Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 23 No. 3, pp. 33-40, March 2018
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2018.23.03.033

Effective adjacent baggage split method of Baggage Position Control System to prevent double loading of baggage

Jae-Won Song*, Dong-Chul Kim**

Abstract

In this paper, we propose a method to effectively split the adjacent baggage that is moving on high speed conveyor of airport. The proposed method calculate the Angle Histogram(AH) that inspects background pixels within radius r based on the center point of the adjacent baggage. After that, the adjacent baggage is segmented by finding split angles at the AH. We also improved the split quality of adjoining baggage by repeatedly correcting the center point to correctly split adjacent baggage of asymmetric size. And the calculation time of AH is reduced about 1/3 by using the symmetry property of the circle. Experiments have shown that 93% of all adjacent baggage images are correctly segmented and the proposed method is effective.

▸Keyword: BPCS, Image Processing, Image Separation, Segmentation, Airport, Baggage

Introduction

2017년 국내 항공교통량이 76만건을 넘어서며 역대 최고치를 기록하였으며, 지난 10년간 연평균 5.5%의 증가세를 보였다. 국제항공운송협회(IATA : International Air Transport Association)의 2016년 보고서에 따르면 2036년까지 78억 명이 항공기를 이용할 것으로 전망하고 있으며[1], 이와 함께 처리해야할 여객 수하물 또한 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 공항 운영에 있어 여객의 수하물 처리시간(Baggage delivery time) 및 처리 정확도는 무엇보다 중요하며, 이는 공항의 서비스 질을 결정하는 중요한 지표이다[2].

2016년 총 수하물 오처리(Mishandled baggage)건은 2015년 23.3 백만 건 대비 21.6 백만 건으로 7.2% 감소하였다. 이중 77%가 지연 수하물(delay baggage)로 나타났다. 2016년 전체 오처리 수하물 중 절반 정도인 10.2 백만 건이 환승 시에 발생하였으며, 이중 47%가 지연 수하물로 이는 2015년과 비슷한 수준이었다. 지연 수하물 중 적재 불량이 16%를 차지했으며 발권 오류, 보안 문제 및 기타 문제로 15%를 차지하였다[3].

수하물 처리 경로가 긴 대형공항 이나 터미널이 분산 배치된 공항에서는 수하물의 고속이동을 위해 트레이(Tray)를 이용한 고속 수하물처리시스템(HSS: High Speed System) 을 수하물 처리시스템(BHS: Baggage Handling System)에 적용하고 있다[4]. 체크인 카운터(Check-in counter)에서 위탁된 수하물은 컨베이어벨트(Conveyer belt)를 거쳐 트레이에 실려 HSS에 의해 처리되는데, 이때 컨베이어벨트에서 트레이로 실리는 탑로딩(Top-loading)과정에서 컨베이어벨트상의 불안정한 수하물 배치나 인접된 수하물은 트레이에서 낙실 되거나 이중적재가 되는 문제를 발생시킴으로써 수하물 지연문제를 야기하게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 수하물 자세 교정 시스템(BPCS: Baggage Position Control System)이 제안되었다[5]. BPCS는 수하물을 인식하는 비젼부와 인식된 수하물 정보를 이용하여 수하물을 안정적인 상태로 배치하는 제어부로 구성된다. 비젼부는 라인스캐너(Line scanner)에 의해 수하물을 이진영상으로 디지털화하는데, 이때 두 개의 수하물이 인접될

• First Author: Jae-Won Song, Corresponding Author: Dong-Chul Kim
*Jae-Won Song (jwsong03@gmail.com), Value Finders Co.,Ltd
**Dong-Chul Kim (kdckph@airport.kr), Airport Research institute at Incheon International Airport.
• Received: 2018. 02. 26, Revised: 2018. 03. 02, Accepted: 2018. 03. 17.
• This work was supported by Technology Advancement Research Program(115ATRP-C071004-03) from Korean Ministry of Land, Infrastructure and Transport and Airport Research institute of Incheon International Airport.

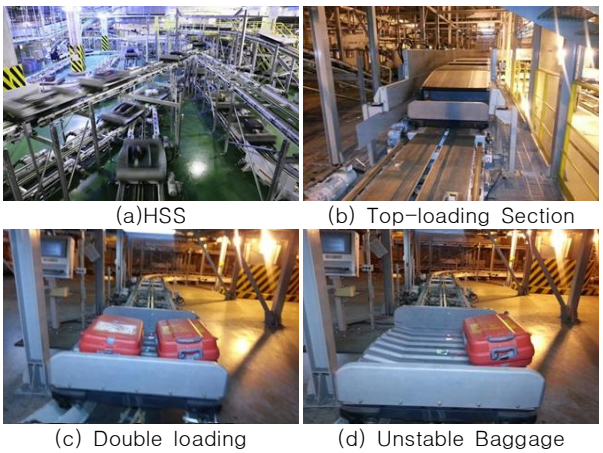
경우 비젼부는 이 두 수하물을 하나의 수하물로 잘못 인식하게 된다. 이와 같이 비젼부에서 부정확하게 수하물을 인식할 경우 부정확한 수하물 정보가 제어부에 전달되어 올바른 수하물 자세 교정 계획을 세울 수 없게 된다.

