를 기준으로 삼게 되면 촬영이 늦게 시작되어 앞쪽 부분이 찍히지 않는 경우가 발생할 수가 있고, 더 적은 개수를 기준으로 삼게 되면 처리해야 하는 프레임의 수가 많아질 수 있어 기준 개수를 100,000개로 정했다. 이후 절에서는 각 절차에 대해 좀더 자세히 설명하도록 하겠다.

2.1 스테레오 보정과 속도 보정

4대의 인텔 realsense와 체스보드를 활용하여 스테레오

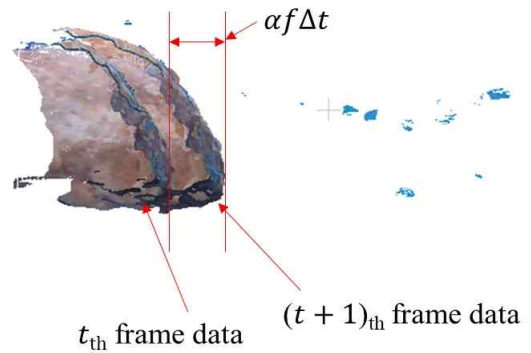


그림 5. 프레임 별 점군  
Fig. 5. Point cloud of each frame

보정 및 속도 보정을 수행하였다. 스테레오 보정을 위해 체스보드는 컨베이어 벨트의 진행 방향과 평행하게 배치한 뒤 Kabsch-Umeyama 방법을 사용해 보정을 하여 전역 좌표계를 생성하였다 [10-11].

스테레오 보정을 실시한 후에 속도 보정계수를 도출하였다. 컨베이어 시스템은 인덕션 모터의 세팅 속도와 감속기의 감속비에 따라 그 속도가 결정된다. 속도값, 감속비, 롤러의 지름 등을 이용해 이론적으로 계산이 가능하나 공차 등의 요인으로 인해 실제 속도와 약간의 차이가 발생하였고 이를 보정해 주기 위해 속도 보정 계수를 도출하였다. 먼저 컨베이어 벨트의 속도를 설정한 후, 두 프레임의 체스보드 꼭지점 데이터를 그림 4와 같이 취득하였다. 각 프레임의 셔터시간과 이동 거리를 기반으로 이동 속도를 계산하고 컨베이어 벨트의 세팅 속도와 계산한 이동 속도를 통해 보정 계수( $\alpha$ )를 도출하여 정확한 컨베이어 속도를 산출하였다.

2.2 점군 누적과 이상치 제거 및 메쉬 생성

스테레오 보정에서 얻은 각 카메라의 Transformation Matrix ( $T_i$ ), 를 이용해 각 프레임별 점군을 생성한다. 각 프레임 별 점군은 그림 5와 같이 표현될 수 있다. 프레임 별 점군은 각 프레임의 속도로 인해 이동한 거리만큼 offset 되어



그림 6. 고깃덩어리 점군 누적 결과  
Fig. 6. Result of meat point cloud accumulation



그림 7. 메쉬 생성 결과  
Fig. 7. Result of mesh generation

있다. 따라서 수식 (1), (2) 과정을 통해 Point Cloud를 이동 거리만큼 Offset하여 육가공품에 대한 전체 점군을 구성한다.

