

# 한대의 카메라에 기반한 직육면체의 부피 계측 방법

## (A Single Camera based Method for Cubing Rectangular Parallelepiped Objects)

원종운<sup>†</sup> 정윤수<sup>\*\*</sup> 김우섭<sup>†</sup> 유광훈<sup>†</sup>  
 (Jong Un Won) (Yun Su Chung) (Woo Soeb Kim) (Kwang Hun You)  
 이용준<sup>\*\*\*</sup> 박길흠<sup>\*\*\*\*</sup>  
 (Yong Joon Lee) (Kil Houm Park)

**요약** 본 논문에서는 소포 및 택배와 같은 패키지(package)의 효과적인 취급(handling)을 위한 직육면체의 부피 계측 방법을 제안한다. 제안된 방법은 한대의 카메라와 직육면체의 특성을 이용하여 실시간으로 부피 계측을 수행한다. 부피 계측을 위한 전처리 과정에서, 제안된 방법은 직육면체의 외곽 선분 정보를 검출하고, 이러한 선분들의 교차점을 3D 물체의 꼭지점으로 추출/인식하여, 물체의 부피를 계산한다. 제안된 방법은 선분 정보를 이용하여 꼭지점을 추출함으로써, 꼭지점을 직접 추출하는 경우에 비하여 카메라의 블러링 효과에 비교적 강인한 특성을 나타내며, 물체의 방향을 고려함으로써 견실한 부피계측 결과를 나타낸다. 실험의 결과를 통하여 제안된 방법이 직육면체 물체의 실시간 부피 계산에 효과적으로 사용될 수 있음이 보여진다.

**키워드** : 꼭지점 인식, 특징점 추출, 영상 기하학, 벡터화, 부피계측 시스템

**Abstract** In this paper, we propose a method for measuring the volume of packages for the efficient handling of the packages. Using the geometrical characteristics of the rectangular parallelepiped type objects, the method measures the volume of packages with one camera only in real time. In preprocessing of volume measurement, the method extracts outer lines of the object and then crossing points of the lines as feature points or vertexes. From these cross points(-feature points-), the volume of the package is calculated. Compared to the direct feature extraction, the proposed method shows especially the blurring robust result by using the line for feature extraction. Additionally, the method can get the stable result by considering object's direction. From experimental results, it is demonstrated that this method is very effective for the real time volume measurement of the rectangular parallelepiped.

**Key words** : Vertex Recognition, Feature extraction, Image geometry, Vectorization, Dimensioning System

### 1. 서론

<sup>†</sup> 비회원 : 경북대학교 전자공학과  
 bestwon@palgong.knu.ac.kr  
 kwooseob@palgong.knu.ac.kr  
 tatanka@palgong.knu.ac.kr  
<sup>\*\*</sup> 비회원 : 한국전자통신연구원 연구원  
 yoonsu@etri.re.kr  
<sup>\*\*\*</sup> 정회원 : 한국전자통신연구원 연구원  
 yjl@etri.re.kr  
<sup>\*\*\*\*</sup> 비회원 : 경북대학교 전자공학과 교수  
 khpark@ee.knu.ac.kr  
 논문접수 : 2001년 12월 15일  
 심사완료 : 2002년 6월 25일

최근 들어 경제 발전과 더불어 택배 및 소포와 같은 화물의 비중이 증가함에 따라 화물의 운송을 위한 물류 비용이 급격히 증가하고 있으며, 경제비용에서 이러한 물류비용 또한 나날이 증가하고 있다. 물류비용의 증가는 물류업체들에 대해서는 효과적인 운송 체계의 수립을 위한 방법을 요구하고 있으며, 이와 함께 물류 대행업체에 대해서는 합리적인 운송비용의 책정을 요구하고 있다. 특히, 해운이나 항공 운송의 경우 한번의 운송 과정에서 장거리, 장시간의 운송을 수행해야하며, 한 번의 화물 선적을 위해 최적화된 선적 방안을 질실하게 필요로 하고 있다. 이러한 요구와 필요는 확대 증가되고 있는

것이 현실이며, 이러한 요구 및 필요에 부응하기 위하여, 많은 물류 대행업체들은 기존의 거리 및 무게에 따른 요금 체계에서 화물의 부피 정보를 포함한 요금 체계를 도입하고 있으며, 이와 함께 운송의 최적화를 위해 개개 화물의 부피 정보를 함께 활용하고 있다. 이러한 화물의 부피 정보를 획득하기 위해서는 3D 물체의 치수 정보를 획득하는 것이 선결과제이며, 일반적으로 이러한 시스템은 치수 정보를 획득한다는 의미에서 치수 측정 시스템(dimensioning system) 또는 부피 정보를 산출한다는 의미에서 부피 산출 또는 부피 계측 시스템(cubing system)이라고 한다.

이러한 부피 정보의 획득과 관련된 기술 동향은 다음과 같다. 우선 수작업에 의한 부피 정보의 획득은 상당히 고전적이면서도 오래된 방법이다. 하지만, 이러한 수작업 처리는 소량의 개개 화물을 처리할 때 사용하는 방법으로 대량의 화물, 즉 컨베이어 위에서 대규모로 이송 처리되는 물체에 대해서는 효과적이지 못한 문제를 가지고 있다. 수작업 처리의 한계를 극복하고자 제안된 시스템이 Mettler Toledo사의 Cargoscan이다[1]. 1995년에 소개된 이 시스템은 레이저 기반의 부피계측 시스템으로 DHL, TNT 그리고 Fedex 등 많은 물류업체들에서 사용되고 있다[2]. 이러한 레이저 기반의 기술들은 하드웨어의 구현이 까다로울 뿐만 아니라, 시스템의 설치비용 등이 고가인 단점을 가지고 있다.

레이저 기반 기술의 대안으로 나타난 시스템으로는 Accusort사의 DM 3000 등[3-4]이 있다. DM3000은 레이저와 라인 스캔 카메라를 결합하여 구현한 기술로, 물체가 이 시스템의 아래를 지나갈 때 물체의 높이 프로파일을 획득하여 물체의 치수, 부피 및 위치를 계산한다. 이러한 시스템들은 라인 스캔 카메라와 레이저 센서를 함께 활용한 제품들로 기존의 레이저 기반의 제품에 비하여 단가를 많이 절감시키는데에는 큰 기여를 하였으나, 하드웨어의 구현이 복잡한 단점들을 여전히 가지고 있으며, 또한 라인 스캔 카메라를 이용하기 때문에 이송 중인 물체에만 전용인 한계를 가진다.

순수한 CCD 카메라 기반의 기술에는 스테레오 영상 인식[5]에 기반한 부피계측 기술[6]과 물체의 3D 복원에 기반한 기술[7-10]이 있다. 전자는 두 대의 CCD 카메라를 이용하여 직육면체 물체의 영상을 획득하고, 획득된 영상으로부터 물체의 꼭지점을 추출하여 스테레오 정합에 의해 물체의 꼭지점을 인식하는 방법이다. 이러한 스테레오 인식 기반의 방법은 두 대의 카메라를 이용함으로써 하드웨어적인 부담이 배가되는 단점을 가지고 있다. 후자의 경우에는 물체의 3차원 복원을 통하여

물체의 실제 치수를 측정하는 방법으로써, 3차원 복원을 위해 많은 처리 시간을 필요로 하므로, 실시간 처리에는 적합하지 않다.

