

영상집성 자동화 시스템 개발을 위한 비측량용 카메라의 최적 촬영각 및 중복지 결정

Decision on the Optimal Photographing Angle and Overlapping Ratio of Non-metric Cameras for Development of Automatic Image Stitching System

김대성* · 신상철**

Kim, Dae Sung · Shin, Sang Chul

要 旨

본 연구는 비측량용 카메라와 전방위 회전이 가능한 헤드 장비를 이용하여 자동 영상집성을 수행하기 위한 최적의 촬영각 및 중복지를 결정하는데 초점을 맞추고 있다. 렌즈 종류별 화각, 헤드의 옵션별 이동각을 고려하여 중복지를 계산하고, 촬영 소요시간, 저장용량, 실제 영상집성 성능 등을 감안하여 최적의 촬영중복지와 촬영각을 결정하였다. 실험결과를 통해, 35mm 렌즈를 사용하여 수직방향으로 36°(33.82% 중복지), 수평방향으로 24° 또는 30°(36.51% 또는 20.63% 중복지) 간격으로 촬영하는 것이 자동 영상집성에 가장 효과적임을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 비측량용 카메라, 영상집성, 촬영 중복지, 실내 3차원 공간정보

Abstract

This study focuses on the determination of optimal photographing angle and overlapping ratio for automatic image stitching system using a non-metric camera module with motorized head. Photographing overlap was calculated considering the angle of view on different kinds of lenses and moving angle of motorized head per each option, and optimal photographing angle and overlapping ratio could be determined through the experimental result using the operating time, data volume and performance of image stitching. Through this experiment, we could find that it was effective to take a picture with 36° of interval(33.82% of overlap) in vertical direction and 24° or 30° of interval(36.51% or 20.63% of overlap) in horizontal direction using 35mm lens for automatic image stitching system.

Keywords : Non-metric Camera, Image Stitching, Photographing Overlap, Indoor Three-Dimensional Spatial Information

1. 서 론

공간정보는 구글어스(Google Earth), 마이크로소프트 빙맵(Microsoft Bing Maps)과 같이 위성영상 또는 항공사진을 기반으로 가상의 3차원 모델로 표현되거나, 구글 스트리트뷰, 다음 로드뷰, 네이버 거리뷰와 같이 사용자를 중심으로 한 전방위 영상(omni-directional image, panorama image)의 형태로 표현되고 있다. 국내에서도 공간정보 오픈플랫폼(Vworld)을 통해 가상의 국토를 3차원으로 구축/서비스하고 있으며, 다음 스토어뷰, 네이버 뮤지엄뷰와 같이 실내 공간정보를 표현하

는 서비스까지 등장하였다. 이러한 공간정보 서비스는 사용자에게 친숙하게 표현될 수 있는 형태로 발전하고 있으며, 향후 실생활에 더욱더 중요한 정보로 제공될 것이다.

공간정보를 서비스하기 위해서는 공간정보 구축이 선행되어야 한다. 국토지리정보원에서 고시하고 있는 ‘3차원국토공간정보구축작업규정 (2012. 12. 31. 개정)’을 살펴보면, 공간정보 구축을 위한 방법으로 수치지도, 항공레이저측량, 항공사진, 이동형 측량시스템, 디지털 카메라 등을 통해 자료를 취득하도록 정의하고 있으며, ‘실내 공간정보 및 위치검색 통합관리체계 기술기반 연

2013년 5월 3일 접수, 2013년 6월 17일 수정, 2013년 6월 21일 채택

* 정희원 · 새한항공 지오매틱스연구소 과장(Member, Saehan Aero Survey Co., Ltd., mutul94@snu.ac.kr)

** 교신저자 · 정희원 · 새한항공 지오매틱스연구소 소장(Corresponding author, Member, Saehan Aero Survey Co., Ltd., ifgshin@naver.com)

구' 보고서(2012)에서는 건축도면 또는 BIM(Building Information Modeling) 정보, SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), 증강 현실(augmented reality) 기법, 다층 2차원 도면, 실내 공간 저작도구 등을 이용하여 실내 3차원 공간정보를 구축하도록 권고하고 있다.