$$P'_i = F_i(T_i, P_i), \quad (1)$$

$$P'_{i,x} = P'_{i,x} - \alpha f \Delta t. \quad (2)$$

이때 수식 (1), (2)에서  $P_i$ 는  $i$ 번째 카메라로 촬영된 점군 데이터,  $F_i$ 는 점군 데이터 좌표계 변환 함수,  $P'_{i,x}$ 는 변환된 점군 데이터의  $x$ 좌표이다. 컨베이어 시스템이 전역 좌표계의  $x$ 축 방향으로 이동하기 때문에 수식 (2)와 같이 이동한 거리만큼 점군을 이동시켜 누적시켰다. 수식 (2)에서  $\alpha$ 는 속도 보정 계수,  $f$ 는 모터의 세팅 속도값이다. 누적된 점군 데이터는 고깃덩어리 이외의 점군 데이터를 모두 포함하고 있다. 먼저 스캔 대상품의 점군 데이터만 추출하기 위해 고깃덩어리의 크기를 고려하여 특정 박스 내에 위치한 점군 데이터를 그림 6과 같이 추출하였다. 그림과 같이 박스 내의 점군 데이터만 추출하여도 고깃덩어리 외에 컨베이어 아랫면의 점군이 포함되는 경우가 있었다. 따라서 이들을 모두 제거하여 고깃덩어리의 점군만 추출하기 위해 이상치 제거를 실시한다. 본 연구에서는 open3D에서 제공하는 통계적 이상치 제거를 통해 이상치를 제거하였다. 이후  $\alpha$ -shape 알고리즘을 사용하여 표면을 생성한다. 이 때 통계적 이상치가 제거된 고깃덩어리는 촬영이 불가능한 아랫면을 포함하지 않고 있다. 따라서  $\alpha$ 의 값에 따라 점군이 3차원으로 닫힌 표면을 생성할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 그러므로 닫힌 표면을 생성할 수 있도록  $\alpha$  값에 따라 실험을 수행해 닫힌 표면이 생성될 수 있는  $\alpha$  값을 선정하였다.  $\alpha$ -shape 알고리즘을 사용하여 생성된 표면에서 Uniform Resample를 이용해 점군을 새롭게 생성하고 Triangle Mesh를 그림 7과 같이 생성한다.

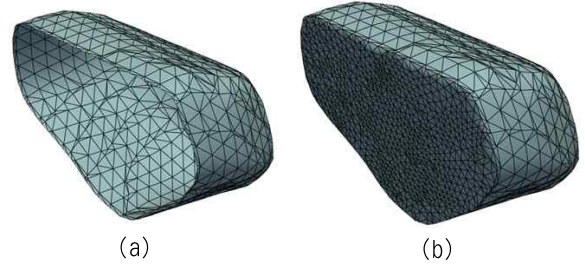


그림 8. 메쉬 절단 결과.  
(a) 메쉬 절단으로 인해 열린 표면이 생성됨,  
(b) 메쉬를 채워 닫힌 표면 메쉬를 생성  
Fig. 8. Result of mesh cutting.  
(a) Open surface mesh due to mesh cutting and  
(b) Generate closed surface mesh by filling mesh

### 2.3 부피 계산 및 절단면 도출

2.2절에서 설명한 것처럼 3차원 표면 메쉬가 생성되면 고깃덩어리 전체의 부피는 메쉬 생성 라이브러리에서 제공하는 함수를 사용해 쉽게 계산할 수 있다. 하지만 동일 중량으로 절단하기 위한 절단면의 위치를 계산해 내기 위해서는 절단된 고깃덩어리의 부피를 계산해 낼 수 있어야 한다. 여기서  $x$ 축 좌표를 사용해 절단면의 위치를 임의로 설정한 후 메쉬를 절단하면 그림 8 (a)와 같은 메쉬를 얻을 수 있다. 부피 계산을 위해서는 닫힌 표면이 되어야 하므로 절단으로 인해 비워진 부위를 채운 뒤 절단된 고깃덩어리의 부피를 계산하였다. 절단된 고깃덩어리의 부피 계산은 이후 secant method를 사용해 정확한 절단위치를 찾기 위해 매우 중요한 절차이다.

이후 고깃덩어리의 정확한 절단위치를 찾는 과정으로, 전체 고깃덩어리의 부피와 설정한 부피를 나누어 절단 횟수를 도출한다. 고깃덩어리의 점군 데이터가 인식된 순간 초기 위치를 세팅하고, 2cm 더한 지점을 나중 위치로 지정하여, 두 점을 바탕으로 초기 부피를 도출한다. 초기 부피와 목표한 부피, 초기 위치와 나중 위치값을 scant method에 적용하여 새로운 절단위치를 계산한다. 이전 위치와 secant method를 통해 구해진 절단위치를 활용하여 새로운 절단 위치에 대한 부피를 도출하고 같은 방식으로 secant method를 절단 횟수 만큼 반복적으로 수행하여 전체 고깃덩어리에 대해 동일한 부피를 갖는 절단위치를 도출한다. 한 덩어리에 대한 수렴조건으로 도출된 좌표와 이전 좌표의 차이가 0.0001mm 보다 작거나 목표 절단 부피와의 차이가 0.01cc보다 작을시 이를 종료한다.

