

실내·외 조도에 따른 스테레오 CCTV 영상 정합점 수 변화 Changes in the Number of Matching Points in CCTV's Stereo Images by Indoor/Outdoor Illuminance

문광일* · 편무욱** · 김종화*** · 김강산****

Moon, Kwang il · Pyeon, Mu Wook · Kim, Jong Hwa · Kim, Kang San

요 旨

도시기반시설에 첨단 정보통신기술을 융합하여 언제 어디서나 자유롭게 서비스를 제공하고자 하는 U-City (Ubiquitous City)의 공간정보기술은 다양한 형태로 서비스 되고 있다. 그 중에서도 U-City에서 가장 많이 설치되어 있는 CCTV(Closed Circuit TV)의 스테레오 영상을 가지고 특징점(Key Point)을 선정하여 정합(Matching)하고 3차원 공간정보를 구축하는 연구가 진행되고 있다. 하지만 대부분 정합점을 추출하는데 사용된 데이터는 조도와 같은 외부 환경영향을 고려하지 않고 있다. 본 논문은 동일한 하드웨어에서 조도의 변화에 의해 영상의 질이 좌우되는 CCTV를 가지고 3차원 공간정보를 구축하는데 필요한 정합점이 조도에 따라 얼마나 변화 하는지 실험을 하였다. 조도에 따른 정합점 수의 분석 결과, 카메라의 조리개, 셔터속도, 감도를 고정하였을 때 3,000Lux까지 정합점 수가 조도에 비례하여 높아 졌으며, 물체와 배경의 경계가 뚜렷해졌다. 반대로 빛이 과도하게 들어 왔을 경우 화면이 밝 이지며, 노이즈가 발생하고 사물과 사물의 경계가 없어져 특징점을 선정하기가 힘들었다. 본 논문에서 얻어진 결과를 이용하여 촬영할 경우 향상된 정합점을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 스테레오 영상, 조도, 정합, SIFT

Abstract

The Ubiquitous City (U-City) spatial information technology aimed to provide services freely anytime and anywhere by converging high-tech information & communication technology in urban infrastructure has been available in diverse patterns. In particular, there have been studies on the development of 3D spatial information after selecting and matching key points with stereo images from the many Closed Circuit TV (CCTV) in the U-City. However, the data mostly used in extracting matching points haven't considered external environmental impacts such as illuminance. This study tested how much the matching points needed to construct 3D spatial information with the CCTV whose image quality is dependent upon changes in illuminance fluctuate under the same hardware performances. According to analysis on the number of matching points by illuminance, the number of matching points increased up to 3,000Lux in proportion to the illuminance when IRIS, shutter speed and ISO were fixed. In addition, a border between an object and background became more distinctive. When there was too much light, however, the page became brighter, and noise occurred. Furthermore, it was difficult to name key points because of the collapse of an inter-object border. It appears that if filmed with the study results, the number of matching points would increase.

Keywords : Stereo Image, Illuminance, Matching, SIFT

Received: 2015.03.10, accepted: 2015.03.20

* 정희원 · 건국대학교 토목공학과 석사과정(Member, Dept. of Civil Engineering, Konkuk University, rhkddl114@konkuk.ac.kr)

** 교신저자 · 정희원 · 건국대학교 토목공학과 교수(Corresponding Author, Member, Dept. of Civil Engineering, Konkuk University, neptune@konkuk.ac.kr)

*** 정희원 · 건국대학교 신기술융합학과 석박사통합과정(Member, Dept. of Advanced Technology Fusion, Konkuk University, fff307@konkuk.ac.kr)

**** 정희원 · 건국대학교 토목공학과 석사과정(Member, Dept. of Civil Engineering, Konkuk University, mfcg123@konkuk.ac.kr)

1. 서 론

IT와 광학기술의 발전으로 실시간에 가까운 3차원 공간정보 데이터 구축에 관련된 RDM (Realtime Digital Map) 연구가 진행 중이며, 더 나아가 다차원 공간정보와 속성정보, 특히, SNS (Social Networking Service)와 빅데이터(Big Data) 정보가 연계되는 연구가 진행중에 있다.(Cho, Y., et al., 2013). 현재 가장 많은 연구가 진행 중이고, 서비스가 진행 중인 3차원 공간정보를 구축하는 방법에는 직접적으로 3차원 좌표를 취득하는 라이더(Lidar)를 이용하는 방법과 위성항법장치(Global Positioning System : GPS)와 토탈스테이션(Totalstation)을 이용한 방법, 스테레오 사진을 이용하는 방법, 단일 센서 또는 다양한 센서를 통해 취득된 다수의 사진을 이용하는 방법 등이 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2014).