언급된 상기의 방법들의 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 한대의 카메라를 가지고, 직육면체의 기하학적 특성을 이용한 부피 계측 방법을 제안한다. 제안된 방법은 영상 평면(image plane)과 물체가 위치하는 바닥 평면 사이의 대응관계를 정의하고, 대응관계에 따라 영상 평면(image plane)에서 얻은 특징 점의 위치에 대응하는 바닥 평면의 위치를 구한다. 이렇게 구한 위치 정보와 직육면체의 기하학적 특성을 이용하여 삼각형 닳음 꼴 성질을 적용하여 직육면체의 높이를 얻게 된다.

본 논문에서는 특징 점으로 영상내의 직육면체의 코너를 사용한다. 실제 물체의 대부분은 코너 부분이 훼손되어 있고, 카메라를 통한 영상 획득 과정에서 발생하는 블러링 효과로 인해 코너점을 직접 검출하기 어렵다. 따라서 블러링과 잡음에 비교적 강한 선분 정보를 이용하여 3D 물체의 꼭지점(vertex)인 영상내의 코너점(corner point)을 간접 검출한다. 물체와 카메라의 방향에 따라 선분의 특성이 다르기 때문에 선분 정보는 카메라와 물체의 방향을 고려하여 추출되어진다. 물체의 특징점인 코너점을 검출하기 위해 물체의 방향성을 고려하여 추출된 선분을 이용함으로써 안정된 특징 점을 얻을 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 카메라의 투영 특성을 파악한다. 3장에서는 물체와 카메라 방향을 고려한 선분 정보를 추출하고, 4장에서 선분 정보를 이용한 코너 정보 인식 및 부피 계측 방법을 설명한다. 5장에서는 실험을 통하여 제안된 방법의 효율성 및 실용성을 보이고 6장에서 결론을 짓는다.

## 2. 투영 영상의 특징

3차원 공간의 정보가 2차원 공간 영상으로 투영되었을 때 깊이 정보 손실이 발생하기 때문에 한대의 카메라만으로 3차원 정보를 재현하는 것은 불가능하다. 하지만 다른 정보를 이용한다면 한대의 카메라만으로도 3차원 정보를 얻을 수 있다. 이러한 방법들은 shape-shading[11-12] 등이 있으나 계산량이 많으므로, 실시간 처리에는 적합하지 않다. 제안된 방법에서는 직육면체의 기하학적 특성을 이용하여 3차원 정보인 부피를 계산하는 방법을 제안한다.

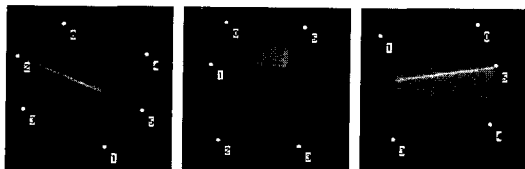
그림 1은 카메라에 투영된 직육면체를 나타내고 있다. 그림 1.(a)는 30-60도 정도 측면에서 봤을 때 투영된 영상이고 그림 1.(b)와 그림 1.(c)는 카메라가 물체의 정면

을 향했을 때 획득된 영상을 나타내고 있다. 그림 1.(a)에서는 6개의 꼭지점들이 나타나고 그림 1.(b)에서는 왼쪽에 3개 오른쪽에 두 개, 그림 1.(c)에서는 왼쪽에 2개 오른쪽에 3개의 특징 점들이 있다. 이와 같이 물체의 방향에 따라 나타나는 꼭지점들이 다음을 알 수 있다. 또한 그림 1.(a)의 투영된 영상에서 직육면체의 바닥에 해당하는 꼭지점들(1, 3, 5)은 대체로 아래에 나타나고, 공간상에 존재하는 점들(0, 2, 4)은 위쪽에 나타남을 알 수 있다. 여기서 점 2와 3, 점 4와 5는 서로 수직된 위치에 있다. 즉 점 3은 바닥 점이 되고 점 2는 점 3의 수직 위에 있는 공간상의 점이 된다.

투영된 영상에서 바닥 점과 공간상의 점을 구분할 수 있고, 점 2,3과 점 4,5의 관계를 안다면, 삼각형의 닮음꼴 성질을 적용하여 직육면체의 높이를 추정하는 것은 쉽게 해결 할 수 있다. 그림 2는 삼각형 닮음꼴 성질을 이용한 직육면체의 높이 추정을 설명하고 있다.

3차원 공간에서 2차원 공간으로 투영될 때, 2차원 공간의 한 점은 그 점과 카메라 초점을 지나는 3차원 공간의 한 직선에 대응한다. 그림 2에서 ray는 2차원 공간의  $p$ 점에 대응함을 알 수 있다. 다시 말해 2차원 공간의  $p$ 점은 3차원 공간의  $r$ , 또는  $t$ 에 각각 대응함을 알 수 있다.  $p$ 점이  $r$ 에 대응하는지  $t$ 에 대응하는지를 결정하기 위해서는 다른 정보가 필요하다. 스테레오 방법에서는 두 카메라에서 나타나는 시차를 이용하고 있다. 하지만 본 논문에서는 현대의 카메라를 이용하므로 시차를 얻을 수 없다. 본 논문에서는 그림 2의 점  $r$ 과  $r'$ 의 관계처럼 서로 수직 관계에 있는 점을 인식하여 삼각형 닮음꼴을 이용하여 3차원 정보를 얻는다.

2차원 영상 평면과 물체가 놓이는 XY-평면을 서로 대응시킨다고 하자. 영상 평면과 XY-평면은 일대일 대응 관계에 있다. 그림 2에서 영상 평면 위의 점  $p$ 의 영상 좌표를 알고 있다면 이에 대응하는 공간상의 광선을 알 수 있다. 이 광선은 공간상의 점  $r$ 을 지나고 XY-평면의 점  $t$ 를 지난다. 두 평면의 변환 관계에 의해 점  $p$ 에 대응하는 XY-평면의 점  $t$ 가 정의된다.



(a) 측면 영상 (b) 정면 영상(i) (c) 정면 영상(ii)

그림 1 투영 영상의 종류

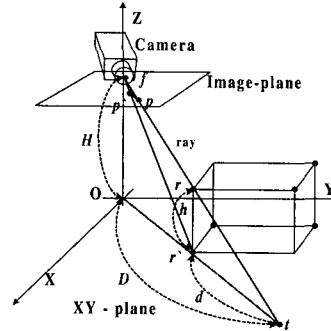


그림 2 3D 물체와 2D 영상간의 이미지 변환관계

마찬가지로 영상 평면의 점  $p'$ 에 대응하는  $r'$ 의 위치를 알 수 있다면  $r'$ 과  $r$ 의 거리 즉 직육면체의 높이를 삼각형 닮음꼴 성질을 이용하여 구할 수 있다.

그림 2와 같이 XY-평면의 원점을 카메라의 수직 아래에 두었을 때 XY-평면에 대해 선분  $\overline{Of}$ 와 선분  $\overline{r'r}$ 은 평행이고  $\angle Ofp$ 와  $\angle r'tr$ 은 같으므로  $\triangle Ofp$ 와  $\triangle r'tr$ 은 직각삼각형으로 서로 닮음 꼴임을 알 수 있다.

