

단일 카메라를 이용한 3차원 공간 정보 생성

권오영* · 서경택

3D Reconstruction Using a Single Camera

Oh-Young Kwon* · Kyoung-Taek Seo

School of Computer Science and Engineering, University of Technology and Education, Cheon-an 330-708, Korea

요 약

경제성을 얻기 위해 단일 카메라를 이용하여 3차원 복원을 수행한 뒤 그 정보를 토대로 운전자에게 전방에 존재하는 장애물의 통과 여부를 알려줄 수 있는 운전 보조 장치에 관한 연구를 진행한다. 그 결과 depth 정보는 떨어지나 직진상의 장애물을 통과 할 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 3차원 복원을 위해서는 내부파라미터를 측정하고, 특징점을 찾아 매칭하여 기본행렬을 계산하고 이를 토대로 삼각측량을 수행하여 얻는다. 실험을 통해 결과를 확인해 보면 depth 정보는 불완전하나, 장애물 통과 여부를 판단 할 수 있는 X, Y 축의 정보는 신뢰성을 가진다.

ABSTRACT

Run 3D reconstruction using a single camera, based on the information, we are advancing research on driving assistance apparatus or can be informed how to pass the obstacle existing ahead the driver. As a result depth information falls but it is possible to provide information that can pass through an obstacle on the straight. For 3D reconstruction by measuring the internal parameters, it calculates the Fundamental matrix and matching to find the feature points obtained by executing the triangulation on the basis of this. When the through experiments try to confirm the results, the depth information is present error information in the X and Y axes which can determine whether or not to pass through an obstacle has reliability.

키워드 : 3차원 복원, 단일카메라 복원, 블랙박스, 이미지 삼각측량

Key word : 3D reconstruction, Single camera reconstruction, BlackBox, Image Triangulation

Received 12 August 2015, Revised 07 September 2015, Accepted 21 September 2015

* **Corresponding Author** Oh-Young Kwon(E-mail oykwon@koreatech.ac.kr, Tel:+82-41-560-1461)

School of Computer Science and Engineering, University of Technology and Education, Cheon-an 330-708, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.12.2943>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

현대사회에서 자동차가 급격하게 증가함에 따라 그에 따른 파생상품 또한 개인의 기호에 맞게 많은 디바이스 장비가 개발되고 있다. 그 중 블랙박스는 필수품이라 할 정도로 많은 사람들이 구매하여 차량에 부착하고 있으며 H/W 성능은 지속적으로 발전되어 나가고 있다. 이에 따라 블랙박스의 기본 기능 이외에도 다른 부가적인 기능을 추가하여 활용하는 방안들이 소개되고 있다.

영상 인식에 의한 3차원 복원(3D reconstruction) 기술이 소개된 이후 최근에는 3차원 복원 기술을 차량 주변의 3차원 정보를 획득하는데 적용하려는 노력이 계속되고 있다[1]. 기존의 3차원 복원 시스템은 복수의 카메라를 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 차량의 진행 방향에 대한 공간 정보를 획득하기 위해 복수의 카메라를 사용하여 3차원 복원 시스템을 구현하는 것은 경제성 및 효율성 면에서 경쟁력이 떨어지는 문제점이 있으며, 이러한 비경제성 및 비효율성은 3차원 복원 기술을 실제 차량에 적용하여 제품화하는데 있어서 커다란 걸림돌이 된다.

본 논문은 블랙박스에 장착된 단일한 카메라를 이용, 카메라 내부 변수가 동일하도록 하여 지속적인 캘리브레이션 작업 없이 한 대의 카메라로부터 얻은 두 장의 영상을 이용하여 3차원 복원을 수행, 차량의 진행 경로에 관한 정보를 제공한다. 본 논문의 2장에서 수행 과정을 설명하고, 3장에서 실험 결과를 기술하고, 4장에서 결론을 기술한다.

II. 3차원 복원 과정

2.1. 수행과정

3차원 복원 과정은 그림 1과 같이 이미지를 가져와 영상의 특징점을 찾아 이를 토대로 매칭 과정을 거치고 기본행렬을 계산하여 삼각측량을 수행하는 과정으로 이루어진다. 본 연구에서 수행한 단일 카메라를 이용한 방법도 이와 같은 과정으로 진행되나 빠른 연산을 위해 카메라로부터 얻은 시간적으로 차이가 있는 이미지 2장을 이용하며 블랙박스에 주로 사용되는 어안렌즈를 복원하는 과정과 불필요한 데이터를 삭제하는 과정이 추가된다.

