

# 중첩 방식을 이용한 시계열 영상의 스테레오 정합 실험

## Time Series Image Stereo Matching Experiment Using the Overlap Method

김강산\* · 편무욱\*\* · 김종화\*\*\* · 문광일\*\*\*\*

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

### 요 旨

본 논문에서는 CCTV 영상으로 조밀한 3차원 복원을 하기 위하여 스테레오 정합 과정으로 얻어지는 정합점을 증가시키기 위한 실험을 진행하였다. 실험에서는 시간의 경과에 따라 연속적으로 촬영된 스테레오 CCTV 영상에서 시계열별로 단영상을 추출한 뒤, SIFT 정합 알고리즘과 RANSAC 알고리즘을 적용하여 얻어진 정합점을 순차적으로 중첩하였으며, 결과적으로 정합점의 중첩과정이 반복될수록 정합점 수가 계속해서 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 시계열 영상, 스테레오 정합, CCTV, SIFT, 정합점 증가

### Abstract

In this study, experimented how to increase corresponding points which are obtained through stereo matching for dense 3D reconstruction. After extracting a snapshot image from the images acquired through stereo CCTVs, the matching points obtained using the SIFT matching and RANSAC procedure were gradually overlapped. In conclusion, it was confirmed that as images are overlapped, the number of matching points continues to grow.

Keywords : Time Series Image, Stereo Matching, CCTV, SIFT, Increasing the Matching Point

### 1. 서 론

오늘날 우리는 컴퓨터 기술의 발전과 함께 대용량의 데이터를 가시화, 저장, 처리하는 작업이 가능해지면서 종이지도나 수치지도와 같은 2차원 데이터로 구축된 지도의 틀에서 벗어나 3차원 데이터로 구축된 지도 서비스를 이용할 수 있게 되었다. 특히 2차원 형태로 지도상에 표현될 때는 누락되거나 왜곡되던 다양한 지형 지물들이 3차원 형태로 지도상에 표현되면서 보다 실사에 가깝게 공간정보를 나타내어 사용자는 해당 장소에 직접가지 않아도 인터넷지도, 스마트폰의 지도 애플리케이션 등의 서비스를 통해 지도를 실제 장소에 방문한 것과 같이 볼 수 있게 되었다(Kim and Lee, 2008; Cho et al., 2013).

게다가 최근에는 CCTV(closed circuit television), 블랙박스(black box), 항공영상(aerial image) 및 라이다(LiDAR)와 같은 다양한 데이터의 취득이 가능해지면서 3차원 데이터 구축에 대한 연구가 활발해지고 있다(Kim and Lee, 2008; Kim et al., 2011).

그 중에서 CCTV는 어린이 보호, 방범, 재난재해 모니터링 등 도시의 안전 인프라 강화의 목적으로 이미 도시 곳곳에 설치되면서 그 수가 계속해서 늘어나고 있으며, 동영상으로 정보가 구축되기 때문에 3차원 데이터 구축에 사용할 데이터를 지속적으로 취득하기에 매우 용이하다.

또한, CCTV는 일정 범위 내의 대상으로부터 시계열 영상을 얻기에 적합하기 때문에 본 실험에서는 두 대의 CCTV로 스테레오 CCTV를 구성하여 영상을 취득하

Received: 2015.03.10, revised: 2015.03.19, accepted: 2015.03.24

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

\*\* 교신저자 · 정회원 · 건국대학교 토목공학과 교수(Corresponding author, Member, Department of Civil Engineering, Konkuk University, neptune@konkuk.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 건국대학교 신기술융합학과 석박사통합과정(Member, Department of Civil Engineering, Konkuk University, fff307@konkuk.ac.kr)

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

였으며, 취득된 스테레오 CCTV 영상에서 시계열별로 단영상을 추출한 뒤, 스테레오 영상들로부터 3차원 복원(3D reconstruction)에 필요한 정합점을 추출 및 영상 내부의 3차원 정보를 계산하기 위하여 스테레오 정합 과정을 거쳤다(Lee et al., 2004; Byun et al., 2008; Paik et al., 2010).

한편, 더욱 조밀한 3차원 복원을 위해서는 보다 많은 정합점이 요구된다(Seo et al., 2005). 따라서 본 실험에서는 주어진 스테레오 영상으로부터 보다 많은 정합점을 추출하기 위하여 제안된 중첩 방식(overlap method)을 이용한 실험을 진행하였다(Lhuillie and Quan, 2000; Jang et al., 2013).