본 연구는 비젼부에서 인식된 인접 수하물들을 제한된 시간 내에서 빠르고 효과적으로 분리하는 방법을 제안함으로써 제어부에 정확한 수하물 위치 정보를 제공하고 올바르게 수하물이 제어될 수 있도록 하였다. 본 연구에서 제안된 방법은 실제로 기존에 개발된 BPCS에 적용함으로써 인접 수하물들을 올바르게 처리할 수 있도록 개선하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 연구의 배경 및 해결하고자 하는 문제에 대해 정의한다. 3장에서는 인접된 수하물을 분리하기 위한 제안된 방법에 대해 소개하고, 4장에서는 다양한 인접 수하물 케이스들에 대한 실험 결과와 제안된 알고리즘의 실제 적용결과를 보여준다. 마지막으로 5장에서는 결론 맺는다.

II. Background

체크인 카운터에서 위탁된 수하물은 고속 이송을 위해 컨베이어 벨트에서 트레이로 탑로딩 되어 HSS시스템의해 처리 되게 된다. 이때, 탑로딩 직전에 다양한 원인으로 인하여 수하물들이 인접되거나 한쪽으로 편향되는 경우가 발생할 수 있다. 인접된 수하물은 탑로딩시 트레이에 이중적재 문제가 발생할 가능성이 높으며, 한쪽으로 편향된 수하물은 탑로딩 시점에서 혹은 트레이에 불안정한 자세로 실리게 되어 이송 중에 낙실 될 가능성이 높다. Fig. 1은 HSS 및 탑로딩 구간과 이중적재 및 불안정한 수하물 적재에 대한 상황을 보여준다.



(a)HSS (b) Top-loading Section

(c) Double loading (d) Unstable Baggage

Fig. 1. HSS & Top-loading section and Double loading & Unstable Baggage

수하물의 탑로딩시 발생할 수 있는 수하물 이중적재 문제와 불안정한 적재 문제를 해결하기 위해 BPCS[5]가 탑로딩 전 단계에 도입되었다. BPCS는 Fig. 2와 같이 수하물을 인식하는 비젼부와 불안정한 수하물 배치를 교정하는 제어부로 구성된다. 특히, 비젼부에서의 잘못 인식된 수하물 정보는 제어부의 올바른 제어계획 수립을 어렵게 만든다. 따라서 올바른 수하물 인식은 수하물의 이중적재 문제와 불안정한 적재문제를 해결하기 위해 매우 중요하다.

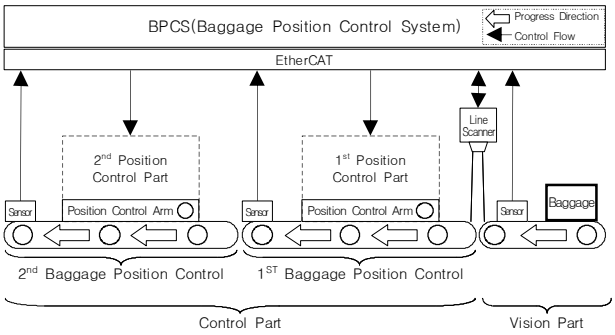


Fig. 2. BPCS Layout

기존 우리의 연구에서 제안된 BPCS[5]는 컨베이어벨트상에서 이동되는 수하물의 고속 인식을 위해 라인스캐너를 이용하여 수하물의 이진 영상(Binary image)을 얻고 수하물 제어에 필요한 위치 정보와 폭·너비와 같은 모양 정보를 제어부로 전송한다. 제어부는 수신된 이동 수하물의 위치 및 모양정보를 이용하여 제어 계획을 세우고 수하물을 컨베이어벨트상에 안정적인 상태로 배치한다. BPCS의 비젼부는 라인스캐너에 의해 수하물을 인식하고 이진영상화 하는데, 일반적으로 단일 수하물일 경우 문제없이 올바르게 수하물을 인식할 수 있다. 하지만 두 수하물이 인접될 경우, 라인스캐너 특성상 두 인접 수하물을 하나의 단일 수하물로 인식하게 된다(이진영상의 특성상 완전히 인접될 경우 하나의 수하물로 인식함). 이와 같이 두개의 수하물을 하나의 수하물로 오인식 할 경우, 각 수하물의 올바른 정보를 제어부로 제공해지 못하게 되어 각 수하물에 대한 올바른 제어계획(인접 수하물 분리 혹은 안정적 수하물 배치)을 세울 수 없게 된다. 따라서 비젼부는 인식된 수하물의 인접성 여부를 조사하고 인접되어 있다고 판단되면 인접 수하물 분리 알고리즘을 적용하여 올바른 수하물 정보를 얻는 추가적인 과정이 필요하다. 그러나 이러한 추가적인 인접 인접된 수하물 분리절차는 컨베이어 벨트가 계속해서 동작하고 있기 때문에 매우 제한된 시간 안에 수행 되어야 만 한다. 실질적으로 BPCS가 설치되는 상황에 기반하여 설명하면, BPCS는 공항 수하물 처리 상황에 맞게 속도는 85m/min로 설정되어 있기 때문에 비젼부는 제어부에 수하물이 도달하기 전 약 0.7sec내에 수하물 인식 및 인접 수하물 분리를 수행하고 인식된 수하물 정보의 송신 처리를 완료해야 올바르게 처리될 수 있다. 본 논문에서 다루고자 하는 문제는 인접된 수하물로 인식된 이진영상을 분리하는 것으로써, 제한된 시간 내에 빠르고 정확하게 분리하고 수하물의 위치 및 모양정보를 제어부로 송신하여 수하물을 안정적인 상태로 제어하는 것을 목적으로 한다.