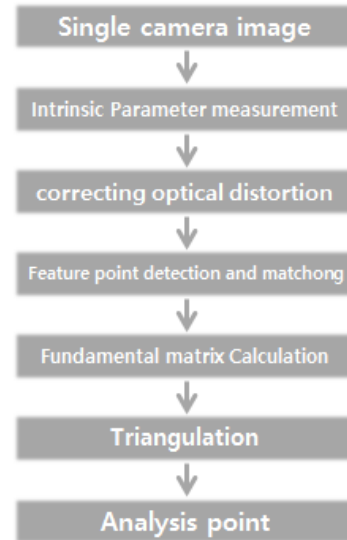


Fig. 1 3D Reconstruction Process Using a Single Camera

2.2. 카메라 내부 파라미터 측정

카메라로부터 얻은 2차원 영상과 3차원 정보간에 동일한 위치를 구하기 위해서는 사용된 렌즈, 렌즈와 영상 센서와의 거리, 렌즈와 영상 센서가 이루는 각 등의 카메라 내부적인 요인을 제거해야만 정확한 계산이 가능하다. 카메라 내부 파라미터[2]는 측정하는 여러 방법이 있지만 본 연구에서는 'gml c++ camera calibration toolbox' 툴을 이용하여 내부 파라미터를 측정하였다[3]. 이 툴은 여러 각도에서 촬영된 패턴을 이용하여 카메라 내부 파라미터를 측정한다. 내부 파라미터 측정에 앞서 차량용 카메라의 경우 일반적으로 높은 시야각을 위해 어안(fisheye) 렌즈를 사용하기 때문에 차량용 카메라에 획득되는 영상 정보가 왜곡되어 들어오기 때문에 이러한 왜곡된 정보를 보정해주는 과정이 필요하다. 왜곡보정 과정은 카메라 내부 파라미터에 의해 보정된 픽셀을 왜곡영상의 대응되는 픽셀로 채워 넣는 것이다[4].

2.3. 특징점 추출

영상의 특징점은 다양한 방법들이 소개된다. 그 중 본 연구에서는 SIFT[5] 특징점을 사용하였는데 이는 모든 이미지 프레임에서 추출의 수가 많고 일정하여, 3차원 공간 복원 시 유리하기 때문이다. SIFT는 영상에서 코너점 등, 식별이 용이한 특징점 들을 선택한 후에 각 특징점을 중심으로 한 로컬 패치(local patch)에 대해 아

래 그림과 같은 특징 벡터를 추출한 것을 말한다. SIFT는 이미지 회전, 스케일링, 이동, 부분 조명 변화 및 투영 변환에 불변인 특성을 지니고 있다. 그림 2는 SIFT를 이용하여 이미지에서 특징점을 추출하여 크기와 함께 표현한 것이다.

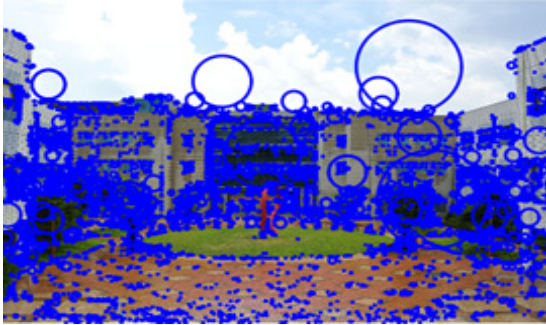


Fig. 2 SIFT point detection from the image

2.4. 기본 행렬

SIFT descriptor를 이용하여 두 이미지간의 매칭 쌍을 찾을 수 있고, 매칭 되는 점의 위치 값을 통해 기본 행렬(Fundamental Matrix)[6]을 구할 수 있다. 이는 카메라 파라미터를 포함한 두 이미지 실제 픽셀 좌표 사이의 기하학적 관계를 표현한다. 매칭 후 연산속도 증가를 위해 RANSAC[7]을 통해 불필요한 데이터를 걸러낸다. 그림 3은 두 이미지 사이의 매칭점을 선으로 연결하여 나타낸 것이다.