2012년 행정통계에 따르면, 전국 건축물(주거용과 비주거용 모두 포함)의 개수는 2011년 6,731,787동에서 2012년 6,796,239동으로 약 6만 5천동이 늘어난 것으로 보고되고 있다. 이는 실외 3차원 공간정보 중 건축물의 개수에 해당되는 것이며, 실제 3차원 공간정보 구축이 필요한 실내의 개수는 훨씬 더 많아지게 된다. 인간의 전체 생활 중 약 80% 이상이 실내에서 이루어진다는 점을 감안할 때(U.S. Environmental Protection Agency, 1989), 실내 3차원 데이터의 구축은 향후 중요한 주제가 될 것임은 자명한 사실이다.

전방위 영상은 실내 3차원 모델링이나 다음 스토어 뷰와 같은 실내 공간에 대한 공간영상정보 서비스에 효과적으로 활용될 수 있다(Oh and Lee., 2012). 전방위 영상을 생성하는 방법은 거울을 이용하여 하나의 카메라로 전방위 영상을 생성하는 단시점 방법과 다수의 프레임 카메라를 이용하여 동시에 촬영한 영상을 접합하여 생성하는 다시점 방법으로 나눌 수 있다(Huang *et al.*, 2006). 최근에는 시야각이 작은 하나의 카메라로 영상을 취득할 수 있는 회전식 라인 카메라를 이용하여 전방위 영상을 생성하는 방법이 사용되고 있다(Wei, 2002; Oh and Lee, 2011; Oh and Lee, 2012).

본 연구에서는 단일 지점에서 회전하는 카메라를 이용하여 다시점의 영상을 취득한 후, 영상을 집성(image stitching)하여 전방위 영상을 생성하는 방식을 사용하였다. 영상집성은 영상 전체를 이용하는 방법(area-based method)과 영상의 피처를 이용하는 방식(feature-based method)으로 나눌 수 있으며, 일반적으로 피처기반 방식을 사용한다(Antony and Surendran, 2013). 전방위 영상은 ① 단일 영상에서 특징점 추출(interest point detection), ② 인접영상 검색(recognizing panoramas), ③ 인접 영상간 정합(feature matching), ④ 오정합점 제거, ⑤ 색상 조정(image blending)의 단계를 거쳐 생성된다(Henke, 2012). 각 단계는 매우 복잡한 기법들이 적용되며, 일련의 과정은 기본적으로 자동화에 기반을 두어 처리된다. 영상집성과 관련한 기술적인 내용은 Szeliski(2006)의 튜토리얼(tutorial)을 참고할 수 있다.

본 연구는 비측량용 카메라와 전방위 회전이 가능한 헤드 장비를 이용하여 영상집성을 수행하기 위한 최적

의 촬영각 및 중복도를 결정하는 것이 목적이다. 이를 위해, 렌즈 종류별 화각, 헤드의 옵션별 이동각을 고려하여 중복도를 먼저 계산하고, 촬영 소요시간, 저장용량, 실제 영상집성 성능 등을 감안하여 최적의 렌즈조합, 사진 중복도, 그에 따른 촬영각을 결정하였다. 또한, 집성된 전방위 영상을 이용한 실내 3차원 데이터를 구축하는 과정에서 고려해야 할 사항이나 문제점들을 추가적으로 도출해 보았다.

2. 본 론

2.1 실내 3차원 공간정보 취득을 위한 비측량용 카메라 장비의 도입



Figure 1. Motorized Head



Figure 2. Non-metric Camera Module with Motorized Head

본 연구는 LOD 3(Level of Detail, 세밀도) 수준의 실내 3차원 공간정보를 휴대가 간편한 장비를 이용하여 쉽고, 빠르게 구축할 수 있는 카메라 장비 및 시스템을 구성하는 것이 목적이다. 이를 위하여 기존의 전문적인 측량용 카메라(metric camera)가 아닌 비측량용 카메라(non-metric camera)를 활용하여 연구를 진행하고자 하였다. 초기 구축장비로서, 전문가용 카메라 장비를 모듈화하여 3차원 실내 공간정보 구축 가능성을 확인하였으며, 향후에는 일반용 콤팩트 카메라와 휴대폰 카메라로 확대하여 적용할 예정이다.