본 논문은 다양한 3차원 공간정보 데이터 구축 방법 중, 스테레오 CCTV를 이용한 방법을 고려하여 진행되었다. 우리 주변에 흔히 볼 수 있는 장비인 CCTV는 획득된 영상을 통신망을 통하여 전달받아 영상을 저장하고, 공간정보 서비스와 연동하여 범죄사건 목표물 단일 검색에 활용하고 있다(Lee, G., 2014). 하지만 CCTV 영상의 결과물은 2차원이기 때문에 실제 위치정보를 구성하기 위해서는 현장 방문과 측정이 이루어져야 하는 문제가 상존한다. 따라서, 3차원 공간정보를 구성하고 객체 추적이 가능한 스테레오 CCTV 영상 활용이 연구되고 있다(Scharstein, D. and Szeliski, R., 2002; Lee, S.H. and Sharma, S., 2011; Kim, I. and Shin, H., 2011; Song, J., 2012). 이러한 CCTV 영상은 건물이나 계절별 식생 등에 의한 차폐와 기상별로 전혀 다른 특성의 영상을 획득하게 되므로 최대감시영역 확보를 위한 CCTV의 최적배치가 중요하고(Jang, I., 2015), 감시 장비배치 요소에는 기상 및 조도환경에 따른 영상 획득 성능이 포함되어, 이에 대한 현실적인 고려가 있어야 한다. 그러나 조도, 강우 강설 등 외부환경 영향을 받은 CCTV 영상에 대한 보정 방법 연구는 있으나, 획득영상의 판독력 저하 등에 대한 직접적인 정량 평가에 대한 연구는 찾아보기 힘들고, 3차원 공간정보 제작을 목적으로 하는 경우는 매우 드문 실정이다.

본 논문에서는 CCTV 카메라의 조리개, 셔터 속도, 감도를 고정한 상태에서 조도의 변화마다 획득한 영상을 가지고 정합점을 추출 하였다. 정합점을 추출하기 위한 방법으로는 SIFT 알고리즘과, 오정합 제거 방법인 RANSAC 알고리즘을 사용하였고, 영상의 정합점 수가 조도에 따라 어떻게 변화는지 분석하였다.

2. CCTV 획득 영상에 대한 환경적 영향 요인

많은 연구에서 언급되고 연구되어진 시정(Visibility)이란 중간에 정상적인 시력을 갖고 있는 사람이 육안으로 하늘을 배경으로 검정색 목표물의 경계를 식별할 수 있는 최대거리를 의미한다(Kim, B., et al., 2011). 시정의 한계는 어느 한 가지 요인에 의해 이루어지는 것이 아니라 여러 요인들 간의 물리적인 복합현상이며 개인의 감지와 해석능력, 광원의 특성 및 투과율에 좌우되는 주관적인 것으로서 결국 관측자의 시력과 물체와 주변공간의 대조(Contrast)에 의해 제한받게 된다(Jung, E., et al., 2012). CCTV의 경우 카메라의 하드웨어적 성능을 고정하는 경우, 촬영 당시의 기상조건 등 주변 환경 요인에 의해 영상의 질이 저하되어, 표적 탐지 및 추적, 인식등의 알고리즘이 제 성능을 발휘하지 못할 수 있다. 대표적인 환경영향 요인으로 조도, 미세먼지, 바람, 안개, 온도 그리고 강우, 강설을 들 수 있다. 하드웨어적인 보정을 제외하고는 획득된 영상자체의 영상정보의 노이즈를 피할 수 없으므로, 최대한 원 영상을 이용할 수 있도록 그 한계성을 인지하고 있는 것이 유리하다(Moon, K., et al., 2014).