secant method를 사용할 때 임의의 위치에 메쉬를 절단하고 부피를 계산하는 과정이 반복적으로 발생하게 된다. 따라서 메쉬 채움으로 인해 메쉬 생성에 오류가 발생하지 않도록 처리하는 것이 절단된 고깃덩어리의 부피를 계산하는데 매우 중요하다. 특히 본 연구에서 다루는 고깃덩어리의 가장 작은 중량은 50g으로 이 때 고기의 두께가 작으므로 메쉬 생성에서 오류가 발생하는 경우가 많았고, 다양한 테스트를 통해 반복적인 절단-메쉬 생성 작업에서 오류가



그림 9. 절단면 생성 결과  
Fig. 9. Result of cutting plane generation

발생하지 않도록 처리하여 알고리즘의 강건성을 확보하였다. 그림 9는 절단면 계산 결과를 예시로 표현한 것이다.

### III. 알고리즘 적용 결과

개발된 부피 측정 및 절단면 계산 알고리즘을 스캔 시스템에 적용하여 정확도와 속도를 검증해 보았다. 정확도의 경우 고깃덩어리 전체의 부피 정확도를 측정하여 검증해 보았고 속도의 경우 스캔이 시작된 시점부터 절단면 계산이 완료된 시점까지의 시간을 측정하여 검증하였다.

#### 1. 스캔 대상품

본 연구에서는 성능 검증을 위해 총 2가지 종류의 고깃덩어리를 사용하였다. 스캔 대상품은 그림 10에 표현되어 있다. 시중에 유통되고 있는 2가지의 돼지고기 등심육을 구입하여 사용하였으며 두 고깃덩어리의 가로, 세로, 높이는 약 55cm, 15cm, 10cm 이다.

#### 2. 부피 정확도 검증

먼저 각 샘플에 대해 스캔을 실시하여 전체 부피의 정확도를 검증해 보았다. 각 샘플은 크레아폼의 HandySCAN Silver를 사용하여 스캔을 수행하여 정확한 부피를 측정하였다. 정확한 부피 측정 결과를 본 연구에서 개발된 알고리즘을 사용해 얻은 스캔 결과와 비교하여 정확도를 검증하였



(a)



(b)

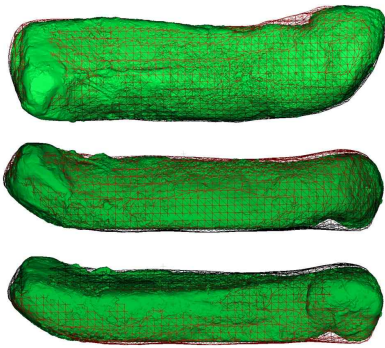
그림 10. 스캔 대상 샘플. (a) 샘플 1, (b) 샘플 2  
Fig. 10. Scan sample. (a) Sample 1 and (b) sample 2

표 1. 부피 측정 결과

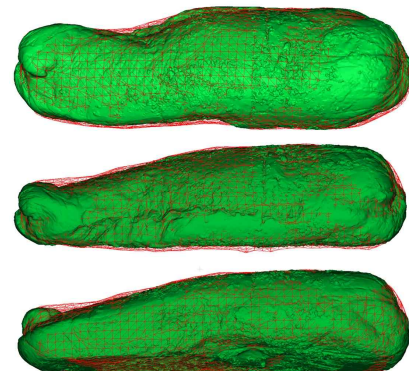
Table 1. Result of volume measurement

	Sample 1 (cc)	Sample 2 (cc)
Real volume	2,321	2,344
Measured volume	2,541	2,448
Error (%)	9.48	4.43

다. 표 1과 같이 샘플 1의 경우 실제 부피가 2,321cc, 샘플 2의 경우 2,344cc 이고 알고리즘 적용 결과 각각 2,561cc, 2,590cc 로 측정되어 각각 오차가 9.48%, 4.43% 임을 확인할 수 있었다. 그림 11에 샘플의 정확한 스캔 결과는 녹색 표면으로, 개발된 알고리즘을 이용해 스캔한 결과를 붉은색 메시로 나타내었다. 그림과 같이 오차는 주로 고기의 표면 굴곡이 클 경우에 발생하였다. 따라서 본 알고리즘은 최대한 바닥면이 평평한 샘플, 표면의 굴곡이 적은 제품에 대해 수행해야 정확한 스캔 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다. 참고로 사용한 고깃덩어리 샘플은 실험수행에 따른