선정된 카메라는 가격, 센서 크기, ISO(International Standards Organization) 등의 비교를 통해 EOS 5D Mark III 모델을 최종 선정하고, 모델에 호환될 수 있는 EF 14mm, 35mm, 50mm, 85mm 렌즈를 장착하여 실험에 사용하였다. 전방위 360° 자동회전 및 카메라 장착 가능한 헤드 장비를 도입하여 실내 3차원 공간정보 구축을 위한 초기 모델을 구성하였다. Fig. 1은 전방위 자동 회전이 가능한 Motorized Head이며, Fig. 2는 실내 3차원 공간정보 구축을 위해 실제 카메라와 삼각대를 연결한 모습이다.

2.2 렌즈 화각 및 헤드 옵션별 촬영을 통한 사진 중복도 계산

선정된 카메라와 4개의 렌즈를 이용하여 촬영된 영상은 영상집성에 필요한 입력 데이터가 되며, 많은 촬영이 이루어진다면 보다 고품질의 집성영상이 생성될 것이다. 하지만, 데이터 용량, 촬영 시간 등을 고려할 때 무한정 촬영 매수를 늘릴 수 없으며, 실제 영상집성을 수행할 경우 높은 중복도가 오히려 집성 성공률을 떨어트릴 수 있음을 확인하였다. 또한, 촬영에 사용된 렌즈는 화각이 각각 다르며, 전방위 360° 촬영 헤드 장비 또한 수직/수평 방향으로 옵션별 카운트(count)가 결정되어 있어 실제 촬영에는 제약이 따른다. 따라서, 각 렌즈별 화각과 헤드 옵션에 따른 사진 중복도를 계산함으로써, 영상집성을 위한 촬영 조합을 결정할 필요가 있었다.

Table 1은 렌즈별 화각을 정리한 것이다. 렌즈의 화각은 초점거리가 짧을수록 넓으므로, 동일 촬영의 경우 14mm 렌즈가 가장 넓은 지역을 촬영할 수 있으나, 사진의 왜곡이 가장 많이 발생하는 단점이 있다. 표 2와 3은 렌즈 화각과 헤드의 옵션별 카운트에 따른 중복도를 산정한 것이다. 헤드 장비의 옵션별 카운트는 수평

Table 1. View Angle of Each Lens

 EF 14mm H=104.3°, V=81.2°	 EF 35mm H=54.4°, V=37.8°
 EF 50mm H=39.6°, V=27°	 EF 85mm H=23.9°, V=16.1°

H : View Angle of Horizontal Direction
V : View Angle of Vertical Direction

방향으로 360° 범위를 3~18(이동각으로 환산시 120°~20°)의 간격으로 나누어 이동하며, 수직방향으로 상하 90° 범위를 1~19(0°~9.47°)의 간격으로 나누어 촬영하도록 설계되어 있다. 카메라는 수직방향으로 헤드에 장착되므로, 수평방향의 렌즈 화각(H)은 헤드의 수직방향 카운트와 연관되어 중복도가 계산된다.

중복도(P)는 사진면 전체와 중복면의 비율로 나타낼 수 있다. 여기서, 중복면(T)는 렌즈 화각의 1/2 부분이 각각 중첩되고, 이동각만큼의 차이가 발생하므로, 식 1과 같이 계산된다.

$$P = \frac{T}{\theta} \times 100 = \frac{\frac{\theta}{2} + \frac{\theta}{2} - \phi}{\theta} \times 100 \tag{1}$$

여기서, P는 중복도, T는 중복면, θ는 렌즈 화각, φ는 헤드의 옵션별 이동각

Fig. 3은 렌즈 화각과 헤드의 옵션별 이동각을 고려한 중복도 산정 방법을 간단하게 표현한 것이다. 예를 들어, 14mm 렌즈의 화각이 81.2° 이고, 수평방향의 카운트가 8일 경우 옵션별 이동각은 45° 가 되므로 Eq. (1)에 적용하면, 44.58%의 중복도가 계산된다(Eq. (2)).