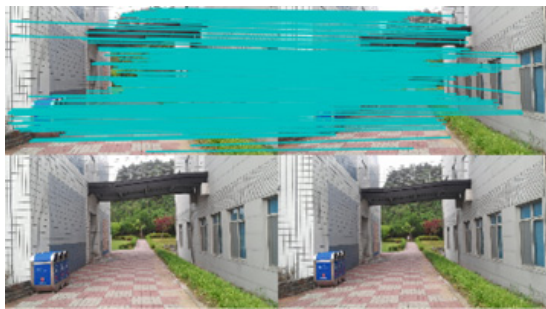


Fig. 3 Matching point detection

2.5. Triangulation

Triangulation[8,9]은 식 1에 의해 두 영상 평면 사이의 기하학적 관계가 주어지고(즉, E 또는 F가 주어지고) 두 영상 평면상의 매칭쌍 p, p'이 주어지면 이로부터 원

래의 3차원 공간좌표 P를 결정할 수 있다는 것을 말한다.

$$\begin{bmatrix} P_1 - x_1 & 0 \\ P_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = 0 \quad (1)$$

표 1은 Trinangulation 과정을 코드로 나타냈는데 이는 Camera matrix P1,P2와 매칭되는 점 x1, x2를 SVD로 계산하여 3차원 Point X를 구할 수 있다.

Table. 1 Triangulation Code

```
def triangulate(x1,x2,P1,P2):

    M1= zeros((6,6))
    M1[:3,:4] = P1
    M1[3:,:4] = P2
    M1[:3,4] = -x1
    M1[3:,5] = -x2

    U,S,V = linalg.svd(M1)
    X = V[-1,:4]

    return X / X[3]
```

III. 실험 결과

3.1. 실험배경

임베디드 환경에서 실험을 위해 주변에서 흔하게 접할 수 있는 Quad-core ARM Cortex-A7를 사용한 Raspberry 2 Model B를 사용하였다. 이 보드의 스펙은 표 2에 명시되어있다.

Table. 2 Raspberry 2 Model B Board spec

Item	Detail
Chip	Broadcom BCM2836 SoC
Core	Quad-core ARM Cortex-A7
CPU Speed	900MHz
GPU	Dual core VideoCore5
Memory	1GB LPDDR2
Size	85 x 56 x 17 mm

본 연구는 차량의 진행방향에 장애물 발생 시 차량의 크기와 3차원 복원을 통해 얻어진 결과를 비교하여 차

량의 통과 가능 여부를 판단한다. 이를 위해 시중에 판매되는 블랙박스과 동일한 1080p 화질의 카메라 모듈 통해 장애물 진입전 차량의 속도를 10km/h 로 가정하여 초당 이동거리인 3m 단위로 카메라를 직선으로 이동하여 2장의 이미지를 얻어 실험하였다. 카메라 촬영은 낮 시간대에 수행하고, 자동초점은 카메라 내부파라미터를 변하게 하므로 일정하게 하기 위해 수동초점으로 촬영하였다.

3.2. 실제 거리와의 비교

차량의 장애물 통과 가능 여부를 판단하기 위해 장애물사이의 폭을 3차원 복원을 통해 측정하여 실제거리와 비교하였다. 이때 장애물이 차량 진행방향에 일직선으로 존재하는 경우(case1)와 대각선으로 존재하는 경우(case2)를 나누어 복원을 수행하였다.

Table. 3 Error Factor through comparison of the actual distance







case1	Error factor(%)
	1.94
	2.02
	3.21
	1.04
	2.34
	2.11
	2.43
	1.22
	3.22
	2.13
	2.59
	1.22
case2	Error factor
	5.33
	10.43
	7.34
	8.32
	9.89
	9.67
	5.75
	8.86
	5.34
	12.32
	23.34
	33.21

표 3에 따르면 실험 결과 Case1에 비해 Case2에서 오차율이 더 크게 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 오차율

의 편차 또한 Case2에서 크다.

3.3. Depth 변화에 따른 오차율

위 실험의 오차율의 원인을 Z(depth)값으로 보고 이를 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 파란색, 검정색 두 개의 막대를 나란하게 세운 뒤 검정 막대를 일정 길이만큼 depth를 변경하여 두 기둥 사이의 거리의 오차가 어떻게 변하여 가는지 측정해 보았다. 이전 분석과 마찬가지로 카메라는 직선으로 이동하였고, 2장의 이미지를 통해 3차원 복원을 실행한다.