카메라의 높이  $H$ 와 XY-평면의 원점은 사전에 알 수 있고, XY-평면 위의 점  $r'$ 와  $t$ 는 영상 평면의 점  $p'$ 와  $p$ 를 이용하여 구할 수 있으므로 직육면체의 높이  $h$ 는 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$h = \frac{dH}{D} \tag{1}$$

여기서,  $d$ 는 XY-평면 위의 점  $r$ 와  $t$  사이의 거리

$H$ 는 XY-평면에서 카메라까지의 높이

$D$ 는 XY-평면 원점에서 점  $t$ 까지의 거리

### 3. 외곽 선분 추출

앞서 설명한 바와 같이 직육면체 부피 계산을 위해서는 물체의 코너점 검출이 중요하다. 직접적으로 코너점을 검출하는 방법[13-15]은 많이 연구되어 있다. 실제 박스들의 코너 부분은 찌그러진 형태를 나타내고 있어 기존의 코너 검출 방법을 직접 적용하는 것은 어렵고, CCD 카메라로 영상을 획득하는 과정에서 필연적으로 발생하는 블러링 효과 때문에 코너 정보는 상당한 손실을 겪게 된다. 따라서 코너를 직접 검출하는 방법은 강인성이나 정밀도가 현저히 떨어지는 문제가 있다.

반면 물체의 선분 정보는 카메라의 블러링 효과에 강한 특성을 지니고 있으며 선분 근사화 과정을 통해 확률적으로 가장 근접한 선분정보를 추출하고 이들 선분들의 교차점을 코너점으로 검출할 수 있다. 이와 같이

선분 정보를 이용한다면, 코너점 추출에 있어 강인성과 정밀도를 높일 수 있다. 하지만 물체와 카메라의 방향에 따라 선분 특성이 다르기 때문에 물체와 카메라의 방향을 고려하여 선분 추출을 해야 한다. 그림 3은 외곽 선분 추출 과정의 흐름도를 나타낸다.

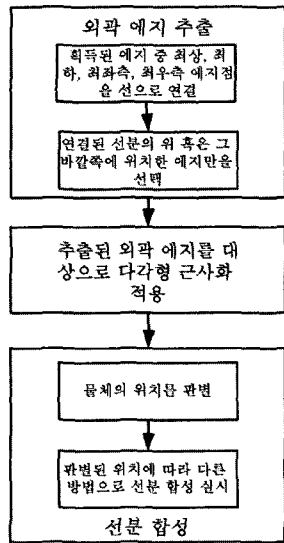


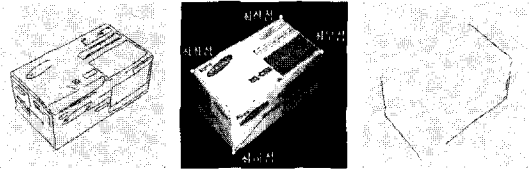
그림 3 외곽 선분 추출 과정 흐름도

**3.1 물체의 외곽 에지(Edge) 정보 추출 및 다각형 근사화**

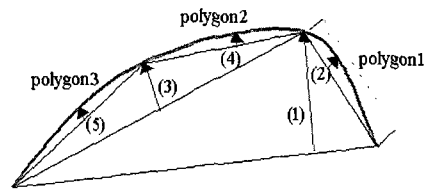
처리해야 할 우편물 영상은 다양한 글자나 숫자, 혹은 자체적으로 표면에 새겨진 문양, 심지어 포장하기 위해 붙여진 테이프나 묶인 끈 등으로 인해 배경과 구분되는 외곽성분 에지뿐 아니라 물체 내부에서도 많은 에지가 나타난다. 그러나 관심있는 정보는 상자의 외곽 에지 정보이므로 물체의 세션화된[16] 외곽 에지 정보만을 검출한다.

외곽 정보는 에지의 최상, 최하, 최우측, 최좌측 점들을 연결하여 얻어지는 선분 위 혹은 그 바깥쪽에 위치한 에지들을 대상으로 다각형 근사화를 적용시켰다. 다각형 근사화 방법을 통해서 얻을 수 있는 장점은 우리가 원하는 외곽선분 상에 실제 에지가 전혀 존재하지 않더라도 그 시작점과 끝점, 즉 두 점만 주어진다면 하나의 선분을 유추해 낼 수 있다는 점이다.

그림 4는 최외곽 에지를 추출하는 과정과 다각형 근사화 과정을 나타낸다. 먼저 그림 4.(a)와 같이 전체 에지 정보를 추출한 후 그림 4.(b)에서 나타나듯이 추출된 에지의 최상점, 최하점, 최좌측점, 최우측점을 분리하고

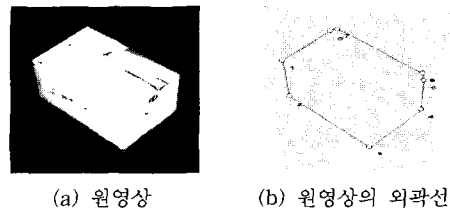


(a) 전체 에지 (b)외곽 에지 추출과정 (c) 추출된 외곽 에지



(d) 다각형 근사화

그림 4 외곽 에지 추출 과정과 다각형 근사화



(a) 원영상 (b) 원영상의 외곽선

그림 5 다각형 근사화를 적용하여 외곽선을 검출한 예

각각의 점을 잇는 선분을 계산한다. 이렇게 계산된 선분의 위 혹은 그 바깥쪽에 위치한 에지들이 최외곽 에지가 되며 이들 그림 4.(c)에 나타내었다. 그림 4.(d)는 다각형 근사화 과정을 나타낸다. 시작점과 끝점이 지정된 곡선에서 시작점과 끝점을 이었을 때 발생하는 선분과 시작점과 곡선 내부의 임의의 한 점을 이었을 때 발생하는 선분을 비교하여 보다 외부에 존재하게 되는 선분을 선택하는 과정을 곡선과 선분의 거리가 임계값 이내로 작아질 때까지 반복하면 곡선에 근접한 선분들이 결정된다. 그림 4.(d)에서 최종적으로 선택된 선분은 polygon1, polygon2, polygon3이며 각 선분의 곡선과의 거리는 (2), (4), (5)로 나타난다. 따라서, 외곽선 검출 [17]을 위해 그림 5.(a)의 물체의 외곽 에지를 대상으로 다각형 근사화를 적용시키면 그림 5.(b)에서 나타나듯이 물체의 외곽선만이 검출된다.