$$P = \frac{81.2^\circ - 45^\circ}{81.2^\circ} \times 100 = 44.58\% \tag{2}$$

1) 현재 국내의 3차원 국토공간정보 구축과 관련한 실내 세밀도 기준은 제정 중에 있으며, 실의 3차원 건물데이터에 대한 LOD 3를 기준으로 한 제작기준은 연합블록형태의 가상 영상 또는 실사 영상 텍스처로 이루어진 공간정보임(3차원국토공간정보구축 작업규정 참고)

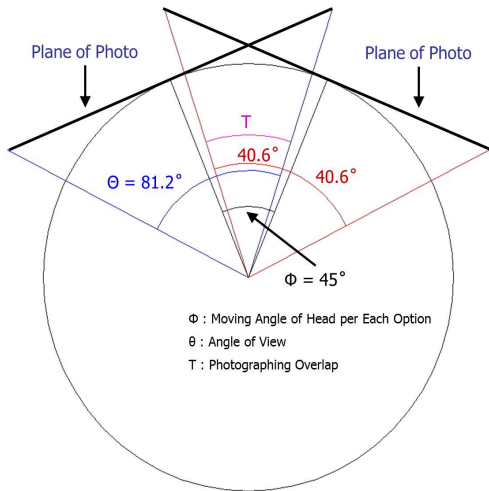


Figure 3. Example of Calculation Considering the Angle of View and Head Option

중복도 계산 결과 카운트가 많아질수록 중복도가 높아지며, 수평방향의 경우 선택할 수 있는 카운트가 많지 않아 영상 촬영 조합에 있어 제약이 따름을 확인할 수 있다. Table 2와 3에서 진하게 표시된 부분은 렌즈별 조합 가능한 수평 및 수직방향의 카운트를 선택한 것이다. 항공사진의 경우, 중중복은 60%, 횡중복은 30%를 기준으로 하고 있으므로, 조합 가능한 카운트는 20% 정도의 안전율을 고려하여 10%~80% 범위에 들어오는 조합들을 모두 선택하였다. 하지만, 선택된 모든 경우에 대해 조합을 수행할 경우 실험의 양이 많아지므로, 집성 결과의 방향성만 확인할 수 있는 조합으로 줄여서 실험을 수행하였다. 조합에 사용된 각 렌즈별 카운트는 아래와 같으며, 총 25가지(= 14mm 9가지 + 35mm 9가지 + 50mm 6가지 + 85mm 1가지)로 조합하여 실험을 수행하였다.

Table 2. Photographing Overlap with Moving Angle of Head per Each Option(Vertical Direction)

count	Moving Angle	14mm (%)	35mm (%)	50mm (%)	85mm (%)
1	0.00°	0.00	0.00	0.00	0.00
3	60.00°	42.47	0.00	0.00	0.00
5	36.00°	65.48	33.82	9.09	0.00
7	25.71°	75.35	52.73	35.06	0.00
9	20.00°	80.82	63.24	49.49	16.32
11	16.36°	84.31	69.92	58.68	31.53
13	13.85°	86.72	74.55	65.03	42.07
15	12.00°	88.49	77.94	69.70	49.79
17	10.59°	89.85	80.54	73.26	55.70
19	9.47°	90.92	82.59	76.08	60.36

Table 3. Photographing Overlap with Moving Angle of Head per Each Option(Horizontal Direction)

count	Moving Angle	14mm (%)	35mm (%)	50mm (%)	85mm (%)
3	120°	0.00	0.00	0.00	0.00
4	90°	0.00	0.00	0.00	0.00
6	60°	26.11	0.00	0.00	0.00
8	45°	44.58	0.00	0.00	0.00
10	36°	55.67	4.76	0.00	0.00
12	30°	63.05	20.63	0.00	0.00
15	24°	70.44	36.51	11.11	0.00
18	20°	75.37	47.09	25.93	0.00