## 2. 실험 준비

본 실험에 사용된 스테레오 영상은 스테레오 CCTV (AXIS Q1755-E network camera)를 사용하여 건국대학교 기숙사 (레이크홀)의 일부를 촬영한 것이다. 2015년 3월 2일 9시부터 19시까지 촬영 위치, 촬영 각도, 해상도와 같은 모든 조건을 동일하게 촬영하여 해상도 1280×720의 스테레오 영상을 취득하였다. 또한 Fig. 2와 같이 취득한 스테레오 영상으로부터 스테레오 정합을 하기 위하여 1시간 단위로 한 쌍씩, 총 11쌍의 단영상을 추출하여 실험에 사용하였다. 한편, 제안된 실험은 Fig. 3과 같은 순서로 진행되었다.



Figure 1. Stereo image or data acquisition systems (AXIS Q1755-E network camera)



Figure 2. Testbed and data acquisition image

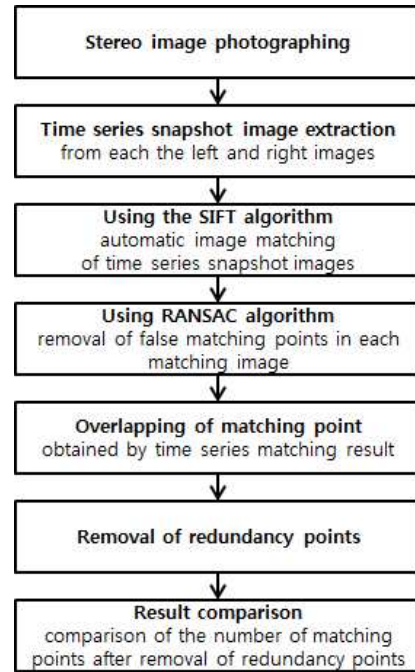


Figure 3. Overall structure of proposed experiments

## 3. 스테레오 영상 정합

### 3.1 자동 영상 정합 알고리즘

최근에 취득되는 영상 데이터는 대용량 및 다양화로 인해 기존의 수작업을 통한 3차원 공간정보 구축은 한계가 있다(Jang et al., 2013). 본 실험에서 사용된 영상과 같은 큰 해상도의 영상을 수작업으로 많은 특징점(key point)들을 추적하고 정합시키는 일은 시간이 많이 걸리고 오차가 생길 확률이 크기 때문이다(Kim et al., 2002). 따라서, 3차원 공간정보의 신속한 구축을 위해서는 자동적인 영상 정합 기술이 필요하다(Kim and Pyeon, 2014).

자동 영상 정합 알고리즘은 대표적으로 SIFT(scale invariant feature transform)와 SURF(speeded up robust feature) 알고리즘을 사용한다(Cho et al., 2013).

SIFT 알고리즘의 경우 영상크기, 조명, 평행이동, 회전, 은폐 등의 조건에서 특징점을 정확하게 정합하지만 계산량이 많아 수행속도가 느린 단점이 있다(Cho et al., 2013; Kim et al., 2011).

SURF 알고리즘은 여러 개의 영상으로부터 스케일, 조명, 시점 등을 고려하여 환경 변화에 불변하는 특징점을 찾는 알고리즘이다. SIFT 알고리즘과 비슷한 성능을 가지고 있으며, 계산 속도는 SIFT 알고리즘보다 조금 더 빠르게 향상시킨 알고리즘이다. 하지만 SURF 알고리즘은 흑백 공간상의 정보만 이용함에 따라 컬러

공간상에 주어진 많은 유용한 특징을 활용하지 못하며, SIFT 보다 특징점 정합의 정확도가 다소 떨어지는 단점이 있다(Youm et al., 2013; Bay et al., 2008).

3.2 SIFT를 이용한 스테레오 정합

본 실험에서는 주어진 스테레오 영상으로부터 보다 많은 정합점을 얻어내는 것이 목적이기 때문에 정합점을 추출하기 위한 자동영상정합 알고리즘으로 SIFT 알고리즘을 사용하였다.

SIFT 알고리즘은 크게 3단계로 나뉘는데 scale 공간 형성, DoG(different of gaussian) 계산, 특징점 추출 및 Descriptor 생성으로 구성된다(Se et al., 2005). 이는 Fig. 4와 같이 표현할 수 있다.