**3.2 선분 합성**

다각형 근사화를 통해서 획득된 외곽선분은 실제로 하나의 선분이라도 깨끗한 에지가 얻어지지 않으면 여러 개의 선분들의 조합으로 나타나게 된다. 이들을 하나의 선분으로 인식시켜 주어야 하므로 다각형 근사화가

끝난 이후에 별도의 선분 합성[18] 과정이 필요하다. 즉, 이웃하는 두 선분이 실제로 단일 선분인지 혹은 서로 다른 선분인지를 판별하여 단일 선분인 경우 두 선분을 하나의 선분으로 합성한다. 그러나 선분 합성 과정을 실시하기 이전에 우선 물체가 정면으로 위치하였는지, 측면으로 위치하였는지를 판별해야 한다. 그 이유는 아래 그림 6과 7을 살펴본 후 설명한다. 그림 6과 7은 각각 물체가 놓여진 위치에 따라 달리 획득된 영상과 물체가 놓인 위치에 따른 외곽선 추출 결과를 나타낸다. 그림 7에서 나타나듯이 물체가 측면으로 놓여 있을 때와 정면으로 놓여 있을 때 이웃하는 외곽선분이 이루는 각도가 틀려진다. 특히 정면으로 놓여진 영상은 물체의 높이와 세로 성분을 이루는 선분의 기울기가 거의 흡사하게 나타남을 알 수 있다. 측면으로 놓여진 경우와 같은 방식을 사용하여 선분 합성을 실시하면 합성되어야 할 선분이 합성되지 않거나, 반대로 합성되지 않아야 할 선분이 합성되는 경우가 발생한다.

따라서 물체가 정면으로 놓인 경우와 측면으로 놓인 경우에 대해 서로 다른 방법으로 선분 합성을 실시해야 하며, 이를 위해 물체가 측면으로 위치하였는지, 정면으로 위치하였는지를 판별해야 한다.



(a) 정면으로 위치한 경우 (b) 측면으로 위치한 경우  
그림 6 물체가 놓인 위치에 따라 달리 획득된 영상



(a) 정면인 경우의 외곽선 추출 결과 (b) 측면인 경우의 외곽선 추출 결과

그림 7 물체가 놓인 위치에 따른 외곽선 추출 결과

그림 8은 물체의 위치를 판별하는 흐름도를 나타낸다. 그림 8의 흐름도에서 정면으로 위치한 경우로 판별된 경우는 이웃하는 선분이 이루는 각이 최소인 순서로 선분 합성 과정을 실시한다. 이때 선분의 기울기가 영상의 X-Y축과 이루는 각도는 다음과 같이 구할 수 있다.

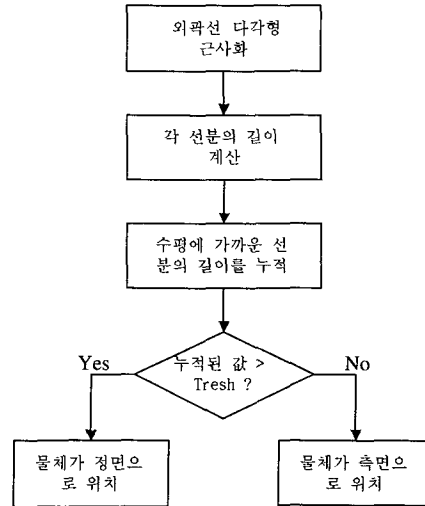


그림 8 물체의 위치 판별 알고리즘의 흐름도

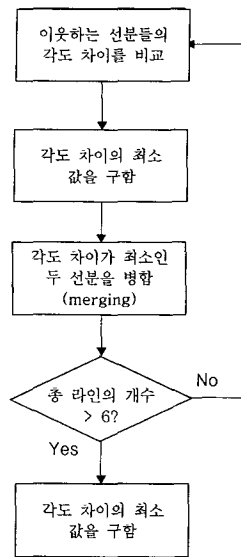


그림 9 물체가 정면에 위치한 경우의 선분 합성과정 흐름도

$$\theta = \arctan(a) \tag{2}$$

여기서, a=선분의 기울기

위의 식 (2)에서 외곽 선분이 이루는 각도를 구할 수 있으며, 이 각도를 기반으로 선분 합성을 실시한다. 선분 합성 방법은 기존의 합성 알고리즘[6, 18]을 따랐으며 그림 9는 정면으로 놓여진 경우의 선분 합성과정 흐름도를 나타낸다. 물체가 측면으로 위치한 경우의 선분

합성과정에서 사용하는 방식은 크게 두 가지를 사용한다. 첫 번째는 각각의 선분들의 고유한 정보(기울기, 절편)를 이용하여  $\rho-\theta$  좌표로 모두 대응시키고, 대응된  $\rho-\theta$  좌표계에서 임의의 한 선분을 나타내는 점을 기준으로 다른 선분의 점까지의 거리를 구해 이들 거리가 기준 값 이하로 짧으면 합성하는 방식이며, 두 번째는 선분들의 기울기 정보를 이용하여 이웃하는 선분간의 기울기의 차이를 이용한다. 이렇듯 두 방식을 동시에 사용해야 하는 이유는 다음 수식에서 찾을 수 있다.

$$\theta = -\frac{1}{\arctan(a)} \quad (3)$$

$$\rho = -b \times \sin \theta \quad (4)$$

여기서,  $a$  : 직선의 기울기,  $b$  : 직선의 절편

식 (3)에서  $\theta$  값은  $\arctan$ 곡선을 따라 주어짐을 알 수 있는데 탄젠트(tangent)곡선은 각도가 45도, 즉 기울기 값이 1을 넘는 경우에는 미세한 각도 차이에도 그 크기가 상당히 크게 변화한다. 달리 말해, 기울기의 절대 값이 1보다 큰 선분을 합성할 경우 단순히 각도 차이를 이용한다면, 기울기의 차이가 명백히 크게 드러나더라도 각도의 차이는 크게 차이 나지 않음을 알 수 있다. 따라서  $\arctan$ 값이 비교적 선형성을 띄는 구간인  $[-1.5 \sim 1.5]$ 이외의 기울기 값에서는 같은 알고리즘을 적용하기가 힘들다. 그러므로 선분의 기울기 성분에 대하여 두 가지 경우로 나누어 처리해 주게 된다. 그림 10에서 측

면으로 위치한 경우의 선분 합성 흐름도를 나타내었다.

#### 4. 코너점 추출 및 부피 계측

물체의 외곽선이 검출되었으므로 그 교차점을 코너점으로 인식하여 부피 계산을 수행한다. 부피 계산을 위한 물체의 가로, 세로, 높이값은 코너점 간의 거리를 통해 획득되는데 이것은 코너점들의 위치 관계를 알아야 가능하다. 이런 이유로 물체의 방향에 따라 코너점에 일괄적으로 번호를 부여하여 각각의 위치관계를 명확히 하고 보다 효율적인 부피 계산이 가능 하도록 한다.

##### 4.1 코너 번호부여

부피 계산을 위해서는 최종 추출된 선분의 교차점 즉 코너점의 위치 관계를 알아야 한다. 즉 서로 수직 관계에 있는 점들이 어느 것인지, 바닥에 있는 점이 어떤 점인지를 인식해야 한다. 따라서 물체와 카메라 방향에 따라 각 코너점에 번호를 부여하여 보다 효율적인 계산이 가능하도록 한다.

이때 정면으로 획득된 영상의 경우와 측면으로 획득된 영상의 경우에 동일하게 번호를 부여할 수 없다. 측면으로 획득된 영상은 최상점과 최하점을 기준으로 좌, 우가 서로 대칭되어 왼쪽의 경로를 따라 높이를 계산한 결과나 오른쪽 경로를 따라 높이를 계산한 결과가 서로 같게 된다. 그러나 정면으로 획득된 영상은 최상점과 최하점을 기준으로 한 왼쪽과 오른쪽 경로의 가로, 세로, 높이 성분이 서로 달라지게 된다. 그림 11은 이와 같은 문제점을 나타낸다.