- 14mm 렌즈: H-8, 12, 18 / V-3, 5, 7
- 35mm 렌즈: H-12, 15, 18 / V-5, 9, 13
- 50mm 렌즈: H-15, 18 / V-7, 11, 15)
- 85mm 렌즈: H-18 / V-19

2.3 실험 결과 및 분석

실험의 목적은 정해진 렌즈, 데이터 용량, 촬영 시간, 영상집성 결과 등을 고려한 최적의 렌즈 조합, 사진 중복도, 촬영각을 도출하는데 있다. 360° 촬영 헤드에 카메라를 장착하고, 옵션별 촬영을 수행하여 영상을 취득한 후, 영상집성 프로그램을 통해 결과를 확인하는 순서로 실험을 진행하였다.

Table 4, 5, 6은 각 렌즈별 수평/수직방향으로 조합된 촬영을 통해 도출된 결과를 정리한 것이다. 최적의 촬영 조합을 선정하기 위한 객관적인 기준을 마련하기는 어려웠지만, 다음과 같은 제약조건을 두어 조합의 수를 줄이도록 노력하였다. 단일 건물 내에 존재하는 다수의 실내 공간을 촬영해야하는 환경적인 요인을 고려하여 촬영시간이 10분을 넘지 않도록 하였다. 촬영된 데이터

Table 4. Experimental Result(14mm Lens)

V \ H		H			
		8	12	18	
3	Overlap	V	42.47%	42.47%	42.47%
	Ratio	H	44.58%	63.05%	75.37%
	Time		~3minutes	~3minutes	~4minutes
	No. Image		8	11	15
5	Storage		43.4MB	62.2MB	83.1MB
	Overlap	V	65.48%	65.48%	65.48%
	Ratio	H	44.58%	63.05%	75.37%
	Time		~5minutes	~5minutes	~7minutes
7	No. Image		26	38	53
	Storage		140MB	204MB	286MB
	Overlap	V	75.35%	75.35%	75.35%
	Ratio	H	44.58%	63.05%	75.37%
7	Time		~5minutes	~7minutes	~9minutes
	No. Image		38	56	82
	Storage		204MB	305MB	451MB

Table 5. Experimental Result(35mm Lens)

V \ H		H		
		12	15	18
5	Overlap V	33.82%	33.82%	33.82%
	Ratio H	20.63%	36.51%	7.09%
	Time	~5minutes	~6minutes	~7minutes
	No. Image	38	44	53
	Storage	197MB	232MB	273MB
9	Overlap V	63.24%	63.24%	63.24%
	Ratio H	20.63%	36.51%	47.09%
	Time	~10minutes	~11minutes	~12minutes
	No. Image	72	91	108
	Storage	373MB	468MB	551MB
13	Overlap V	75.55%	75.55%	75.55%
	Ratio H	20.63%	36.51%	47.09%
	Time	~14minutes	~16minutes	~18minutes
	No. Image	108	131	156
	Storage	551MB	663MB	774MB

Table 6. Experimental Result(50mm and 85mm Lens)

V \ H		H			
		15	18	18	
7	Overlap V	35.06%	35.06%	60.36%	
	Ratio H	11.11%	25.93%	0.00%	
	Time	~9minutes	~10minutes	~30minutes	
	No. Image	69	82	231매	
	Storage	309MB	434MB	980MB	
11	Overlap V	58.68%	58.68%	The count of H18 in 85mm Lens was matched with V19.	
	Ratio H	11.11%	25.93%		
	Time	~13minutes	~14minutes		
	No. Image	111	134		
	Storage	494MB	602MB		
15	Overlap V	75.55%	75.55%		
	Ratio H	11.11%	25.93%		
	Time	~18minutes	~20minutes		
	No. Image	151	180		
	Storage	671MB	802MB		

용량의 경우 43.8MB~980MB 범위에서 저장에 된 것을 확인하였으며, 처리시간을 고려하여 촬영당 300MB (촬영매수 약 50장 내외) 이상의 용량을 저장해야 하는 촬영은 제외하였다.