환경영향중 조도는 입사하는 광속을 단위 면적당 확산한 값으로서 이 빛의 단위를 룩스(Lux)라고 한다. 그리고 조도는 CCTV가 영상을 촬영할 때 CCD센서로 들어오는 빛의 세기에 따라 결과 영상의 에지(Edge) 강도와 명암대비가 달라지게 되므로 조도를 고려하여야 하고, 명암대비가 높으면 프레임간의 밝기 차가 커지므로 물체와 배경의 경계가 뚜렷해진다. 영상대비가 낮으면 잡음(Noise)은 적게 나타나지만 밝기 차이가 없어져 사물의 경계선 구분이 어려워진다. 일반적으로 조도의 밝기값은 보통 야외 쾌청한 날 10,000 Lux 이상, 실내 사무실 1,000 Lux 그리고 보름달 밤이 0.3 Lux 정도라고 한다(Ham, J., 2012).

3. 적용 알고리즘

3.1 SIFT (Scale Invariant Feature Transform)
영상 이미지의 특징점을 선정하고 정합하는 알고리즘으로 SIFT, ASIFT(Affine SIFT), SERP(SURF Enhancer for Repeated Pattern), OSID(Ordinal Spatial Intensity Distribution), ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF), BREIF(Binary Robust Independent Elementary Features), DAISY(A Fast Local Descriptor for Dense Matching)의 알고리즘이 있다(Cho, Y., 2013). SIFT 알고리즘은 대표적으로 사용하

는 알고리즘으로 Affine 변환이 주로 발생하는 영상들 간의 정합을 위해 국소적인 특징을 정의하여 영상크기, 조명, 평행이동, 회전, 은폐 등의 조건에서 신뢰도 있는 인식이 가능하고(Joo, S. and Lee, C., 2014), 주변의 밝기 변화의 방향 및 밝기 변화의 급격한 정도를 표현하는 특징(Feature)을 추출하는 알고리즘이다(Lowe, D., 2014). 또한, 특징점을 찾기 위해 영상에 다양한 스케일의 가우시안 함수를 적용하고 다양한 사이즈와 스케일에 대해 DoG(Difference of Gaussian) 영상을 찾기 때문에 스케일 불변(Scale Invariant) 특성을 가질 수 있게 된다(Jeon, M., et al., 2010). 그리고 다수의 영상을 가지고 픽셀(pixel)과 픽셀이 동일하게 인접한 주변의 명도를 비교하여 특징점으로 결정한다(Yun, J., et al., 2008).

3.2 RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS)

SIFT 알고리즘과 같은 정합 알고리즘들은 3차원 구조를 가진 물체가 3차원 회전 후 이미지에 투영될 때 국소 특징점이 변형되거나, 반복되는 패턴이 발생하는 부분에서 특징점이 추출될 경우 잘못된 정합을 생성할 수 있다(Kim, J. and Jun, H., 2014). 이 문제를 해결하기 위해 노이즈가 심한 원본 데이터로부터 적절한 모델