Fig. 5는 시계열별로 얻어진 11쌍의 영상을 각각 SIFT 알고리즘으로 정합한 과정이다. Table 1은 그 결과를 수치로 나타낸 것으로, 시계열별로 스테레오 왼쪽 및 오른쪽 영상에서 추출한 특징점 개수와 정합점의 개수를 나타내었다. 11시에 촬영된 영상 쌍에서 922개로

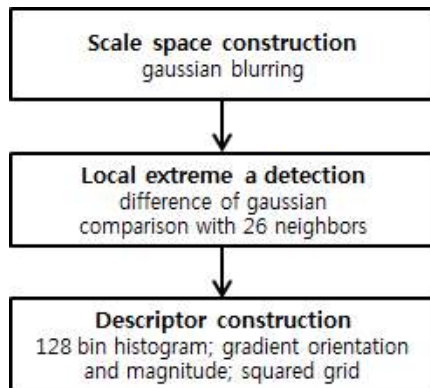


Figure 4. Schematic representation of SIFT algorithm (Cho, 2014)

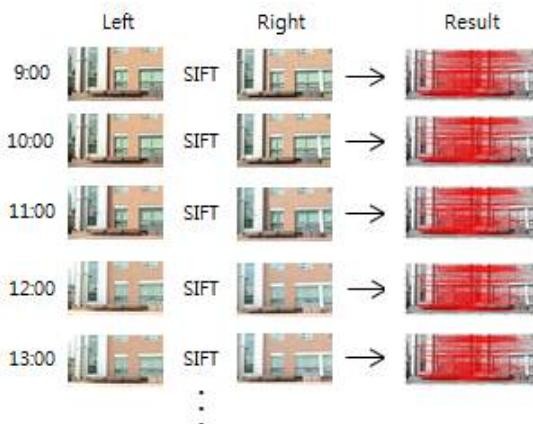


Figure 5. Application method of SIFT

Table 1. Results of application of SIFT algorithm to each pair of images extracted from time series

Image photographing time	Key point		Corresponding point
	Left	Right	
09:00	8418	9538	897
10:00	8394	9567	872
11:00	7857	7838	922
12:00	9805	10097	812
13:00	9160	9754	737
14:00	8864	9547	670
15:00	9950	11228	738
16:00	8909	10331	611
17:00	8482	9290	687
18:00	6853	7628	668
19:00	9065	11337	715

가장 많은 정합점이 추출되었으며, 16시에 촬영된 영상 쌍에서 추출된 정합점은 611개로 가장 적은 정합점이 추출되었다.

4. 오정합점 제거

4.1 RANSAC을 이용한 오정합점 제거

선행된 SIFT와 같은 자동 정합 알고리즘을 통해 추출된 정합점은 많은 오정합점을 포함하고 있다. 오정합점은 3차원 포인트 데이터의 정확도에 악영향을 미치기 때문에 제거가 필요하다(Kim and Pyeon, 2014). 이러한 오정합점을 제거하기 위하여 본 실험에서는 RANSAC 알고리즘을 사용하였다. RANSAC 알고리즘은 이상치(outlier)가 많은 데이터로부터 특정한 기준에 부합하는 정상치(inlier)를 찾는 알고리즘으로, 크게 샘플링을 통한 가설 설정 단계와 평가 단계로 구성된다(Choi et al., 2009; Jeong et al., 2009). 이는 전체 데이터 중에서 모델 파라미터 계산에 필요한 최소한의 데이터를 랜덤하게 샘플링하면서 최적의 해를 찾을 때까지 이를 반복한다(Lee et al., 2006).

Table 2는 SIFT를 이용하여 추출한 정합점에 포함되어 있는 오정합점을 RANSAC 알고리즘을 적용하여 제거한 결과이다. RANSAC 알고리즘을 적용한 뒤 모든 영상에서 오정합점이 제거되어 전체적으로 정합점의 수가 줄어든 것을 볼 수 있다.

Table 2. Results of application of RANSAC algorithm

Image Photographing time	Removal of false matching points	
	Before	After
09:00	897	520
10:00	872	457
11:00	922	475
12:00	812	422
13:00	737	353
14:00	670	285
15:00	738	355
16:00	611	275
17:00	687	336
18:00	668	329
19:00	715	343

5. 정합점 중첩 및 중복점 제거

각 영상에서 SIFT 알고리즘과 RANSAC 알고리즘을 통해 추출된 각 시계열별 영상의 정합점은 본 실험의 목적에 따라 Fig. 6과 같은 방법으로 중첩되었다. 이는 순차적으로 중첩에 사용하는 영상을 늘려가며 모든 영상을 다 중첩할 때까지 반복수행 하였다.