취득된 영상 데이터에 제약조건을 적용한 결과, 14mm,와 35mm 렌즈를 이용하여, 5분 내외의 시간에 200MB 데이터 용량, 30~40매 정도 촬영하는 것이 영상집성에 적합한 조건임을 확인할 수 있었다. 실제 전문가들의 의견에서도 영상집성을 위해 대략 30장의 촬영을 수행하는 것을 확인하였다(flashpanoramas webpage). 이 조건을 만족하는 사진의 조합으로 14mm 렌즈의 V5-H12, V7-H8과 35mm 렌즈의 V5-H12, V5-H15를 선택하였다.

영상집성은 PTGui 프로그램을 이용하였으며, 향후에는 현재 개발하고 있는 자체 소프트웨어로 처리할 예정

이다. 영상집성 결과, 영상의 왜곡이 많을 경우 정합점(matching point)의 추출이 어렵다는 것과 중복도가 매우 낮거나 높을 경우 집성이 이루어지지 않은 경우가 발생하는 것을 확인하였다. 영상집성 결과는 시각적 평가를 통해 영상간 접합부분의 품질만 확인하였으며, 정량적 평가를 별도로 수행하지 않았다. Fig. 4는 자동 영상집성이 잘 이루어진 경우의 예를 보여주고 있다. 35mm 렌즈의 V5-H12 조합이었으며, 이 때 중복도는 수평방향 20.63%, 수직방향 33.82%였다.

반대로 Fig. 5와 6은 집성이 잘 되지 않은 경우를 보여주고 있다. Fig. 5는 중복도가 매우 높아 집성이 잘 되지 않은 경우이다. 집성영상에서 중간 왼쪽 창문의 집성이 잘 이루어지지 않은 것을 확인할 수 있다. 과도



Figure 4. Good Case of Image Stitching(35mm Lens, V5(33.82%), H12(20.63%))



Figure 5. Bad Case of Image Stitching I(35mm Lens, V13(75.55%), H18(47.09%))

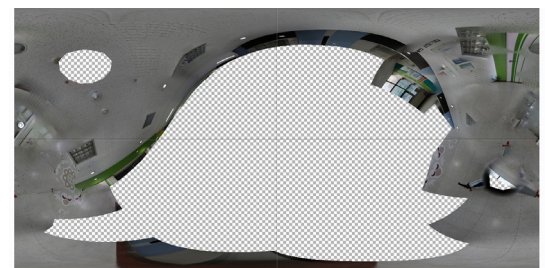


Figure 6. Bad Case of Image Stitching II(50mm Lens, V7(35.06%), H15(11.11%))

한 영상 중복이 오정합을 야기하여 연속사진이 아닌 다른 사진을 연속사진으로 인식하는 집성 오류가 발생한 것으로 판단된다. Fig. 6은 중복도가 낮아 집성 결과가 좋지 않은 경우이다. 중복도가 너무 낮으면 추출되는 정합점이 적어 집성 결과에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

렌즈 종류별 영상왜곡, 모듈 옵션, 촬영 시간, 데이터 용량, 자동집성 결과 등에 따른 중복도를 고려하여 실험을 수행한 결과, 가장 적절한 사용 렌즈는 35mm 입을 확인할 수 있었다. 이 경우 V는 5, H는 12, 15의 옵션을 선택하는 것이 가장 이상적이며, 20%~40% 중복도 범위에서 사진 촬영이 이루어지는 것이 영상 집성에 가장 효율적이라고 결론 내릴 수 있었다. 사용되는 장비 및 영상집성 프로그램에 따라 조금씩 차이를 보일 수 있으므로, 최적의 사진 중복도와 관련한 연구를 찾을 수 없었으나, 관련 자료를 참고한 결과, 일반적으로 25%~40% 중복도로 촬영할 것을 권장하고 있었다 (easypano webpage). 이는 본 실험을 통해서 도출된 결과와 유사하다는 것을 확인할 수 있었다.