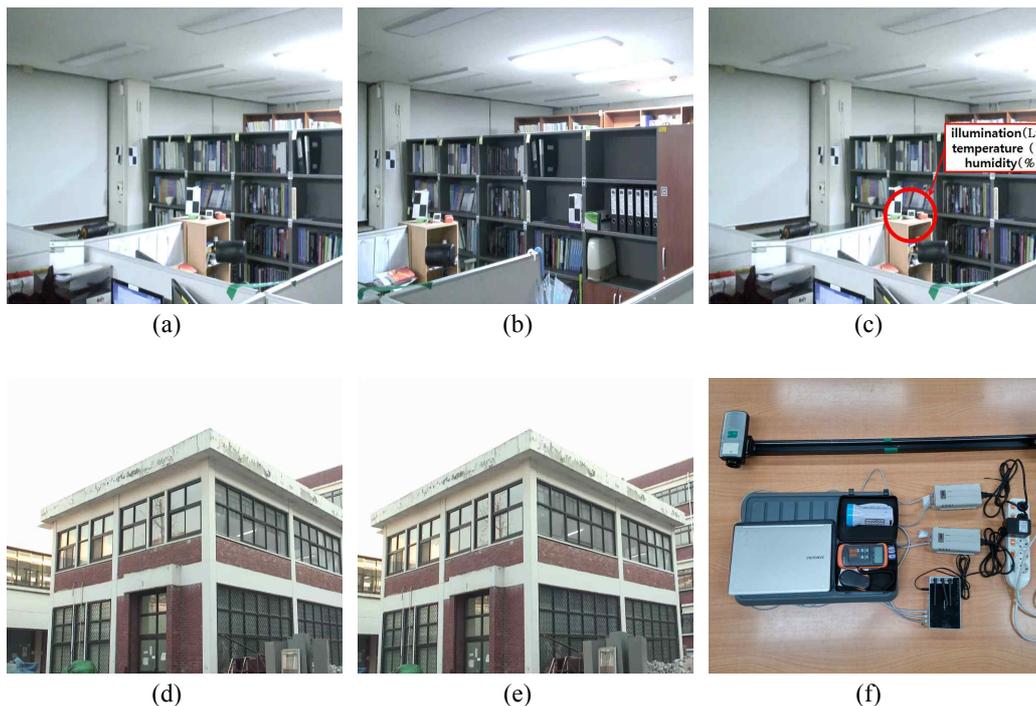
파라미터를 예측하여 오정합을 제거해주는 RANSAC 알고리즘 사용하였다.

RANSAC 알고리즘은 주어진 원본 데이터들 중에서 일부를 임의로 선택한 후 최적의 파라미터를 예측하는 과정을 반복하고 계산함으로써 최적의 파라미터를 찾는다. RANSAC 알고리즘은 주어진 관측데이터에 많은 이상치(Outlier)가 존재 하더라도 매우 정확히 모델 파라미터를 예측할 수 있는 능력이 강한 알고리즘이다 (Jeon, M., et al., 2010).

4. 실험

4.1 실험 지역 및 장비

본 연구의 실험지역은 서울시 광진구에 위치한 건국대학교 공과대학 주변과 건물 내부를 대상으로 선정 하였다. 실험지역 선정조건으로 건물 내부는 빛을 차단할 수 있고, 조도와 온도 습도를 조절할 수 있는 밀폐된 방을 선정하였고, 건물 주변은 (1) 매칭 결과를 판단할 수 있는 촬영거리 확보가 가능하고 (2) 조도 조건 외에 외부 환경영향을 최소화 할 수 있는 곳 (3) 실험장비 설치시 CCTV 카메라의 전력공급과 함께 안정적으로 실험을 할 수 있는 곳을 고려하였다. Fig. 1은 CCTV 카



(a) Indoor left image (b) Indoor right image (c) Illumination reference points
(d) Outdoor left image (e) Outdoor right image (f) Data collecting device

Figure 1. Stereo images in test area

Table 1. Stereo CCTV camera and illuminance meter specification

AXIS network camera		SANPO illuminance meter	
Category	Description	Category	Description
Model	AXIS Q1755-E	Model	LX1330B
Outdoor-ready		Show	3 1/2 digits 18mm LCD
Max video resolution	1920×1080 (1280×720)	Measuring range	01.~200,000Lux 0.01~20,000FC
Min illumination(color)	2 Lux	Measurement error	≤20Klux,±(3%rdg+10digit) >20Klux,±(5%rdg+10digit)
Megapixel/HDTV	2 MP/ 720p	Unit	Lux/FC
Optical zoom	10x	Accuracy	±2%
Two-way audio		Resolution, resolving power	0.1Lux
Alarm in/out	2/2	Sampling period	0.5sec
Gatekeeper		Temperature characteristic	±0.1%/°C
Power over ethernet	*	Product size	160L×80W×40H(mm)
* -40°C with high PoE, -30°C with PoE 802.3af		Sensor	One silicon photo diode with filter

메라가 보는 시야각과 실험에 사용된 실험 장비를 나타내고 있다. 실험에 사용된 장비로는 AXIS Q1755-E 스테레오 CCTV 네트워크 카메라, SANPO 디지털 LX1330B 조도계, ST-1 온·습도계를 사용하였다. CCTV 카메라와 디지털 조도계의 성능은 Table 1에 정리되어 있다.