이렇게 정합점이 중첩된 영상에서는 각 영상별로 추출된 정합점들이 동일한 위치에 중복(redundancy)되어 존재하는 문제가 발생할 수 있다. 만약 이를 제거하지 않고 3차원 재구성을 하면 같은 점에 여러 개의 점들이 뭉쳐져 있는 것처럼 보여 시각적으로 좋지 않은 결과물을 얻게 된다. 따라서 중복점의 경우에는 일정 기준에 의해 하나만 정합된 것으로 보고 나머지는 모두 제거되어야 한다(Jang et al., 2013). 본 실험에서는 중복된 정합점들의 거리가 좌, 우 영상 모두 1화소 이내일 경우

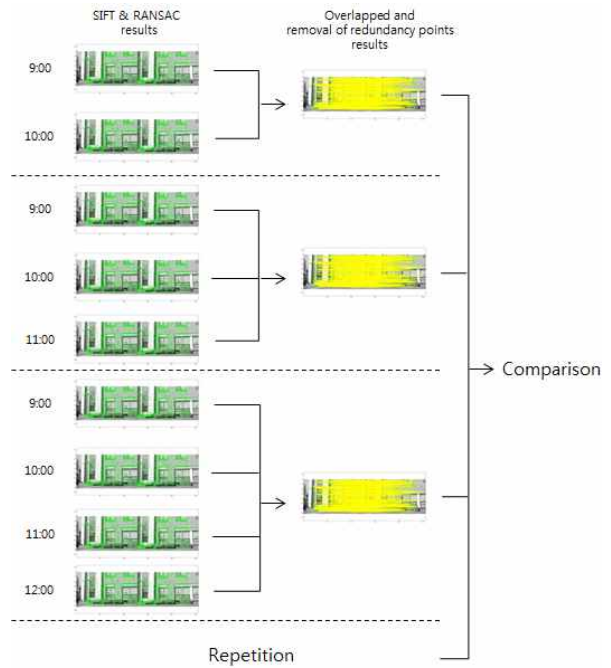


Figure 6. Application method of overlapping and removal of redundancy points

중복점으로 판단하여 제거하였다.

Table 3은 SIFT 알고리즘과 RANSAC 알고리즘으로 추출한 각 시계열별 영상의 정합점을 촬영시간에 따라 순차적으로 중첩하고, 중복 된 정합점을 제거한 결과를 나타낸 것이다.

또한 Fig. 7은 가장 마지막으로 수행되어 입력된 11쌍의 모든 정합점을 중첩하고 중복 된 정합점을 제거한 결과를 영상과 그래프로 나타낸 것으로, 정합점을 표시하고 각 정합점이 서로 연결된 것을 보여준다. 이는 3053개의 가장 많은 정합점을 보유하고 있으며, 한 쌍

Table 3. Results of gradual overlapping of matching points by time series

Overlapped image	No. of total overlapped matching points	No. of matching points after removal of redundancy points	No. of matching points increased	No. of redundancy points removed
09:00	520	520	0	0
09:00 ~ 10:00	977	697	177	280
09:00 ~ 11:00	1452	1076	379	376
09:00 ~ 12:00	1874	1368	292	506
09:00 ~ 13:00	2227	1603	235	624
09:00 ~ 14:00	2512	1795	192	717
09:00 ~ 15:00	2867	2081	286	786
09:00 ~ 16:00	3142	2287	206	855
09:00 ~ 17:00	3478	2612	325	866
09:00 ~ 18:00	3807	2805	193	1002
09:00 ~ 19:00	4150	3053	248	1097