2.4 전방위 영상을 이용한 실내 3차원 데이터 구축

연구의 최종 목적은 후대가 간편한 장비를 이용하여 쉽고, 빠르게 실내 3차원 공간정보를 구축하는데 있다. 영상 집성을 통해 전방위 영상을 생성하고, 모델링된 3차원 실내에 텍스처(texture)를 입혀 실내 3차원 데이터를 생성해보았다. 이 실험의 결과를 추가적으로 논문에 수록한 이유는 집성된 전방위 영상을 통해 실내 3차원 데이터를 구축하는 과정을 기록하고, 문제점과 고려할 사항들을 도출하기 위함이다. 향후 구축될 실내 3차원 데이터는 간단한 거리 계산과 모바일 기기(핸드폰)를 기반으로 할 것이며, 이를 위해 본 실험에서는 각 벽면까지의 거리와 비측량용 카메라로 촬영한 사진을 이용하였다.

각 벽면까지의 거리는 토탈스테이션(total station)을 이용한 실내 측량을 통해 170점에 해당하는 3차원 좌표를 취득하였다. 이 과정에서 상당히 많은 시간이 소요되었으며, 빠른 모델링을 위해 자동화된 방법을 사용해야 할 필요성을 확인하였다. 제안될 수 있는 모델링 방안은 부가적인 센서(LiDAR, Time-Of-Flight 카메라 등) 활용, 각 벽면이 직각이라는 제약조건 이용, 영상처리를 통한 모서리 추출, 크기가 정해진 표식(mark)의 이용 등을 고려할 수 있다.

실내 측량을 통해 추출된 3차원 좌표는 실내 3D 공간정보 프레임(frame)을 구축하는데 사용되었다. 측량 점을 서로 연결하는 방법으로 와이어 프레임을 Fig. 7

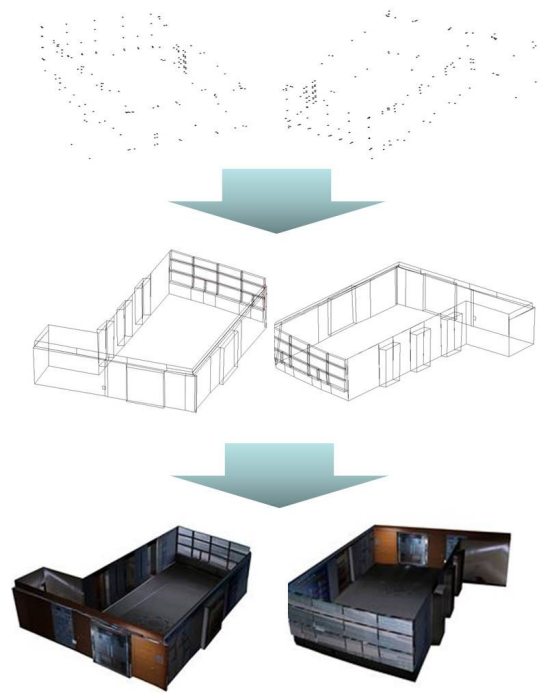


Figure 7. Result of Test-bed for Indoor 3D Spatial Information

의 중간 그림과 같이 구축하였다. 실내 3차원 공간정보 프레임에 텍스처링을 수행하기 위해 실내 공간정보의 전방위 360° 촬영을 수행하였으며, 실내공간의 특성상 사람들의 통행을 고려하여 2회씩 촬영을 실시하였다. 텍스처링은 각 프레임별 모서리 점을 기준으로 해당 패치(patch)를 정렬하는 방식으로 진행하였다. Fig. 8은 추출된 좌표를 이용하여 3차원 공간정보 프레임을 생성하고, 프레임에 텍스처링을 수행하여 구축한 실내 3차원 데이터를 보여주고 있다.