일반적으로 영상분할(image segmentation)은 영역 경계의 지

www.kci.go.kr

역적 불연속성 특징들을 이용하는 에지기반(Edge-Based) 분할 방법, 영상의 히스토그램 조사와 임계값(Threshold)을 이용한 픽셀기반(Pixel-Based 또는 Histogram-Based)분할방법, 영역내 픽셀들의 유사성을 이용하는 영역기반(Region-Based)기반 분할 방법들로 구분된다[6]. 먼저 에지기반 영상분할 방법은 경계선에 기반하여 영역분할을 수행하는 방법으로서, 잡음에 민감하며 에지의 연결성이 떨어지는 경우 올바른 영역 추출할 수 없는 단점이 있다. 에지를 이용한 영상 분할은 대부분 단독으로 쓰이지 않으며 다른 분할기법의 기반으로 사용된다. 다음으로 픽셀기반 영역분할 방법은 영상의 히스토그램을 기반으로 영상을 분할하기 때문에 영상이 복잡하거나 영상의 밝기가 동일하지 않은 경우 좋은 결과를 기대할 수 없다. 또한, 히스토그램이 1차원적인 전역적인 정보를 나타내기 때문에 영상의 2차원적인 공간 정보를 활용할 수 없는 단점이 있다. 대표적으로 재귀적으로 임계치 조정을 통한 분할 방법[7]과 통계적 최적화에 기반한 Otsu방법[8]이 있다. 마지막으로 영역기반 영상분할 방법은 정의된 유사도 측정방법(similarity-measure)에 의해 영상을 분할하는 방법으로 잡음이 있는 영상에서 영상분할을 수행하는데 적합한 것으로 알려져 있다. 대표적인 방법으로 영역성장법(Region Growing)을 이용한 연구들 [9], [10]이 있다. 그러나 위에서 언급된 방법들은 주로 전경인 객체와 배경을 식별하기 위한 방법들로 인접 수하물과 같이 영상 내에 인접된 객체들을 개별적으로 식별하는 데는 적합하지 않다. 인접된 객체들을 식별하는 대표적인 방법은 영역기반 영상분할 방법 중의 하나인 분수선분할(watershed)기반의 알고리즘들 [11], [12]이다. 분수선 알고리즘들은 세포 분할(cell segmentation)분야에서 인접된 세포들을 개별적으로 식별하는데 큰 성공을 거두었다 [13], [14]. 그러나 분수선분할 알고리즘은 그레디언트(gradient)영상 생성 및 마커(marker)생성 등 전처리 과정을 필요로 하며, 과분할 문제(over-segmentation)[13], [15]가 존재하기 때문에 추가적인 병합(merge) 알고리즘 적용이 필요할 수 있어 많은 시간이 소비된다. 따라서 BPCS와 같은 시간이 제한된 환경에서 인접 수하물 분할을 위해 분수선분할 알고리즘을 적용하는 것은 현실적으로 불가능하다.

III. The Proposed Scheme

2장의 연구배경에서 설명했듯이 BPCS의 비젼부에서 인식된 인접 수하물은 제한된 시간 안에 분리되고 각 수하물에 대한 위치 및 모양정보를 제어부로 송신해야하기 때문에 여러 가지 전처리과정과 후처리 과정을 요구하는 기존 분할 알고리즘을 적용하는 데는 한계가 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 다양한 수하물 모양에 민감하지 않으면서 빠르고 정확하게 인접 수하물 분리가 가능하다. 제안된 방법은 2개의 인접 수하물 분리를 대상으로 하며, 3개 이상의 인접 수하물에 대해서는 적용되지 않는 제한사항이 있다. 실질적으로 BPCS가 적용되는 공항 수하물 환경에서 3개 이상의 수하물이 라인스캔하는 시점에서 발견되지 않기 때문에, 인접 수하물 분할문제를 2개수하물로 한정하고 제안된 시간 내에 빠르게 인접 수하물을 분리하도록 알고리즘을 고안했다. 먼저 설명의 편의를 위해 라인스캔에 의해 인식되는 이진영상을 I로 표기하고 다음과 같이 정의한다. $I: P \subseteq \mathbb{Z}^2 \rightarrow \{0, 1\}$. 여기서 (x, y)의 좌표를 갖는 점 p∈P에 사상되는 값 1은 배경에 대한 값을 의미하고 흰색으로 표현되며, 값 0은 전경(수하물)에 대한 값을 의미하고 검은색으로 표현된다.

일반적으로 인접 수하물 영상에서 두 수하물이 인접한 영역은 다른 영역 보다 많은 배경 픽셀들이 존재한다. Fig. 3의 빨간 원 부분은 두 수하물이 만나는 인접영역으로 다른 영역보다 배경픽셀이 많이 나타나는 특징을 잘 나타내고 있다.