4.2 실험 방법

다양한 조도 조건에 의해 스테레오 영상의 정합점 수의 변화를 실험하였다. 실험 지역은 위에서 언급한 조건에 맞게 지역을 선정하였다. 실험 전 준비는 촬영을 실시 할 때마다 스테레오 영상 확보를 위해 동일한 촬영 기하조건(Sensor Geometric Condition)을 유지해야 하므로 해상도(1280X720)를 조정된 CCTV 카메라의 동일 모델 2대를 주문제작한 슬라이더(Slider)에 1.1m 간격을 두고 평행식 카메라 배열로 고정 시켰다. 평행식 카메라 배열은 우리가 맨 눈으로 무한대 거리에 있는 피사체를 바라볼 때의 각도와 같이 카메라 2대를 평행하도록 설치한 것을 말한다. 또한, 2대의 카메라를 수직방향으로 평행하게 만드는게 중요한데, 이유는 카메라 설치시 카메라의 수직방향이 틀어질 경우 CCTV 카메라가 투영되는 상의 위치가 어긋나므로 에피폴라 기하구조를 수평하게 만들어야 하기 때문이다. 반대로 수직방향이 정면으로 평행할 경우 CCTV 카메라가 투영되는 상의 위치가 좌·우 방향으로만 어긋나기 때문에 조정을 할 필요가 없다(Oh, J., et al., 2012).

조도와 온도, 습도 측정의 경우 CCTV 카메라 2대 사이의 중앙과 CCTV 촬영 화면에 중첩되어 보이는 임

의의 1곳을 선정하여 측정하고, 미세먼지(PM₁₀), 풍속은 확보가 용이하고 관측 자료의 신뢰성이 확보되어 있는 기상청(자료를 참고한 AWS 관측소는 서울시 광진구에 위치해 있고, 실험 지역과의 거리는 약 1.2km 이다.) 자료를 이용하였다.

위에서 언급한 내용들은 실험에 사용된 알고리즘과 실험방법에 대해서 보여주었다. 이것을 간단히 Fig. 2와 같이 실험 흐름도로 표현하였다

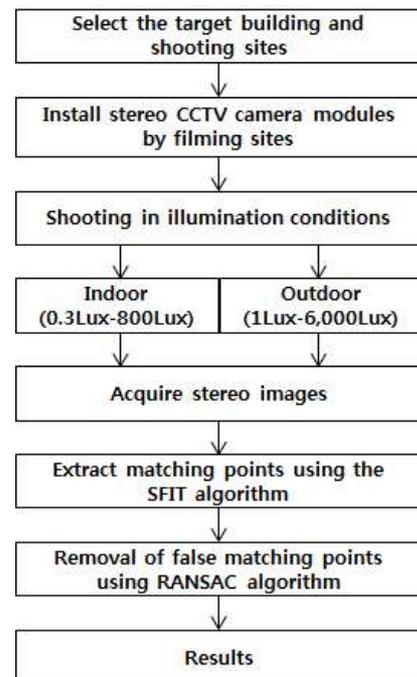


Figure 2. Experiment flowchart

5. 결과 분석

5.1 건물 내부 실험 결과

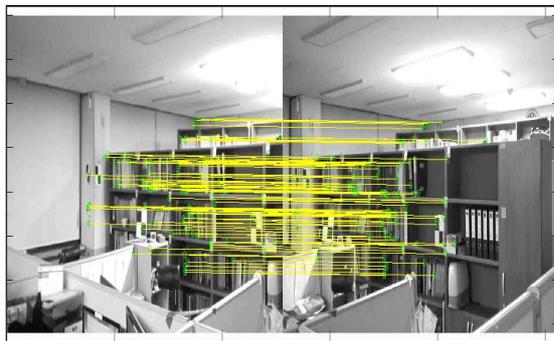
건물 내부 실험은 총 29회 촬영으로 외부로부터 들어오는 빛을 차단할 수 있는 밀폐된 공간에서 촬영을 하였다. 촬영 당시 환경으로는 온도 23℃, 습도 50%로 적절한 온도와 습도를 가졌고, 조도는 물체를 판단할 수 있는 0.3Lux부터 800Lux까지 랜턴과 형광등을 조절해가며 촬영을 하였다. Fig. 3(a)는 스테레오 CCTV 좌·우 영상 데이터를 가지고 SIFT 알고리즘으로 특징점을 선정하여 정합한 결과 화면과 Fig. 3(b)는 RANSAC 알고리즘을 사용하여 오정합을 제거 후 정합한 결과 화면이다.