그림 11을 보면 측면으로 획득된 영상의 경우 최상점(점 0)으로부터 최하점(점 1)에 이르는 좌측, 우측 경로 모두에서 높이 성분이 두 번째로 나타남을 알 수 있다. 그러나 정면으로 획득된 영상에서는 최상점(점 0)으로부터 최하점(점 3)까지의 경로중 왼쪽 경로를 따를 경우 높이 성분이 세 번째로 나타나지만, 오른쪽 경로를 따를

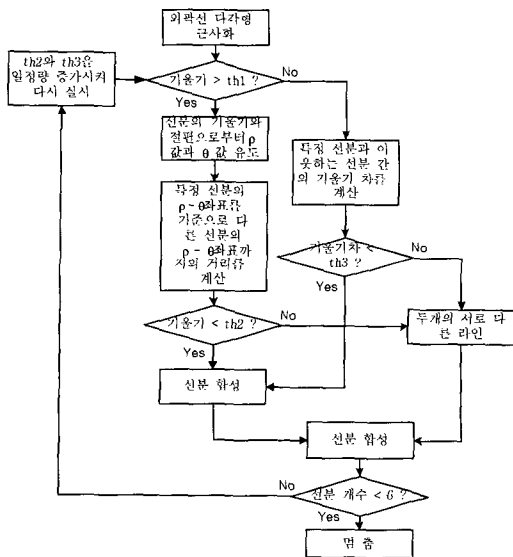
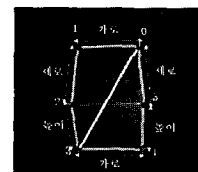
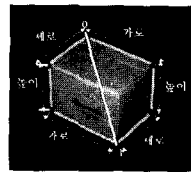
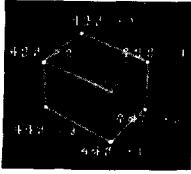


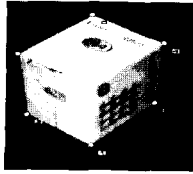
그림 10 물체가 측면으로 위치한 경우의 선분 합성의 흐름도



(a) 측면으로 획득된 영상의 부피 계측 경로 (b) 정면으로 획득된 영상의 부피 계측 경로  
그림 11 각각 측면과 정면으로 획득된 영상에서의 번호 부여 과정



(a) 번호 부여 과정



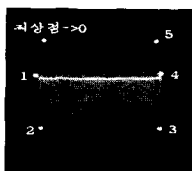
(b) 번호 부여 결과

그림 12 외곽 꼭지점에 번호를 부여하는 과정과 그 예

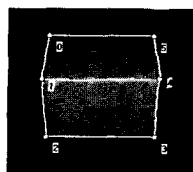
경우는 높이 성분이 두 번째로 나타난다. 따라서 각각의 경우에 대해 서로 다른 방법으로 번호를 부여해야 한다.

먼저 측면으로 획득된 영상의 경우는 그림 12와 같다. 그림 11에서 볼 수 있듯이 측면으로 획득된 영상의 경우 우리가 측정하고자 하는 선분들은 최상점(0)과 최하점(1)을 기준으로 왼쪽과 오른쪽 두 갈래의 경로를 따라 주어진다. 예를 들면 최상점으로부터 왼쪽 방향으로 내려 와서 최하점에 이르는 경로는 최상점에서 점 2까지의 선분이 가로 길이가 되며, 또다시 점 2에서 출발하여 점 3까지의 선분이 높이가 된다. 마지막으로 최하점까지의 선분이 세로 길이로 나타나고, 최상점으로부터 오른쪽 방향으로 내려오서 최하점에 이르는 경로는 최상점에서 점 4까지의 선분이 세로 길이가 되고, 그 이후 점 4에서 점 5까지와 점 5에서 최상점까지가 각각 높이와 가로 길이로 나타나게 된다. 그러므로 최상점과 최하점을 기준으로 한 두 경로 중 어느 한쪽 경로만 만족한다면 그 부피를 구할 수 있다. 정면으로 획득된 영상의 경우는 최상점만을 기준으로 하여 번호를 부여한다. 즉, 최상점과 최하점이 서로 대칭되는 형태로 나타나지 않으므로 최상점만을 기준으로 삼아 반시계 방향으로 번호를 증가시키는 방법을 사용한다.

그림 13은 정면으로 획득된 영상에서 번호 부여과정과 그 예를 나타낸다. 번호를 부여한 후 계산되는 경로는 최상점으로부터 왼쪽의 경우 최상점에서 점 1까지가 세로, 점 1에서부터 점 2까지가 높이, 점 2에서부터 점 3까지가 가로로 각각 나타나며, 오른쪽의 경우는 최상점에서 점 5까지가 가로, 점 5에서부터 점 4까지가 세로,

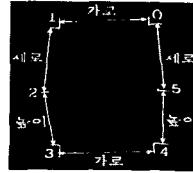


(a) 번호부여 과정

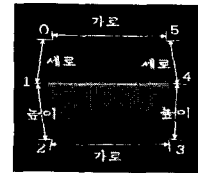


(b) 번호부여 결과 영상

그림 13 정면 영상에서의 번호부여 과정과 그 예



(a) 최상점이 우측에 위치한 경우



(b) 최상점이 좌측에 위치한 경우

그림 14 최상점의 위치에 따라 다르게 설정되는 계측 경로

점 4에서부터 점 3까지가 높이로 각각 나타난다.

정면으로 획득된 영상은 위의 그림 13.(b)와 같이 최상점이 좌측에 나타나는 경우와 우측에 나타나는 경우에 부피 계산을 위해 설정되어야할 경로가 서로 다르다. 이런 이유로 교차점에 부여된 번호만을 기준으로 경로를 설정하면 실제 물체의 세로길이, 가로길이, 높이 성분이 제대로 구해지지 않는다.

그림 14는 정면으로 위치한 영상의 경우에서 이러한 문제점을 나타낸다. 그림 14에서 나타나듯이 최상점이 그림 14.(a)와 같이 우측에 나타나는 경우 물체의 가로 성분은 점 0에서 점 1 또는 점 3에서 점 4사이의 거리로 주어지지만, 그림 14.(b)와 같이 물체의 좌측에 나타나는 경우 물체의 가로성분은 점 5에서 점 0 또는 점 2에서 점 3으로 주어진다. 이런 문제점은 물체의 세로, 높이에서도 마찬가지로 나타난다.

따라서 정면으로 획득된 영상의 경우 우선, 최상점이 좌측에 존재하는지 혹은 우측에 존재하는지를 판별하여 각각의 경우에 맞도록 부피 계측 경로를 따로 설정해야 한다. 최상점이 좌측에 존재하는지 우측에 존재하는지는 최상점에서 반시계 방향으로 인접해 있는 점(점 1에 해당) 사이의 선분과 시계방향으로 인접해 있는 점(점 5에 해당)사이의 선분을 추출하여 이 두 선분의 기울기 비교를 통해 판별할 수 있다. 즉, 최상점과 점 1을 이루는 선분의 기울기 절대값이 최상점과 점 5를 이루는 선분의 기울기 절대값보다 클 경우는 최상점이 좌측에 존재하는 경우이고, 반대의 경우는 최상점이 우측에 존재하는 경우가 된다.