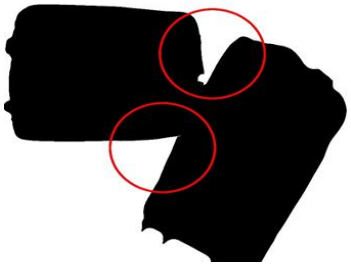


Fig. 3. Visual characteristic of Two adjoined baggage (there are a lot of background pixels at the adjoined area - red circles)

본 논문은 인접 수하물의 이러한 시각적 특징을 이용하여 인접된 수하물 영상을 분리하는 방법을 제안한다. 제안된 방법의 기본 아이디어는 인접 수하물 영상의 중심 p_c의 반경 r내에 있는 배경 픽셀들의 수를 조사하고 p_c에서 배경 픽셀이 많은 두 방향으로 분할을 수행함으로써 인접 수하물을 분할한다. 먼저 라인스캐너에 의해 인식된 영상이 인접 수하물인지 아닌지를 판별한다. 인접 수하물 판별은 수하물의 최대 크기를 초과하거나 비젼부에 설치된 센서에 의해 단위 시간 내에 인식되는 수하물 개수로 인접 여부를 판별하게 된다. 인접 수하물 분리를 위한 전체적인 과정은 Fig. 4 와 같으며 각 과정들에 대해서는 아래에서 구체적으로 설명한다.

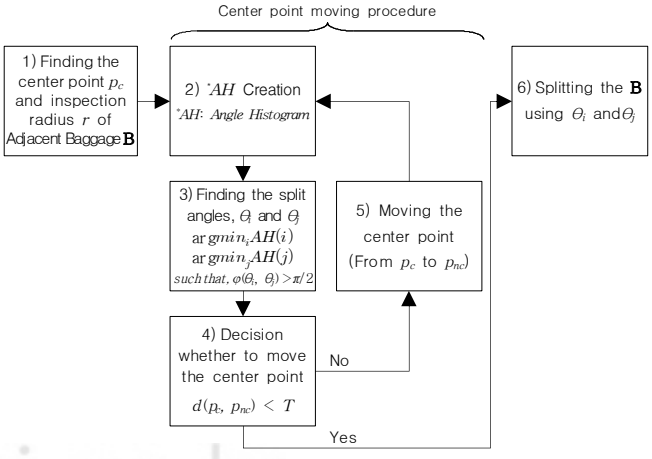


Fig. 4. The Split procedure of Adjacent Baggage Image

www.kci.go.kr

1) 인접 수하물의 중심점과 조사반경 설정

먼저 라인 스캐너에 인식된 인접 수하물 B의 중심점 p_c와 배경 픽셀을 조사하기 위한 반경 r을 설정한다. 이때 중심점 p_c는 각 x와 y축에서 B의 최대·최소 값의 중간 값으로 식 (1)과 같이 결정된다.

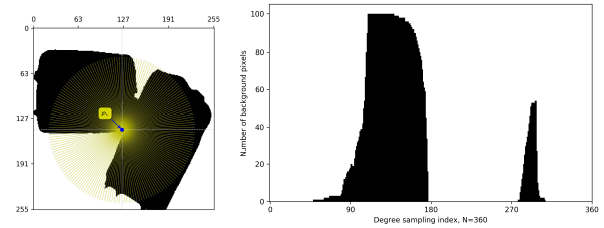
$$p_c = \left(\frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} + x_{\min}, \frac{y_{\max} - y_{\min}}{2} + y_{\min} \right) \quad (1)$$

다음으로 인접영역 주변의 배경 픽셀 조사를 위한 반경 r은 수하물 영역 크기에 비례하도록 식 (2) 에 의해 계산된다. 여기서 $Area(\cdot)$는 수하물 B의 영역크기를 구하는 함수이다.

$$r = \sqrt{\frac{Area(B)}{\pi}} \quad (2)$$

2) Angle Histogram 생성

제안된 방법의 기본 아이디어는 인접부위에 많이 나타나는 배경 픽셀 특성을 이용하여 인접 수하물을 분할하는 것이다. 인접부위에 많이 배경 픽셀의 특성을 정량적으로 표현하기 위해 수하물 B의 중심점 p_c를 원점으로 하고 반지름이 r인 원내의 샘플링 각도(degree)별로 배경픽셀 수를 집계한다. 즉, 샘플링 각도 $n\Delta\Theta$별로 배경 픽셀 수를 집계하기 위해, 샘플링의 단위 간격 $\Delta\Theta$의 계수 n을 계급으로 하는 히스토그램을 구한다. 이때 구한 히스토그램을 Angle Histogram(AH)이라 명명한다. 계수 n의 범위는 $0 \le n \le N-1$ 이며 N은 총 샘플횟수를 의미 한다. 샘플링의 단위 간격 $\Delta\Theta$는 $2\pi/N$로 정의된다. 반지름 r인 원내의 샘플링 각도별 배경픽셀 수의 집계는 계산속도 향상을 위해 r구간 내에서 샘플링을 수행할 수 있다. Fig. 5 (a)는 인접 수하물 영상의 AH를 구하기 위한 조사반경 r(노란색)과 중심점 p_c(붉은색)를 주며, Fig. 5 (b)는 각 샘플링 각도 $n\Delta\Theta$로 조사된 배경 픽셀의 수를 집계한 AH를 보여준다. Fig. 5의 인접 수하물 영상은 설명의 편의를 위해 4,096 × 4,096 에서 256 × 256크기로 축소하였다.