(a)



(b)

그림 11. 스캔 결과 비교. (a) 샘플 1 비교, (b) 샘플 2 비교  
Fig. 11. Scan result comparison. (a) Sample 1 comparison and (b) sample 2 comparison

표 2. 절단면 계산 속도 검증 결과  
Table 2. Result of cutting position calculation speed

Target weight	Sample 1 (s)	Sample 2 (s)
50	2.9874	2.8453
100	1.8815	1.5678
150	1.0715	1.0272
200	0.9468	0.7866
250	0.8677	0.7361
300	0.7142	0.7052

반복적인 해동-냉동으로 인해 표면의 굴곡이 많이 발생하게 되어 일반적인 등심육보다 좀더 굴곡이 많이 생긴 제품이다. 따라서 일반적으로 굴곡이 심하지 않은 등심육에 적용할 경우 정확도가 좀더 개선될 수 있을 것이라 판단된다.

### 3. 절단면 계산 속도 검증

3차원 스캔이 실시된 이후에는 도출한 메쉬 데이터를 이용하여 절단면을 계산하여야 한다. 절단면 계산은 컨베이어 속도를 16cm/s로 설정한 상태에서 실시하였다. 절단면 계산을 위한 목표중량은 50g에서 300g 사이에서 50g 단위로 설정하였다. 즉, 50g에서 300g사이의 목표중량이 설정되었을 경우에 동일한 목표중량으로 육가공품을 얻기 위한 계산 속도를 검증해 보았다. 동일한 부위에 대한 육가공품의 밀도는 일정한 편이므로 부피에 일반적으로 알려진 부위별 밀도를 곱하여 중량을 얻을 수 있다. 본 연구에서 사용된 PC의 주요 사양은 CPU Intel 13<sup>th</sup> Gen i9-13900KS 3.20GHz, RAM 128GB, GPU Nvidia RTX4090 이다. 표 2는 각 샘플에 대해 스캔을 실시하여 얻은 속도 검증 결과이다. 목표중량이 작을수록 절단면이 더 많이 계산되어야 하므로 가장 작은 50g일 경우 계산시간이 가장 오래 걸렸다. 또한 가장 작은 50g일 경우 3초 미만의 속도로 절단면을 계산해 내는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 각 샘플별로 계산시간의 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 스캔 대상품의 표면이 복잡할 경우 반복적인 메쉬 생성에 따른 계산시간이 좀더 필요하여 차이가 발생하였다. 샘플 2의 경우 샘플 1에 비해 굴곡이 적은 단순한 표면을 가지고 있어서 좀더 계산시간이 적게 걸렸음을 확인할 수 있었다.

포션커터의 경우 절단면 계산 후 육가공품을 절단하여 가공하게 되는데 절단에 걸리는 시간이 약 3초로 이보다 적게 계산시간이 걸려야 적용이 가능하다. 따라서 목표중량 50g에 대해 3초 미만의 계산속도를 얻었으므로 개발한 알고리즘이 포션커터에 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 스테레오 비전 센서를 이용해 포션커터의 스캔 시스템을 개발하였다. 개발한 시스템은 4대의 스테레오 비전 센서를 이용하여 컨베이어 라인을 통과하는 육가공품

원재료를 스캔하고 이를 동일한 중량으로 절단하기 위한 절단면을 계산하는 시스템이다. 본 연구에서 개발한 시스템은 고가의 레이저 라인 스캔 카메라를 사용하는 것이 아니라 저렴한 스테레오 비전 센서를 사용하는 방식으로 기존 레이저 라인 스캐너를 사용하는 방법 대비 15% 이하의 비용으로 스캔을 실시하는 방식으로 경제적인 효과가 매우 크다. 개발한 시스템을 컨베이어 라인을 제작하여 적용해 본 결과 컨베이어 라인의 바닥면으로 인해 발생하는 음영 영역으로 인해 90% 정도의 부피 측정 정확도를 가지는 것을 알 수 있었다. 또한 가장 계산시간이 오래 걸리는 50g의 커팅 포지션을 계산하는 경우에 3초 미만의 계산속도를 가지므로 육가공품 가공 공정을 고려했을 때 충분히 적용 가능한 속도임을 알 수 있었다. 개발한 시스템은 포션커터에 스테레오 비전 센서를 적용하기 위한 초기 버전으로 가공품의 형상을 고려해 정확도를 개선하고 최대한 바닥면이 평평한 원재료에 적용할 경우 충분히 사용 가능함을 확인할 수 있었다.