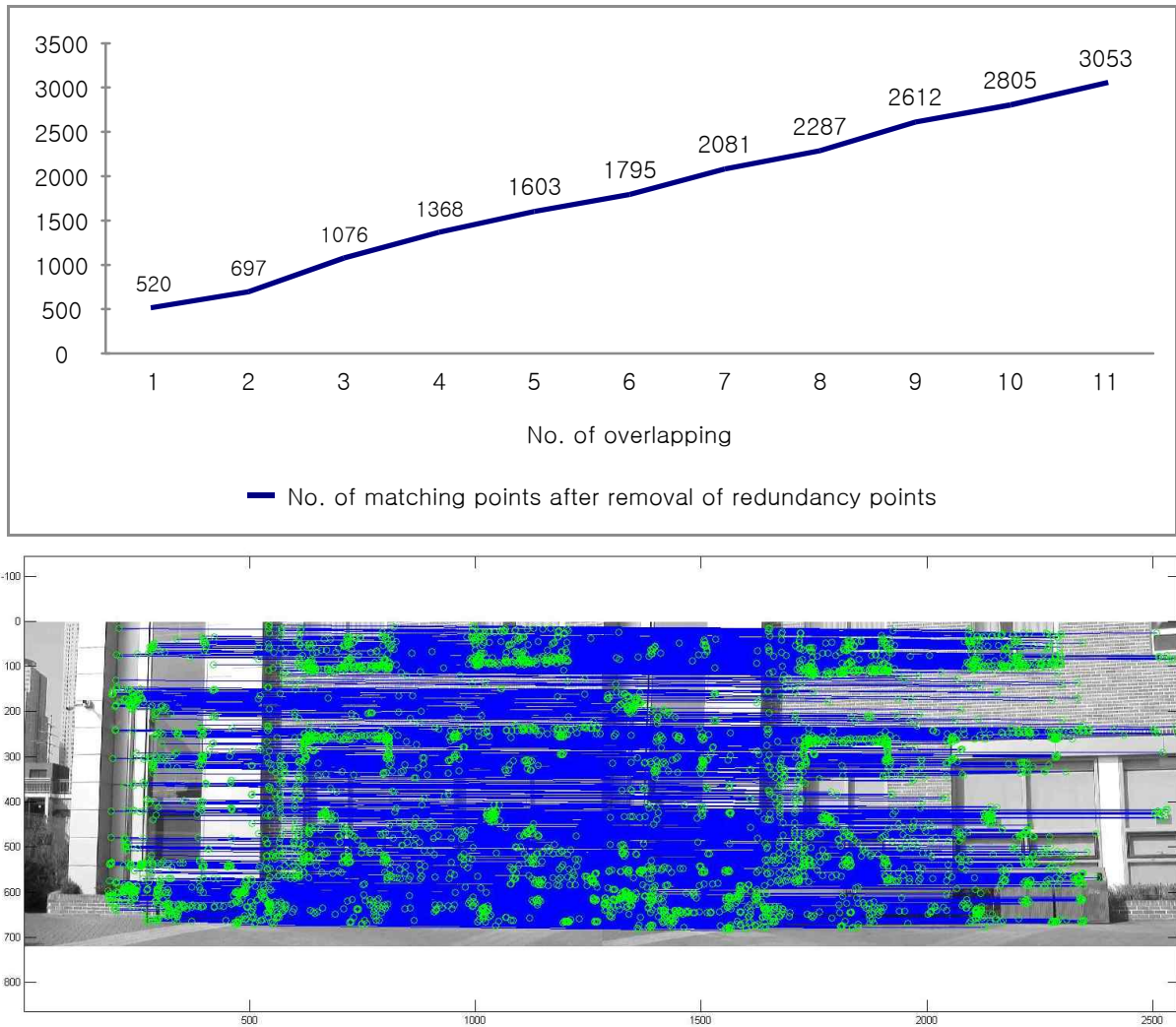


Figure 7. Results of overlapping matching points and removal of redundancy points in all pairs of images extracted from time series

의 영상을 이용하여 스테레오 정합을 했을 때 보다 약 6~8배 증가된 정합점이 추출되었다.

### 6. 결 론

본 실험에서는 스테레오 CCTV로 취득한 시계열 영상으로부터 얻어진 정합점을 중첩 방식을 이용하여 증가시키는 방법을 제안하였다.

먼저, 스테레오 영상에서 정합점을 추출하기 위해 SIFT 알고리즘을 이용하여 특징점과 정합점을 추출하였다. 이 과정에서 일조량이 계속해서 증가하는 오전 중에 촬영된 영상들로부터 비교적 많은 정합점이 추출되었으며, 이로 말미암아 시계열별로 변화하는 일조량의 차이가 정합점 추출에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

다음으로 SIFT 정합 과정에서 발생한 오정합점을 RANSAC 알고리즘을 이용하여 제거한 뒤 시계열에 따른 순차적인 정합점 중첩 과정과 중복점 제거 과정을 거쳤다. 결과적으로, Fig. 7의 그래프에서 나타내는 바와 같이 중첩과정이 반복될수록 유효한 정합점의 수가 계속해서 증가하는 것을 확인하였다. 최종 정합 과정에서는 한 쌍의 영상에서 추출된 정합점의 수 보다 약 6~8배 증가된 3053개의 정합점이 추출된 것을 확인하였다.