(a) Center point and N inspection samples with radius r(yellow line)

(b) Angle Histogram generated by N inspection samples

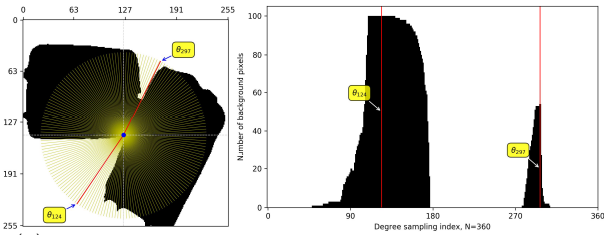
Fig. 5. Angle Histogram with radius r, N=360

3) 분할 각 찾기

본 단계에서는 이전 단계에서 구한 AH를 이용하여 인접 수하물을 분할하기 위한 최적의 분할 각을 찾는다. 인접 수하물 분할을 위한 최적의 각도는 AH에서 배경 픽셀이 가장 많이 나타나는 빈(Bin)인덱스에 대응되는 각도 Θi와 Θj는 $\arg min_i AH(i)$와 $\arg min_j AH(j)$에 의해 결정된다. 분할각은 다른 방향을 가져야 하기 때문에 두 각의 차이 $\phi(\Theta_i, \Theta_j)$는 $\pi/2$보다 큰 조건을 가진다. 여기서 아래첨자 $i,j \in \{0, 1, \cdots, N-1\}$는 샘플링된 인덱스와 AH의 빈(bin)의 인덱스를 의미하고, $\phi(\Theta_i, \Theta_j)$는 Θ_i와 Θ_j의 최소각도 반환하는 함수로 식 (3)과 같이 정의된다.

$$\phi(\Theta_i, \Theta_j) = \min\left(|\Theta_i - \Theta_j|, \pi - |\Theta_i - \Theta_j| \right) \quad (3)$$

Fig. 6은 은 각각 분할각 Θ_i과 Θ_j를 각각 영상과 AH에 표시하여 보여주고 있으며 Fig. 7은 분할된 결과를 보여준다.



(a) Two split angles in baggage image

(b) Two split angles in AH

Fig. 6. Two split degrees at AH and image

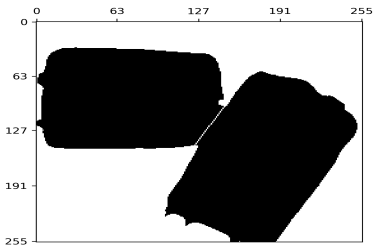


Fig. 7. Separated adjacent baggage image by two split Angles

4) 중심점 이동에 의한 수하물 분할 개선

이전 단계에서 AH로부터 두개의 분할 각을 얻고, 이 두 분할각과 중심점 p_c를 이용하여 인접 수하물을 분리하였다. 그러나 이 방법은 인접된 두 수하물의 크기가 상이하게 차이가 있을 경우 깨끗하게 분할되지 않는다. 이는 인접 수하물의 중심점 p_c기준으로 두개의 분할각을 이용하여 분리하기 때문에 중심점 위치에 따라 결과가 달라진다. Fig. 8은 수하물의 크기 차이가 현저하게 있는 인접 수하물 영상에 대한 분할 문제를 설명하기 위해 인공적으로 생성한 인접 수하물 영상의 분할 결과로서 인접 수하물 크기 차이에 따른 분할의 문제점을 잘 보여준다. 이는 초기에 인접 수하물 중심점을 결정할 때 식 (1)과 같이 x, y축의 최대·최소 값의 중심으로 결정되는 경우 수하물이 인접되는 부위에 중심점이 설정되지 않기 때문이다. 이와 같은 초기 중심점에 따른 분할 문제를 해결하기 위해 인접부위로 중심점을 이동하고 분할 각을 찾는 것이 필요하다.

www.kci.go.kr

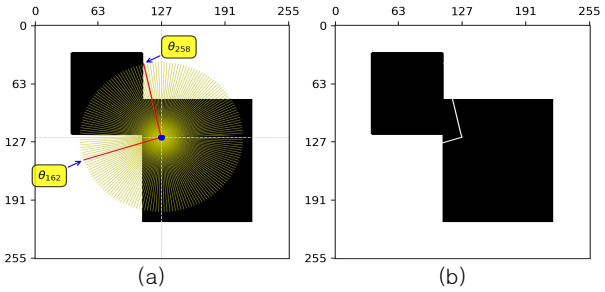


Fig. 8. Split angles and result in an adjacent baggage image with different size

인접부위로의 중심점 이동 여부는 중심점 p_c와 반지름 r이며 분할각 θ_i, θ_j로 표현되는점 p_i, p_j에 의해 생성되는 삼각형의 중심점 p_{nc}(다음 단계의 후보 중심점)와의 유클리디언(Euclidian) 거리 $d(p_c, p_{nc})$가 임의의 문턱치 T이상인 미만인지에 따라 결정된다. 이때, 거리 $d(p_c,p_{nc})$가 문턱치 T이상일 경우 인접 수하물의 중심점 p_c를 p_{nc}로 업데이트 하고 새로운 AH를 구한다음 개선된 분할각을 찾는다. 중심점 업데이트 과정은 $d(p_c,p_{nc})<T$를 만족할 때까지 계속된다(Fig. 4참조). 인접 수하물의 새로운 중심점을 삼각형의 무게중심 p_{nc}로 결정하는 이유는 배경 픽셀이 많이 존재하기 인접부위로 중심점을 이동하기 위해서 이다. 즉, p_i와 p_j는 중심점 p_c에서 배경이 가장 많이 나타나는 방향 벡터이므로, 새로운 중심점 p_{nc}는 중심점 p_c에서 배경 픽셀이 많은 두 방향(p_i, p_j)을 고려하면서 수하물의 중심점으로 이동하게 된다. 중심점 업데이트 조건 $d(p_c,p_{nc})<T$는 이전 중심점 p_c와 새로운 중심점 p_{nc}의 변화가 없거나(즉, 임계치 T보다 작을 경우) 올바른 중심점이라고 판단하고 중심점 업데이트를 중단한다.