실내 3차원 공간정보 구축과정을 통해, ① 3차원 프레임 생성을 위한 간단한 방법이 적용되어야 하고, ② 동적 대상물의 폐색을 고려하여 2회 이상 촬영을 수행해야 필요가 있음을 확인할 수 있었다. 또한, ③ 각 벽면 텍스처링을 위한 사진은 정사영상으로 변환하여야 하며, ④ 자동으로 텍스처링 될 수 있는 시스템이 개발되어야 할 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구는 비측량용 카메라와 전방위 회전이 가능한 헤드 장비를 이용하여 자동 영상집성에 필요한 최적의 렌즈 조합, 촬영각, 사진 중복도를 결정하기 위해, 렌즈

종류별 화각, 헤드의 옵션별 이동각을 고려하여 중복도를 먼저 계산하고, 촬영 소요시간, 저장용량, 실제 영상 집성 성능 등을 감안하여 최적의 촬영중복도와 그에 따른 촬영각을 결정하였다.

렌즈 종류별 영상왜곡, 모듈 옵션, 촬영 시간, 데이터 용량, 자동집성 결과 등에 따른 중복도를 고려하여 실험을 수행한 결과, ① 사용 카메라와 가장 적절하게 결합할 수 있는 렌즈는 35mm 이며, ② 촬영각은 V-5 (36°), H-12 또는 15(24° 또는 30°)의 옵션을 선택하는 것이 가장 이상적이라고 판단할 수 있었다. 이 때의 중복도는 수직방향으로 33.82%, 수평방향으로 36.51% 또는 20.63% 이었으며, ③ 항공영상의 횡중복도 촬영 기준인 30%의 중복도와 유사하게 적용하는 것이 영상 집성에 가장 효율적이라고 결론 내릴 수 있었다. 또한, 집성된 전방위 영상을 이용하여 실내 3차원 데이터를 구축함으로써, 데이터 구축과정에서 고려해야 할 몇 가지 사항들을 확인할 수 있었다.

실험을 통해 도출된 결과들은 실내 3차원 공간정보 구축을 위한 참고자료(촬영 방식의 기준, 구축과정에서의 고려사항 등)로 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 보다 간편한 장비를 적용하여 실내 3차원 공간정보를 구축할 수 있는 기술을 개발할 예정이며, 작업 준비 단계에서 최종 완성에 이르기까지의 표준화된 작업 규정을 향후 연구를 통해 제안하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 첨단도시개발 연구개발사업의 연구비지원(11첨단도시G11)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Antony, D., and Surendran S., 2013, Satellite image registration and image stitching, International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSSET), Vol. 4, No. 2, pp. 62-66.
2. easypano webpage, http://www.easypano.com/Panorama-software-47_382.html
3. flashpanoramas webpage, <http://flashpanoramas.com/forum/showthread.php?t=2434>
4. Henke, B., 2012, Automatic panoramic image stitching: a summary of the fundamental workflows and challenges, Thesis, Colorado University.
5. Huang, F., Wei, S., and Klette, R., 2006, Rotating line cameras: model and calibration, IMA Preprint Series #2104, Institute for mathematics and ITS applications, University of Minnesota.
6. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2012, A study on indoor spatial information and management system of location search. pp. 15. (in Korean)
7. Nara Index webpage, http://www.index.go.kr/egams/stts/jsp/potal/stts/PO_STTS_idxMain.jsp?idx_cd=1226
8. National Geographic Information Institute, 2012, The rule of 3D spatial information construction task, National Geographic Information Institute Notification, No. 2012-1660, pp. 7, 35. (in Korean)
9. Oh, S. J., and Lee, I. P., 2011, Estimation of 3D object points from omni-directional images acquired by a rotating line camera, the 32nd Asian Conference on Remote Sensing, Taipei, Taiwan.
10. Oh, S. J., and Lee, I. P., 2012, Georeferencing of indoor omni-directional images acquired by a rotating line camera, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol. 30, No. 2, pp. 211-221.
11. Szeliski, R., 2006, Image alignment and stitching: a tutorial (MSRTR-2004-92), <http://research.microsoft.com/pubs/70092/tr-2004-92.pdf>.
12. U.S. Environmental Protection Agency, 1989. Report to congress on indoor air quality: volume 2, EPA/400/1-89/001C, Washington, DC.
13. Wei, S., Huang, F., and Klette, R., 2002, The design of a stereo panorama camera for scenes of dynamic range, 16th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2002), Quebec, Canada, pp. 635-638.