Fig. 3(a)를 보면 눈으로 확인할 수 있을 정도의 오정합이 보였고, RANSAC 알고리즘을 사용한 Fig. 3(b)에서 오정합이 제거된 것을 확인할 수 있다.

Fig. 4는 RANSAC 알고리즘을 사용한 결과물로 조도에 따라 정합점 수 변화를 나타낸 그래프이다. 그래프를 보면 조도가 0.3Lux부터 800Lux까지 평균적으로 Lux값이 높아질수록 정합점 수도 같이 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 그런데 Fig. 4를 보면 조도 14Lux



(a)



(b)

(a) SIFT algorithm (b) Removal of false matching points using RANSAC algorithm

Figure 3. Matching results by SIFT algorithm

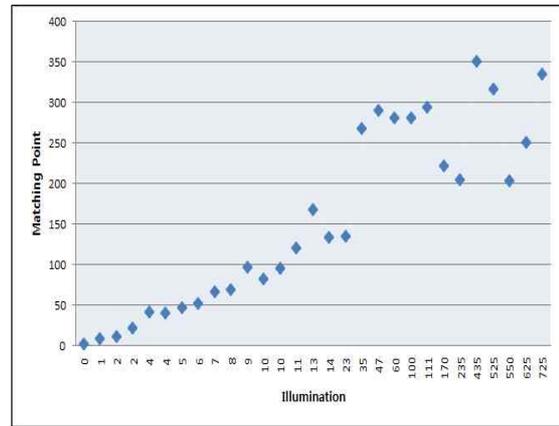


Figure 4. Changes in the number of matching points by indoor illuminance

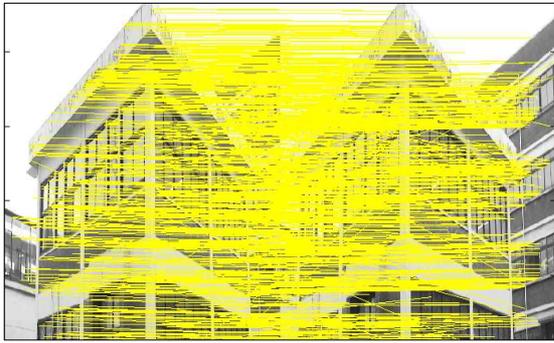
까지는 일정하게 정합점 수가 높아졌지만, 15Lux 이상부터는 정합점 수가 불규칙하게 높아지는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 실험 과정에서 14Lux까지는 랜턴을 사용하고, 15Lux부터는 형광등을 사용했기 때문이다. 랜턴을 사용할 경우 CCTV 화상에서 보여주는 모든 픽셀들이 랜턴의 밝기 값에 따라 비례하여 상승하였고, 형광등을 사용할 경우 형광등의 주변 위치만 픽셀의 밝기 값이 높아 불규칙하게 정합점수도 높아진 것으로 추정 된다.