Fig. 9는 중심점이동을 반복하면서 중심점이 수하물의 인접부위로 이동되며 수하물의 분리가 개선됨을 보여준다.

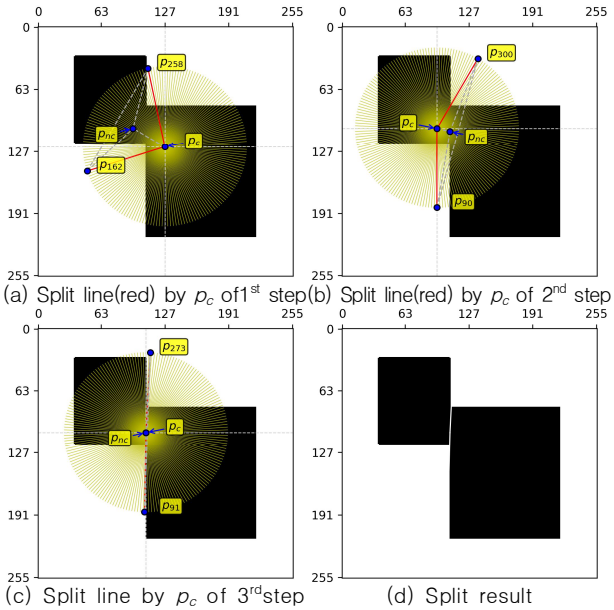
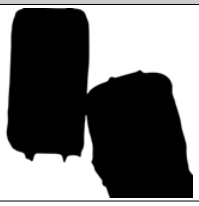
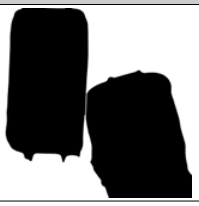
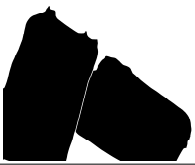
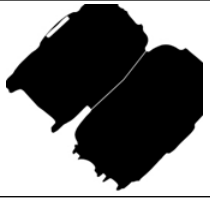


Fig. 9. Split improvement by center point moving

IV. Experimental Result and Application

실험을 위한 인접 수하물 영상들은 개발된 BPCS의 비젼부에서 수집되었다. 비젼부의 시스템은 움직이는 수하물 영상화를 위한 라인스캔 카메라와 영상처리 컴퓨터로 구성되었으며, 영상처리 컴퓨터는 Intel i5 CPU와 16G 메모리가 사용되었다. 총 101개의 인접 수하물이 수집되었으며 실험은 BPCS의 영상처리 환경과 동일한 환경에서 수행되었다. 수집된 영상의 크기는 폭은 4,096이며 높이는 스캔결과에 따라 가변적이다. 영상수집에 이용된 수하물은 인천공항 수하물 기준에 따라 소형 $330^{L}\times210^{W}\times150^{H}$,중형 $560^{L}\times360^{W}\times250^{H}$,대형 $800^{L}\times500^{W}\times300^{H}$를 만족하는 수하물들로 구성되었다. Table 1은 제안된 방법에 의해 분리된 인접 수하물 결과를 보여준다. 실험결과 전체 101개의 인접 수하물 영상 중 약 93%(94개)를 올바르게 분할하였다. 올바르게 처리되지 못한 7개의 인접 수하물 영상들은 수하물 객체가 영상의 위나 아래로 치우쳐 조사반경 r내에 있는 배경픽셀을 충분히 집계할 수 없었기 때문이다. 즉, 배경픽셀의 조사반경 r이 영상의 범위를 벗어나서 제대로 된 AH를 구할 수 없었고 그로 인해 올바른 분할각을 찾을 수 없는 것으로 분석되었다.

Table 1. Split result of adjacent baggage by proposed method

Original	Result	No. of center point moving
		1
		0
		1
		3

BPCS의 비젼부는 매우 제안된 시간에 인접 수하물 분리가 이루어져야 한다. BPCS가 적용되는 실질적인 상황을 고려했을 때 약 0.7 sec 이내에 인접 수하물 처리가 완료되어야 분리된 수하물

www.kci.go.kr

Table 2. AH generation using symmetry property of xy coordinates.

```
01  N4 ← N/4     #By using symmetry, the range of sampling angle is reduced to 1/4
02  Δθ ← 2π/N    #The unit angle according to the sampling number, N, of circle
03  Δr ← r/nr    #The unit distance according to the sampling number, nr, of radius r
04  AH ← new int [N] #The number of Bin of AH is chosen the sampling number, N, of circle
05
06  for n ←0 to N4-1:
07    for i ← 1 to nr:
08      x = iΔr * cos(nΔθ) + pc.x   #x coordinate according to sampling
09      y = iΔr * sin(nΔθ) + pc.y   #y coordinate according to sampling
10
11       #AH calculation using symmetry property
12      AH[n+0*N4] ← AH[n+0*N4] + B[ x+pc.x,   y+pc.y] #Quadrant 1
13      AH[n+1*N4] ← AH[n+1*N4] + B[-y+pc.x,   x+pc.y] #Quadrant 2
14      AH[n+2*N4] ← AH[n+2*N4] + B[-x+pc.x, -y+pc.y] #Quadrant 3
15      AH[n+3*N4] ← AH[n+3*N4] + B[ y+pc.x, -x+pc.y] #Quadrant 4
16  # B-binary image, background pixel-1, foreground pixel-0
```