## References

- [1] F. Zeng, Q. Wu, X. Chu, Z. Yue, "Measurement of Bulk Material Flow Based on Laser Scanning Technology for the Energy Efficiency Improvement of Belt Conveyors," *Measurement*, Vol. 75, pp. 230-243, 2015.
- [2] S. Xu, G. Cheng, Y. Pang, Z. Jin, B. Kang, "Identifying and Characterizing Conveyor Belt Longitudinal Rip by 3D Point Cloud Processing," *Sensors*, Vol. 21, No. 19, pp. 6650, 2021.
- [3] L. Xianguo, S. Lifang, M. Zixu, Z. Can, J. Hangqi, "Lase-based On-line Machine Vision Detection for Longitudinal Rip of Conveyor Belt," *Optik*, Vol. 168, pp. 360-369, 2018.
- [4] H. S. Cho, D. Lee, "Design of Network-based Automation System for Detecting Metallic Objects in Food and Livestock," *IEMEK J. Embed. Sys. Appl.*, Vol. 18, No. 3, pp. 109-116, 2023.
- [5] M. Sabih, M. S. Farid, M. Ejaz, M. Husam, M. H. Khan, U. Farooq, "Raw Material Flow Rate Measurement on Belt Conveyor System Using Visual Data," *Appl. Syst. Innov.*, Vol. 6, No. 5, pp. 88, 2023.
- [6] M. Fisher, G. French, A. Gorpincenko, H. Holah, L. Clayton, R. Skirrow, M. Mackiewicz, "Motion Stereo at Sea: Dense 3D Reconstruction from Image Sequences Monitoring Conveyor Systems on Board Fshing Vessels," *IET Image Process.*, Vol. 17, No. 2, pp. 349-361, 2022.
- [7] Y. H. Lee, J. H. Jeon, M. G. Joo, "Automatic Fish Size Measurement System for Smart Fish Farm Using a Deep Neural Network," *IEMEK J. Embed. Sys. Appl.*, Vol. 17, No. 3, pp. 177-183, 2020.
- [8] S. Liu, H. Wang, Y. Cai, "Research on Fishing Slicing Method Based on Simulated Annealing Algorithm," *Appl. Sci.*, Vol. 11, No. 14, pp. 6503, 2021.
- [9] H. Azarmdel, S. S. Mohtasebi, A. Jafari, A. R. Muñoz,

“Developing an Orientation and Cutting Point Determination Algorithm for a Trout Fish Processing System Using Machine Vision,” *Comput. Electron. Agric.*, Vol. 162, pp. 613-629, 2019.

[10] W. Kabsch, “A Solution for the Best Rotation to Relate two

sets of Vectors,” *Acta Crystallographica Section A: Crystal Physics*, Vol. 32, No. 5, pp. 922 - 923, 1976.

[11] S. Umeyama, “Least-squares Sstimation of Transformation Parameters Between two Point Patterns,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol. 13, No. 4, pp. 376 - 380, 1991

**Ho Jin Kim (김 호 진)**

2019~School of Mechatronics Engineering from KOREATECH. (Undergraduate Student)



Field of Interests: Deep-learning algorithm for manufacturing  
Email: rlwl200345@koreatech.ac.kr

**Seung Hyun Jeong (정 승 현)**

2008 Mechanical Engineering from Hanyang University (B.S.)  
2014 Mechanical Engineering from Hanyang University (Ph.D.)  
2022~KOREATECH (Assis. Prof.)



Career:  
2016 Senior Researcher, Hyundai Heavy Industries  
2022 Chief Researcher, KITECH  
Field of Interests: Deep-learning algorithm for manufacturing  
Email: sh.jeong@koreatech.ac.kr