이와 같이 영상으로부터 보다 더 많은 정합점을 효과적으로 추출할 수 있는 연구가 계속된다면 더욱 조밀한 3차원 복원과 높은 정확도의 3D 입체 모델의 구현에 좋은 영향을 미칠 것으로 보인다.

## 감사의 글

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

## References

1. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Gool, L.V., 2008, Speeded-up robust features, computer vision and image understanding, Vol. 110, No. 3, pp. 346-359.
2. Byun, K. W., Im, J. U., Kim, D. D., Nam, K. G., 2008, The 3D shape reconstruction system based on active stereo matching, Proceedings of the of The Institute of Electronics And Information Engineers, pp. 1003-1004.
3. Cho, Y. W., Pyeon, M. W., Kim, D. S., 2013, Comparison of image matching algorithms in the spatial information system, Proceedings of the Korean Society for Geospatial Information System, pp. 139-142.
4. Cho, Y. W., 2014, A study on the matching point generation of color image for hyper live mapping, Master's Thesis, Konkuk University, pp. 3-27.
5. Choi, S. L., Kim, T. M., Yu, W. P., 2009, Performance evaluation of RANSAC family
6. Jang, I. W., Pyeon, M. W., Kim, D. S., Cho, Y. W., 2013, Analysis of the image matching point increase trends using the overlap method, Proceedings of The Korean Society For Geospatial Information System, pp. 131-134.
7. Jeong, S. S., Han, S. H., Park, H. K., Heo, J., Cho, H. S., Kim, S. M., 2009, Segmentation of tettrstrial LiDAR point cloud data using RANSAC algorithm, 35th Annual Conference of Korean Society Of Civil Engineers, pp. 1567-1570.
8. Kim, J. H., Pyeon, M. W., 2014, An experiment of eliminating mismatching points on stereo images for RDM, Proceedings of the Korean Society For Geospatial Information System, pp. 147-148.
9. Kim, S. J., Kim, K. H., Jun, H. S., 2002, 3D reconstruction from an image sequence, Proceedings of the Korea Multimedia Society Conference, pp. 487-490.
10. Kim, S. J., Lee, I. P., 2008, 3D road modeling using LIDAR data and a digital map, Korean Journal of Geomatics, Korean Society of Subveying Geodecy, Photogrammetry And Cartography, Vol. 26, No. 2, pp. 165-173.
11. Kim, Y. T., Park, J. Y., Park, K. T., Moon, Y. S., 2011, Improved feature matching method for stereo image, Proceedings of the Institute Of Electronics And Information Engineers, pp. 970-973.
12. Lee, J. M., Kim, D. H., Choi, J. S., 2004, A study on stereo matching algorithm using disparity space image, The Institute of Electronics Engineers of Korea - Signal Processing, The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 41, No. 6(WN.300), pp. 9-18.
13. Lee, J. J., Jang, H. J., Kim, G. Y., Choi, H. I., 2006, Robust parameter estimation using fuzzy RANSAC, Journal of KISS : Software and Applications, Korea Information Science Society, Vol. 33, No. 2, pp. 252-266.
14. Paik, Y. M., Choi, H. J., Seo, Y. H., Kim, D. W., 2010, Improve stereo matching by considering the characteristic points of the image and the cost function, The journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, The Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 14, No. 7, pp. 1667-1679.
15. Se, S., Lowe, D.G. and Little, J.J., 2005, Vision-based global localization and mapping for mobile robots, Robotics, IEEE Transactions on, Vol. 21, No. 3, pp. 364-375.
16. Seo, Y. H., Kim, S. H., Choi, J. S., 2005, Three-dimensional reconstruction using the dense correspondences from sequence images, The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 30, No. 8C, pp. 775-782.
17. Youm, M. K., Yoon, H. S., Whang, J. S., Lee, D. H., 2013, Development of the advanced SURF algorithm for efficient matching of stereo image, Journal of the Korean Society For Geospatial Information System, Vol. 21, No. 2, pp. 11-17.