5.2 건물 외부 실험 결과

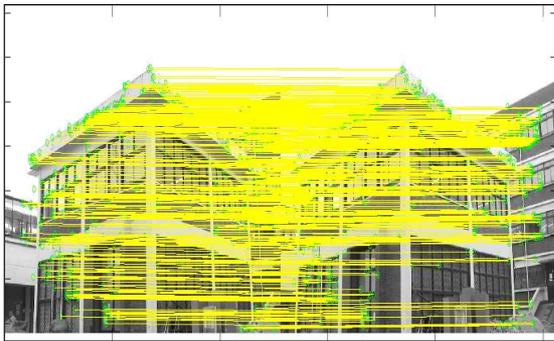
건물 외부 실험으로는 총 148회 촬영으로 오후 3시부터 오후 8시까지 촬영을 실시하였다. 촬영 당시 환경으로는 온도가 4.6-7℃, 습도가 35-37% 이었으며, 카메라 성능을 F-stop 3.4 셔터속도 1/1500s Gain 0으로 고정하여 조도 1-6,000Lux 사이로 촬영을 하였다. Fig. 5(a)는 스테레오 CCTV 좌·우 영상 데이터를 가지고 특징점을 선정하여 정합한 결과 화면과 Fig. 5(b)는 RANSAC 알고리즘을 사용하여 오정합을 제거 후 특징점을 정합한 결과 화면이다.

Fig. 6은 RANSAC 알고리즘을 사용한 결과물로 실외에서 촬영한 조도에 따른 정합점 수의 변화를 그래프로 나타냈다. 그래프를 보면 실험 최저 조도 1Lux부터 3,000Lux까지 Lux값이 높아질수록 정합점 수도 비례하여 상승하였고, 3,000Lux부터 6,000Lux까지 정합점 수가 440-600점으로 평균 520점으로 정합 되었다.

정합점이 제일 높게 나온 조도는 5,000Lux에서 600점 이상으로 가장 높은 정합점 수가 나왔다. SIFT 알고리즘을 이용하여 정합점을 추출할때마다 정합점 수에 변동이 있지만 통상적으로 3,000Lux에서 6,000Lux까지 400-600점 사이의 정합점 수가 나왔다.



(a)



(b)

(a) SIFT algorithm (b) Removal of false matching points using RANSAC algorithm

Figure 5. Matching results by SIFT algorithm

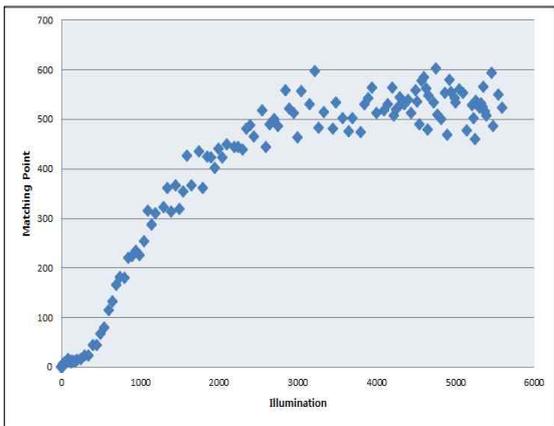


Figure 6. Changes in the number of matching points by outdoor illuminance

6. 결 론

본 논문에서 조도 변화에 따라 영상의 질이 좌우되는 것을 알아보기 위해 스테레오 CCTV를 가지고 실험을 하였다. 판단 기준으로는 스테레오 CCTV 영상의 정합점 수의 변화를 가지고 확인하였고, 정합점을 추출하는

알고리즘으로 SIFT 알고리즘과 RANSAC 알고리즘을 이용하였다.

스테레오 CCTV를 이용하여, 조도에 따른 정합점 수의 변화를 분석한 결과, CCD센서가 받아 드리는 조도가 높아질수록 정합점도 비례하여 오르는걸 확인할 수 있었다. 정합점 수는 카메라 성능을 F-stop 3.4, 셔터속도 1/1500s, Gain 0으로 고정하였을 경우 1Lux부터 3,000Lux까지 조도가 높아질수록 영상의 밝기 값이 크게 분포하여 높은 명암 대비를 가졌고, 정합점 수도 증가하였다. 하지만 조도 3,000Lux부터 6,000Lux까지는 조도가 높아지면서 노이즈도 같이 상승하였기 때문에 명암대비는 높았지만 노이즈로 인해서 정합점 수는 더 이상 높아지지 않고 440-600점으로 유지 되었다.

실험 결과는 다량의 계측 결과가 아니므로 CCTV 카메라의 기종별 성능을 확정 지을 수는 없으나 실험장비를 기반으로 조도에 따라 영상의 질이 좌우되는 것을 보정하여 영상의 질을 떨어트리지 않는 결과를 제공할 수 있는 것으로 기대된다. 또한, 별도의 설비를 필요로 하지 않아 거의 비용이 들지 않을 뿐만 아니라 전국 어디에서든 설치된 CCTV에 바로 적용할 수 있다는 측면에서 매우 유용하다.