정보를 제어부로 보내 올바르게 제어할 수 있다. 제안된 방법은 샘플링 되는 각과 각 반경 내에서 샘플링 되는 픽셀을 조사함으로써 매우 빠르게 수하물을 분할 할 수 있다. 제안된 방법은 인접 수하물 객체의 중심점 p_c를 기준으로 반경 r내에 있는 배경픽셀들을 샘플링 각도 $\Delta\theta$ 간격으로 N개의 각을 조사하기 때문에 AH를 이용해 분할각을 찾는 시간 복잡도는 $O(Nn_r)$이 된다. 여기서 n_r은 반경 r에서 샘플링 되는 픽셀의 수를 의미한다. 이때, 중심점 이동회수 n_t를 고려한다면 시간 복잡도는 $O(n_tNn_r)$이 된다. Fig. 10은 중심점 이동횟수별 인접 수하물 분리 영상의 수를 보여 준다. Fig. 10에서 보듯이 절반 이상이 중심점 이동을 하지 않았으며 전체영상 중 약 90%가 2번 이하의 중심점 이동을 통해 인접 수하물을 분리하였고 5번 이상의 중심점 이동은 단 1개만 있었다. 이는 수하물들이 제한된 규격으로 들어오기 때문에 비대칭적 크기차이가 나는 수하물 들이 많지 않기 때문에 중심점 이동이 많이 일어나지 않는 것으로 분석된다. 실험적으로 중심점 이동 횟수 n_t가 $0 \le n_t \le 5$ 범위의 크지 않은 범위(대부분이 2이하임)에 있기 때문에 중심점 이동으로 인한 처리시간 증가는 크지 않다.

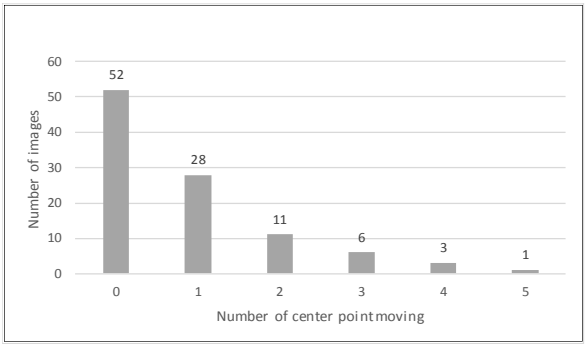


Fig. 10. Number of images according to number of center point moving

본 실험에서 추가적인 처리속도 개선을 위해 샘플링 좌표의 원점에 대한 대칭성을 이용하였다. Table 2은 xy좌표의 대칭성을 이용하여 AH를 구하는 과정을 보여준다. 이와 같이 대칭성을 이용하면 이론적으로 AH계산시간을 약 1/4 줄일 수 있어서 인접 수하물 분할 시간을 효과적으로 개선할 수 있다.

Fig. 11과 Table 3는 대칭성을 이용한 AH계산의 효과를 보여준다. 비대칭적으로 AH를 계산할 경우 대칭적으로 AH를 계산할 때보다 약 2.7배 이상 많은 시간이 소요됨을 보여준다. 또한, 대칭적 AH계산에서 중심점 이동이 5회 수행된 인접 수하물 처리 시간은 0.4sec로 측정되었으며 BPCS의 비젼부의 제한된 처리시간인 0.7sec를 만족하였다.

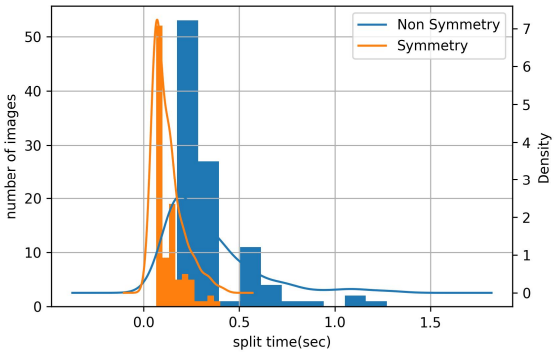


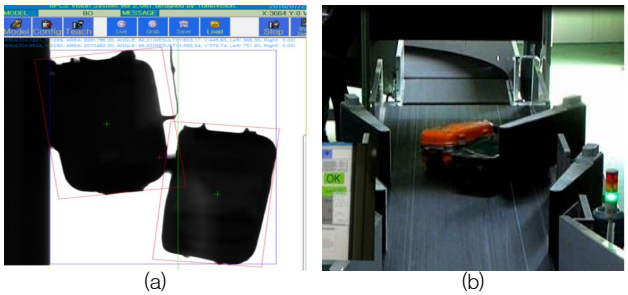
Fig. 11. Split time comparison of Non Symmetry and Symmetry methods

제안된 인접 수하물 분리 방법은 프로그램 최적화를 거친 후 BPCS의 비젼부에 적용 되었다. Fig. 12은 실제 BPCS의 비젼부에 적용되어 인접 수하물을 인식하고 제어부에서 수하물의 자세제어를 하는 모습을 보여준다.