#### 4.2 부피 계측

앞에서 언급한 바와 같이 획득된 영상에서는 정면으로든 측면으로든 물체가 놓여진 위치와 관계없이 항상 두 가지의 부피 계측 경로가 존재한다. 이때 실제로 부피 계산에 사용되는 경로를 유효경로라 한다. 외곽선이 6개 모두 추출되었을 때는 유효경로가 최상점을 중심으

로 좌, 우 2개가 존재한다. 그러나 추출된 외곽선이 5개로 주어지는 경우는 하나의 유효경로만을 가지게 된다. 실제에서는 카메라의 각도와 물체가 놓여진 각도에 의해 외곽선이 5개로 나타나는 경우가 종종 발생한다. 이런 경우 유효경로가 잘못 설정된다면 잘못된 가로, 세로, 높이값이 계산되고 부피 측정 역시 심각한 오차를 갖는다. 따라서 외곽선이 5개로 주어졌을 때 소실된 점을 찾아 그 점이 존재하는 경로를 없애 주어야 한다. 이때 소실된 점을 찾기 위한 방법으로 마주보는 선분의 기울기 및 길이를 비교하는 작업을 수행하게 된다.

즉, 서로 마주보는 선분의 기울기 값의 차이가 임계값보다 크거나 또는 그 길이의 차이가 임계값보다 클 경우 그 경로상에 소실점이 있다고 판단하여 해당되는 점을 삭제하고, 남은 교차점들에 대해서 번호를 부여한다. 그림 15는 외곽선이 5개로 주어진 경우 소실점을 찾아서 번호를 다시 부여하는 과정과 그 예를 나타낸다. 그 이후 검출된 유효경로를 따라 부피를 계산한다.

만일, 외곽선이 6개가 존재할 경우 최상점을 기준으로 좌, 우측 경로가 모두 유효경로가 된다. 이런 경우 최종적인 물체의 높이는 양쪽 경로에서 각각 획득된 높이의 평균값을 사용하며, 한쪽 경로가 소실된 경우는 검출된 유효 경로에서 높이를 구한다. 일반적으로 바닥에 붙어 있는 코너점을 사용하여 길이를 구하는 것이 오차가 적으므로 구해진 높이를 사용하여 물체의 상부점으로부터

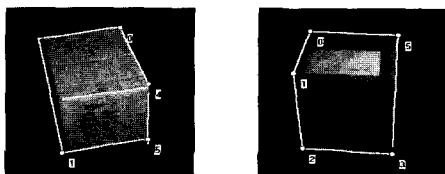


그림 15 한 점이 소실된 영상에서의 번호부여를 실시한 예

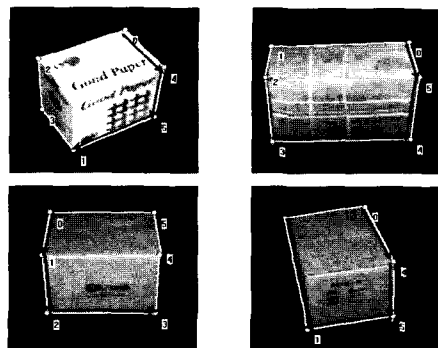


그림 16 실제 사용되는 유효 경로

바닥점을 추론한다. 이렇게 바닥에 대응된 점들이 최종적으로 부피 계산에 사용되게 된다. 이때 사용되는 경로는 외곽선이 6개로 주어져 유효 경로가 두 개인 경우, 오차를 줄이기 위해 최상점에서 만나는 선분 가운데 기울기가 급한 쪽을 사용한다. 한쪽 경로가 소실되어 유효 경로가 하나인 경우는 소실되지 않은 경로를 사용하여 가로와 세로 길이를 구하고 이들의 곱으로 부피를 계산한다.

### 5. 실험 및 결과

제안된 방법의 실험을 위한 환경은 다음과 같다. 본 실험에서는 영상 획득을 위해 삼성 SFA-410ED 카메라를 사용하였으며, 각각 640×480 크기의 해상도 및 256 크기의 밝기를 가지는 영상을 획득하여 처리한다. 이때, 카메라의 투시 방향은 수평축으로부터 60도 전후의 각도를 가진다. 그리고, 일정한 화질의 영상을 획득하기 위해 2개의 할로젠 조명을 물체의 좌/우에 설치하였으며, 물체가 놓이는 바닥은 검은색 재질의 판을 사용하였다. 또한, 이송 물체 환경에서의 테스트를 위해서는 외부 조명 및 환경의 영향을 받지 않게 하기 위해 컨베이어의 양쪽에 검은색 판을 세워 외부 환경의 영향을 최소화하였다. 이와 함께, 펜티엄III-800, 128MB RAM의 컴퓨터에서 실행하여 그 성능을 비교 분석하였다. 전체적인 실험을 하기 이전에 영상과 실측 거리간의 카메라 보정작업을 해야 한다. 그림 17은 카메라 보정 과정에서 획득된 지그 영상을 나타낸다. 획득된 지그 영상에서 원점들이 나열되어 있는데 영상의 가장 오른쪽 아래에 위치한 점이 실좌표계의 원점을 나타낸다. 이어 원점으로부터 왼쪽 방향으로 나열되어 있는 점들이 각각 X축을 나타내며 원점에서 위쪽 방향으로 나열되어 있는 점들이 각각 Y축을 나타낸다.

그림 18은 전체 처리 과정에서 각 단계별 처리 결과 영상을 나타낸다. 우선 그림 18.(a)에서 배경과 물체의 차영상을 구해 설정되는 관심 영역이 제대로 잡혀있음

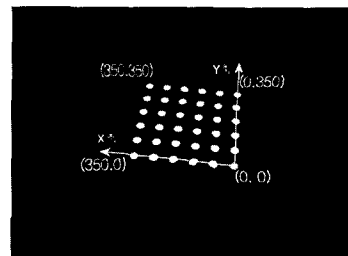


그림 17 카메라 보정을 위한 지그 영상



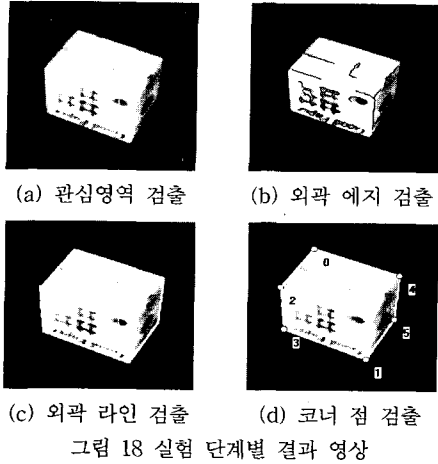


그림 18 실험 단계별 결과 영상

을 알 수 있다. 관심 영역이 획득된 이후의 모든 처리는 관심 영역 내에서만 실시되므로 일단 관심 영역이 결정되고 난 후의 과정에서 배경의 변화나 조명의 변화가 관심 영역내에 발생하지 않는다면 최종 처리 결과에는 영향을 미치지 않는다. 그림 18.(b)에서 추출된 물체의 에지를 나타내었으며, 그림 18.(c)에서 이를 기반으로 구성된 외곽 선분을 나타내었다. 물체의 에지 정보에 다각형 근사화를 적용시켜 외곽 선분을 구하는 방법이 잘 적용되었음을 알 수 있다. 마지막으로 그림 18.(d)에서 추출된 외곽 선분을 합성하여 이웃하는 선분간의 교차점을 코너 점으로 인식한 결과를 나타내었다. 적합한 장소에 코너 점이 위치하고 있으므로 이들 점간의 거리를 이용하여 부피 계산이 원활히 수행될 수 있음을 확인하였다.