Table. 4 Error factor due to the change in depth

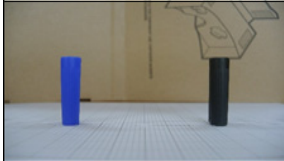
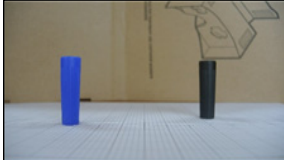


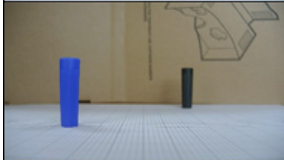
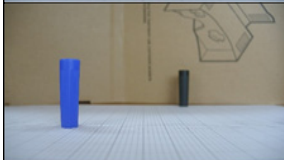
	real (cm)	test (cm)	error factor (%)
	6.00	6.11 6.15 6.22 5.99 average 6.11	1.96
	6.32	5.75 5.93 5.63 6.44 average 5.94	6.05
	7.21	8.65 8.88 7.43 7.24 average 8.05	11.65
	8.49	9.89 10.21 9.21 9.44 average 9.69	14.10
	10	9.43 10.56 8.22 7.54 average 8.94	10.62
	11.67	14.63 15.32 11.22 13.43 average 13.65	16.96

표 4에 따르면 나란히 서있을 경우 즉 Z좌표의 차이가 없는 경우 작은 오차로 가로 길이를 복원할 수 있다. Z 값의 차이가 증가하면 비례적으로는 아니지만 실제 거리와의 오차가 증가하며, 값들의 편차도 늘어났다.

3.4. X,Y,Z 좌표 평균 오차율

X축, Y축, Z 축의 오차 정도를 알아보기 위해 8장소에서 촬영한 이미지를 3차원 복원을 수행하여 실제거리와의 평균 오차율을 구하였다.

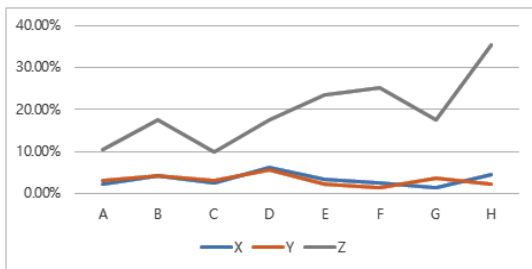


Fig. 4 X,Y,Z Average error factor

X, Y의 좌표는 실제거리와 유사한 결과를 얻었고, Z 좌표는 실제거리와 차이가 큰 값들이 존재하였다. 이를 통해 Z 값에 의해 이전의 결과들이 오차가 발생하였다는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 3차원 복원 시스템의 경제성 및 효율성을 높이기 위해 단일 카메라를 이용, 카메라 내부 변수가 동일하도록 하여 지속적인 캘리브레이션 작업 없이 한 대의 카메라로부터 얻은 두 장의 영상을 이용하여 3차원 복원을 수행, 차량의 진행 경로에 관한 정보를

제공하는 방법을 제안하여 실제 임베디드 보드에서 사용할 수 있도록 포팅 하여 실험하였다.

논문에서 제시한 방법을 통해 구현한 결과 X, Y 축 오차범위는 상대적으로 적어 직선으로 이동하는 차량의 크기와의 비교를 통해 장애물 통과 여부의 정보를 제공해 줄 수 있다.

REFERENCES

- [1] HARTLEY, Richard; ZISSERMAN, Andrew. Multiple view geometry in computer vision. *Cambridge university press*, 2003.
- [2] ZHANG, Zhengyou. A flexible new technique for camera calibration. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 22.11: pp.1330-1334, 2000.
- [3] <http://graphics.cs.msu.ru/en/node/909>.
- [4] Bräuer-Burchardt, Christian, and Klaus Voss. "A new algorithm to correct fish-eye-and strong wide-angle-lens-distortion from single images." *Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference on*. Vol. 1. IEEE, 2001.
- [5] LOWE, David G. Object recognition from local scale-invariant features. *In: Computer vision, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on. Ieee*, pp.1150-1157, 1999.
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Fundamental_matrix
- [7] Torr, P. and Murray, D. "The development and comparison of robust methods for estimating the fundamental matrix." *International Journal of Computer Vision*, 24(3), pp.271-300, 1997.
- [8] HARTLEY, Richard I.; STURM, Peter. *Triangulation. Computer vision and image understanding*, 68.2: pp.146-157, 1997.
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Essential_matrix



권오영(Oh-Young Kwon)

연세대학교 컴퓨터공학과 공학박사
 ※관심분야: 고성능 컴퓨팅, 임베디드 시스템, 시스템 소프트웨어



서경택(Kyoung-Taek Seo)

한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 석사과정
※관심분야 : 임베디드 시스템, 병렬처리