향후, 연구로는 본 연구를 이어서 조도뿐만 아니라 외부 환경영향(강우, 강설, 안개, 황사)등에 의한 정합점 수 변화량 분석과, 정합점 수가 떨어지는 낮은 명암 대비를 가진 영상을 히스토그램 재분배 과정을 통해 높은 명암 대비영상을 만들어 정합점 수를 높이는 실험을 할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토공간정보 연구사업의 연구비지원(14CHUD-C061156-04)에 의해 수행되었습니다. & 이 논문은 국토교통부의 U-City 인력양성사업으로 지원되었습니다.

References

1. Cho, Y., Pyeon, M. and Kim, D., 2013, Comparison of image matching algorithms in the spatial information system, 2013 Conference of The Korea Society for GeoSpatial Information System, pp. 139-142.
2. Ham, J., 2012, CCTV system installation standard method, Korea Information and Communication Contractors Association, Korea, Seoul, p. 42.

3. Jang, I., 2015, A study on the stereo CCTV optimization allocation for 3D mapping, Masters thesis, Konkuk University, p. 55.
4. Jeon, M., Eo, Y., Han, D., Kang, N. and Pyeon, M., 2010, Experiment for 3D coregistration between scanned point clouds of building using intensity and distance images, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 1, pp. 39–45.
5. Joo, S. and Lee, C., 2014, 3D Object recognition using appearance model space of feature point, *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Korea Information Processing Society, Vol. 3, No. 2, pp. 93–100.
6. Jung, E., Beak, S., Park, S. and Jang, H., 2012, Optical properties correction of a heterogeneous stereoscopic camera, *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 49, No. 11, pp. 74–85.
7. Kim, B., Jang, I. and Lee, K., 2011, Real-time road-visibility measurement using CCTV camera, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 29, No. 4, pp. 125–138.
8. Kim, I. and Shin, H., 2011, 3D GIS system using the CCTV camera, *Information & Communications Magazine*, The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 6, No. 4, pp. 559–565.
9. Kim, J. and Jun, H., 2014, Filtering feature mismatches using multiple descriptors, *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 19, No. 1, pp. 23–30.
10. Kim, S., Jung, j., Lee, J., Heo, J., Hong, S. and Cho, H., 2014, Update of digital map by using the terrestrial LiDAR data and modified RANSAC, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 22, No. 4, pp. 3–11.
11. Korea Meteorological Administration, <http://www.kma.go.kr/>
12. Lee, G., 2014, The two faces of intelligent CCTV, MBC, http://imnews.imbc.com/replay/2014/nwdesk/article/3402496_13490.html.
13. Lee, S.H. and Sharma, S., 2011, A real-time stereo matching using GPU programming, *Workshop on Image Processing and Image Understanding*, Jeju.
14. Lowe, D. 2004, Distinctive image features from scale-invariant keypoints, *International Journal of Computer Vision*, Vol. 60(2), pp. 91–110.
15. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2014, 2014 Spatial information policy implementation plan, 11-1613000-000224-10, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea.
16. Moon, K., Pyeon, M., Lee, S. and Lee, D., 2014, Setting of the operating conditions of stereo CCTV cameras by weather condition, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 32, No. 6, pp. 591–597.
17. Oh, J., Lee, Sang., Lee, Boo. and Park, J., 2012, Distance measurement of small moving object using infrared stereo camera, *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 49, No. 3, pp. 53–61.
18. Scharstein, D. and Szeliski, R., 2002, A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms, *International journal of computer vision*, Vol. 47(1–3), pp. 7–42.
19. Song, J., 2012, Cloud computing-based system for 3D GIS case study, *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, the Korean Institute of Information Scientists, Vol. 30, No. 5, pp. 29–34.
20. Yun, J.Y., Kim, E.T. and Jeon, S.W., 2008, Object recognition using SIFT algorithm, *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol. 39, pp. 1841–1842.