그림 19는 제안한 방법으로 구현한 부피 계측 시스템의 실행화면이며 그림의 좌측 프레임은 획득된 영상에서 부피 계산에 필요한 코너점을 추출한 영상을 나타내

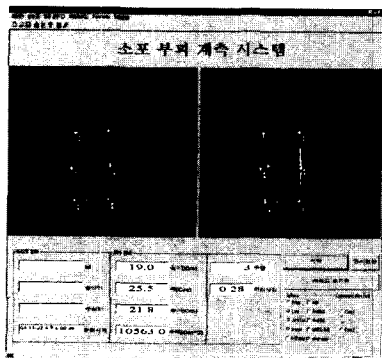


그림 19 소포 부피 계측 시스템의 실행화면

내며, 이들 점간의 거리를 이용하여 부피를 계산한 후 오른쪽 프레임에 계측 결과를 이용하여 물체의 3차원 형상을 재구성하였다. 그림 20은 실험에 사용된 네 종류의 직육면체 형태를 가진 물체들을 나타내고 있으며 표 1에 이들 상자의 실측값을 나타내었다. 실험에 사용된 물체의 크기는 한 변의 길이가 최소 10cm에서 최대 70cm의 크기를 가지고 있다.

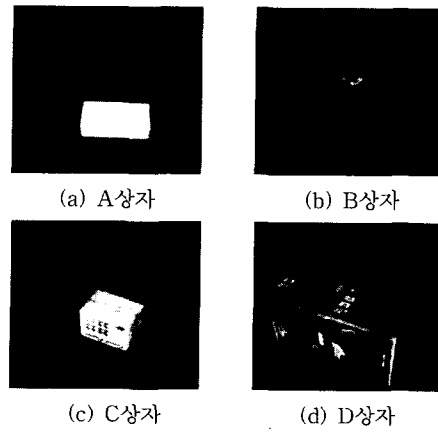


그림 20 실험 영상

표 1 실측값

(단위 : cm)

	가로	세로	높이
A상자	7.0	15.8	24.0
B상자	15.5	19.0	33.0
C상자	22.0	26.5	31.3
D상자	49.0	51.0	76.0

표 2는 카메라 높이에 따른 상자들의 부피 계측 결과를 나타내고 있다. 측정된 길이는 각각의 경우에 대해 10회 연속 측정된 값을 평균값을 나타내며 이때 발생하는 오차율의 평균값을 표 3에 나타내었다. 먼저 카메라의 높이를 살펴보면 최저 120cm에서 최대 198cm까지 변화시켰는데 높이가 너무 높거나 낮을 경우 다양한 크기의 상자를 계측 할 수 없음을 알 수 있다. 카메라의 높이가 120cm와 154cm인 경우 D상자는 그 크기로 인해 카메라 시야 안에 잡히지 않는다. 또한 198cm이상의 높이에서는 한 변의 길이가 7cm이하인 물체는 카메라에 의해 획득되는 선분이 매우 짧게 나타나거나 열화 현상으로 인해 획득된 영상이 육면체가 아닌 사각형의 형태로 주어져 측정이 실패하였다. 따라서 카메라 높이가 180cm에서 상자의 크기가 10cm~70cm까지 측정 가능

함을 알 수 있으며 측정 불가능 한 물체를 제외하고 부피 계산에 실패하는 경우는 없었다. 그러므로 시스템이 안정적으로 동작하도록 구현하기 위해서는 카메라 높이에 대한 측정 가능 물체 크기의 범위를 명시해야 한다. 표 3에서 측정의 결과가 전체적으로  $\pm 5\%$  이내의 오차를 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 2 카메라 높이에 따른 측정 결과

(단위 : cm)

종류 카메라 높이	A상자			B상자			C상자			D상자		
	가로	세로	높이	가로	세로	높이	가로	세로	높이	가로	세로	높이
70	15.8	24.0	15.5	19.0	33.0	22.0	26.5	31.3	49.0	51.0	76.0	
120	7.2	15.4	23.5	15.9	19.2	33.3	21.7	26.1	31.0	-	-	-
154	7.5	15.3	23.6	15.8	18.8	32.6	22.4	27.0	30.8	-	-	-
180	7.1	15.2	23.2	15.1	19.3	32.5	22.1	26.2	31.1	49.1	50.7	76.8
198	-	-	-	16.8	18.1	33.5	21.0	26.2	32.1	49.2	51.1	75.6

표 3 카메라 높이에 따른 부피 측정 오차율

(%)

종류 카메라 높이	종류			
	A상자 오차(%)	B상자 오차(%)	C상자 오차(%)	D상자 오차(%)
1200mm	-1.835	4.602	-3.783	-
1540mm	4.525	-0.360	2.082	-
1800mm	-5.567	-3.441	-1.317	0.663
1980mm	-	4.817	-3.213	0.075

표 4 같은 카메라 높이에 대해 다양한 위치에서의

측정 결과

(단위 : cm)

종류 카메라 위치	A상자			B상자			C상자			D상자		
	가로	세로	높이	가로	세로	높이	가로	세로	높이	가로	세로	높이
정면	7.1	15.2	23.2	15.1	19.3	32.5	22.1	26.2	31.1	49.2	51.1	75.6
측면(30도)	7.3	15.6	24.3	15.1	19.2	33.1	21.9	26.1	31.3	49.0	51.4	75.8
측면(45도)	7.1	15.9	23.7	15.7	18.8	32.8	22.0	27.0	30.9	48.9	51.2	76.1

표 5 물체가 놓여진 위치에 따른 부피 측정 오차율

(%)

종류 카메라	종류			
	A상자 오차(%)	B상자 오차(%)	C상자 오차(%)	D상자 오차(%)
정면	-5.675	-2.542	-1.317	0.075
측면(30도)	-0.403	-1.256	-1.957	0.519
측면(45도)	0.794	-0.383	0.584	0.319

표 4와 표 5는 물체의 방향을 변화시키면서 10회 연속 측정된 측정 결과의 평균값과 이때의 오차율을 나타내고 있다. 즉, 카메라 높이를 180cm로 고정시킨 후 물체의 방향을 측면, 혹은 정면 등으로 바꾸어 가며 실험

하였다.

표 4와 표 5에서 본 시스템의 경우 방향에 관계없이 정확도는  $\pm 0.6\text{cm}$  이내로 나타남을 알 수 있다. 카메라의 높이와 물체의 방향을 가변하며 측정된 전체적인 결과는 기존의 레이저 기반 시스템이나 레이저 및 라인 스캔 카메라를 혼합한 시스템들의 정확도  $\pm 0.7\text{cm}$ 와 유사한 정도이며, 스테레오 방식[6]의  $\pm 1.0\text{cm}$  정확도에 비해 우수한 결과를 보였다. 처리 시간 측면에서 본 시스템의 경우 물체의 크기가 커질수록 처리 시간이 증가하지만 대체로 0.2~0.4초 정도의 처리 시간으로 나타났다. 이러한 처리 속도는 물체와 물체의 간격을 1m로 하고 이송할 경우 2m/sec의 속도로 이송되는 시스템에서 실시간 처리로 응용이 가능하다.