Table 3. Execution time comparison of processing methods according to number of center point moving

#Center Moving / Methods	0		1		2		3		4		5	
	mean (sec)	std	mean (sec)	std	mean (sec)	std	mean (sec)	std	mean (sec)	std	mean (sec)	std
Non Symmetry	0.180	0.003	0.363	0.011	0.535	0.002	0.721	0.008	0.912	0.005	1.087	-
Symmetry	0.067	0.001	0.134	0.002	0.200	0.002	0.264	0.004	0.333	0.003	0.401	-

www.kci.go.kr



(a) (b)

Fig. 12. Applying the proposed algorithm to BPCS

V. Conclusion

본 논문은 고속 컨베이어벨트 상에서 움직이는 인접 수하물을 제한된 시간 내에 효과적으로 분할하기 위한 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 설정된 중심점을 기준으로 조사반경 r내에 있는 배경픽셀들을 조사하기 위한 AH를 구하고 이를 이용하여 분할 각도를 찾음으로써 인접 수하물 분할을 수행하였다. 또한, 비대칭적 크기를 가지는 인접 수하물의 올바른 분할을 위해 중심점을 반복적으로 교정함으로써 인접 수하물의 분할 품질을 개선하였고 중심점을 기준으로 한 조사반경의 대칭성을 이용하여 처리시간을 약 1/3정도 줄였다. 전체 인접 수하물 실험영상 중 93%를 올바르게 분할하였으며, 나머지 7%의 영상은 영상 획득 시 수하물객체가 한쪽으로 편향되어 올바르게 AH를 구하지 못한 것으로서 잘못된 영상획득에 따른 것으로 분석되었다. 본 논문에서 제안된 인접 수하물 분할 방법은 실제 BPCS의 비젼부에 적용되었고 제한된 시간 내에 인접 수하물을 분할함으로써 제어부에서 올바르게 인접 수하물을 제어하도록 개선되었다.

REFERENCES

[1] “IATA - 2036 Forecast Reveals Air Passengers Will Nearly Double to 7.8 Billion.” [Online]. Available: http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2017-10-24-01.aspx. [Accessed: 28-Jan-2018].

[2] O. Wyman, “Guide to Airport Performance Measures.” [Online]. Available: http://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2012/mar/guide-to-airport-performance-measures.html. [Accessed: 13-Dec-2017].

[3] “Baggage Report 2017 | SITA,” SITA. create success together. [Online]. Available: http://www.sita.aero/resources/type/surveys-reports/baggage-report-2017. [Accessed: 13-Dec-2017].

[4] M. Schloh and F. Hardship, “Analysis of the Denver International Airport baggage system.”

[5] J. W. Song, J. W. Kim, and D. C. Kim, “Baggage correction system design to correct the position of an unstable airport baggage,” 2015 30th ICROS Annual Conference(ICROS 2015), pp. 468-469, May. 2015.

[6] B. Jähne, Digital Image Processing. Springer Science & Business Media, 2005.

[7] R. Ohlander, K. Price, and D. R. Reddy, “Picture segmentation using a recursive region splitting method,” Comput. Graph. Image Process., vol. 8, no. 3, pp. 313-333, Dec. 1978.

[8] N. Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms,” IEEE Trans. Syst. Man Cybern., vol. 9, no. 1, pp. 62-66, Jan. 1979.

[9] R. Adams and L. Bischof, “Seeded region growing,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 16, no. 6, pp. 641-647, Jun. 1994.

[10] R. Nock and F. Nielsen, “Statistical region merging,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 26, no. 11, pp. 1452-1458, Nov. 2004.

[11] S. Beucher and C. D. M. Mathmatique, “The Watershed Transformation Applied To Image Segmentation,” in Scanning Microscopy International, 1991, pp. 299-314.

[12] J. B. T. M. Roerdink and A. Meijster, “The Watershed Transform: Definitions, Algorithms and Parallelization Strategies,” Fundam Inf, vol. 41, no. 1,2, pp. 187-228, Apr. 2000.

[13] E. Meijering, “Cell Segmentation: 50 Years Down the Road [Life Sciences],” IEEE Signal Process. Mag., vol. 29, no. 5, pp. 140-145, Sep. 2012.

[14] S. G. Kim, “Complex Cell Image Segmentation via Structural Feature Information,” Journal of the Korea society of computer and information, vol. 17, no. 10, pp. 35-41, Oct. 2012.

[15] S. Y. Kim, “Color Image Segmentation Based on Edge Salience Map and Region Merging,” Journal of the Korea society of computer and information, vol. 12, no. 3, pp. 105-113, July. 2007.

www.kci.go.kr

Authors

Jae Won Song received the M.S. and Ph.D. degrees in Computer and Information Engineering from Inha University, Korea, in 2007 and 2013, respectively. Dr. Song joined Value Finders Co., Ltd, Korea, in 2017. He is the CEO of Value Finders Co., Ltd. His research interests include financial data mining, medical image processing, and BHS.

Dong Chul Kim received the B.S. degree in Mechanical Engineering from Hanyang University, Korea, in 1991. And he received the M.S. degree in Aviation Management from Korea Aerospace University, Korea University, Korea, in 2012.He is assistant director and vice-chief manager of the department of Airport Research institute at Incheon International Airport. His research interests include FOD, A-VDGS (Advanced Visual Docking Guidance Systems), A-SMGCS (Advanced Surface Movement, Guidance and Control System), and BHS.

www.kci.go.kr