다만 카메라의 높이에 비해 물체의 크기가 작을 경우 획득된 물체 영상이 육면체가 아닌 사각형의 형태로 주어지고 물체의 크기가 큰 경우 물체가 카메라의 시야 밖으로 벗어나 계산이 실패한다. 따라서 실제의 경우 대상 물체의 크기의 범위를 명시하여 원활한 측정이 수행되도록 카메라의 높이를 조절해야 한다. 또한 모든 과정이 물체와 배경의 차영상에 기반하여 진행되므로 초기 설정에서 획득된 배경이 물체의 이송시에 가변되지 않도록 제한해야 한다. 이는 컨베이어 벨트 좌우에 검은색 칸막이를 설치하거나 터널식 구현을 한다면 외부 빛의 유입이나 주변 환경의 변화를 막을 수 있으므로 해결될 수 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 효율적인 물류 처리를 위한 직육면체에 적합한 부피 측정 시스템을 구현하였다. 직육면체의 부피의 계산에서 한 대의 카메라와 직육면체의 기하학적 특성을 이용함으로써 시스템 비용을 절감함과 동시에 실시간 처리가 가능했다.

직육면체의 부피 계산을 위해 물체의 선분 정보를 이용하여 코너 정보를 간접 검출하였고, 선분 검출 과정에서 물체와 카메라의 방향을 고려하여 수행하였다. 이렇게 함으로써 카메라에 의한 블러링에 비교적 강인하고 안정된 코너 정보를 검출할 수 있었다.

구현된 시스템에서 4개의 실험용 상자를 대상으로 실험한 결과 가로, 세로, 높이의 경우 각각  $\pm 0.6\text{cm}$ 이내의 오차를 나타내고, 전체 부피의 경우  $\pm 5\%$  정도의 정밀도를 나타내었다. 또한 수행 시간의 경우 물체의 크기에 따라 차이가 있지만 대부분 0.2~0.4sec의 수행 시간을 나타내어 2m/sec의 이송 속도에서도 실시간 처리가 가능하다. 이와 같은 결과는 실시간 요구를 만족하며 기존 시스템의 성능( $\pm 0.7\text{cm}$ )과 유사한 수준이다.

## 참고 문헌

- [1] *Postal Technology International*, pp.170-172, UK & International Press, 1999.
- [2] <http://www.cargoscan.com/cs5200.htm>
- [3] Albert Wurz, John E. Romaine and David L. Martin, "Dimensioning System," U.S. Patent 5661561, Aug. 26, 1997.
- [4] *Postal Technology International*, pp. 190-193, UK & International Press, 2000.
- [5] G. Xu and Z. Zhang, *Epipolar Geometry in Stereo, Motion and Object Recognition*, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [6] 정윤수, 원종운, 김동호, 김진석 "CCD카메라에 기반한 3D 자동 물량 산출 시스템", 제16회 산 학 연 멀티미디어 산업기술 학술대회 학술논문집, pp.109-114. 2000.
- [7] W. B. Culbertson, T. Malzbender, and G. Slabaugh, "Generalized Voxel Coloring," Proc. ICCV Workshop on Vision Algorithms, Theory and Practice, 1999.
- [8] P. Eisert, E. Steinbach, and B. Girod, "Multi-Hypothesis, Volumetric Reconstruction of 3-D Objects from Multiple Calibrated Camera Views," Proc. International Conference on Acoustic, Speech, and Signal Processing, pp.3509-3512, 1999.
- [9] S. Seitz and C. Dyer, "Photorealistic Scene Reconstruction by Voxel Coloring," Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 35, pp.151-173, 1999.
- [10] P. Eisert, E. Steinbach, and B. Girod, "Automatic Reconstruction of Stationary 3-D Objects from Multiple Uncalibrated Camera Views", *Circuits and Systems for Video Technology*, IEEE Transactions on, Vol. 10, pp.261-277, 2000.
- [11] Korsten, M.J. Houkes, Z. "Parametric descriptions and estimation, a synergetic approach to resolving shape from shading and motion", *Image Processing and its Applications*, Third International Conference on, Page(s): 5 -9, 1989.
- [12] Cho S.Y. Chow TWS, "Neural computation approach for developing a 3-D shape reconstruction model," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol 12 N.5, pp 1204-1214, 2001.
- [13] Qiang Ji, Haralick, R.M., "Corner detection with covariance propagation," *Computer Vision and Pattern Recognition*, Proceedings. pp.362-367, 1997.
- [14] Mokhtarian, F., Suomela, R., "Robust image corner detection through curvature scale space", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20 no. 12 pp.1376-1381 Dec. 1998.
- [15] Jiann-Shu Lee, Yung-Nien Sun, Chin-Hsing Chen "Multiscale corner detection by using wavelet transform," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol.4, no.1, pp.100-104, 1995.
- [16] Y. S. Chen and W. H. Hsu, "A modified fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Pattern Recognition Letters*, vol. 7, no. 2, pp. 99-106, 1988.
- [17] R. Jain, R. Kasturi and B. G. Schunck, *Machine Vision*, McGraw Hill, 1995.
- [18] A. Jonk and A. W. M. Smeulders, "An axiomatic approach to clustering line-segments," *Proceedings of the Third ICDAR*, pp. 386-389, 1995.



원 종 운

1996년 한국해양대학교 제어계측 공학과(공학사). 1998년 한국해양대학교 제어계측 공학과(공학석사). 1999년 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정. 관심분야는 영상처리, 컴퓨터 비전, MPEG, 디지털 비디오



정 윤 수

1993년 경북대학교 전자공학과(공학사). 1995년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1998년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사). 1999년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원. 관심분야는 영상처리 및 압축, 컴퓨터 비전,

Automatic IDentification, RFID(Radio Frequency IDentification)



김 우 섭

2001년 경북대학교 전자전기 공학부(공학사). 2001년 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 석사과정. 관심분야는 영상처리, 컴퓨터 비전, 영상인식, 디지털 워터마킹



유 광 훈

2001년 경북대학교 전자전기 공학부(공학사). 2001년 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 석사과정. 관심분야는 영상처리 및 압축, 영상인식, 디지털 워터마킹



이 용 준

1984년 광운대학교 전산학과(학사). 1987년 연세대학교 전산학과(석사). 1993년 정보처리기술사(전자계산조직응용). 2001년 충북대학교 대학원 전산학과(박사). 1984년 ~ 현재 한국전자통신연구원 우정기술연구부 책임연구원. 관심분야는 시

간 데이터베이스, 데이터 마이닝, 데이터베이스 보안



박 길 흠

1982년 경북대학교(공학사-전자공학). 1984년 한국과학기술원(공학석사-전자공학) 1990년 한국과학기술원(공학박사 - 전자공학). 1991년 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 교수. 관심분야는 의료 영상 인식, 초음파 영상 검색, 영상 압축, 지문

인식, 얼굴 영상 인식, 디지털 워터마킹