

# UAV 비행경로에 따른 3D Mapping 데이터 유효성 비교

신용승<sup>1</sup>, 전경식<sup>1</sup>, 이병길<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경기대학교 건설안전학과, <sup>2</sup>경기대학교 토목공학과

## A Comparison of 3D MAPPING Data Validity by UAV Flight Path

Yongseung Shin<sup>1</sup>, Kyungsik Jeon<sup>1</sup>, Byoungkil Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Construction Safety, Kyonggi University

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Kyonggi University

**요약** UAV(Unmanned Aerial Vehicle)는 도심 경관 분석, 구도심기록화사업 등의 소규모 현장 작업에 적합하여 활용이 늘어나고 있다. 본 연구에서는 소규모 현장에서 3D 데이터 취득을 더욱 유효하게 활용하기 위한 UAV 촬영 방법을 제안하고자 하였다. DJI사의 Mavic 2pro를 사용하여 안산시 신길동의 대상지역을 촬영하였다. 실험을 통하여 카메라의 실제 화각을 분석하고, 이를 대상지역에 적용하는 모의 실험을 통해 최적의 촬영조건을 도출하였다. 도출된 촬영 제원은 촬영각도 75°, 중복도 95%, 촬영고도 60m이다. 도출된 촬영 제원으로 격자 비행과 원주 비행으로 동일하게 400매의 사진을 획득하였다. 3D mapping 소프트웨어인 Reality Capture를 사용하여 획득된 사진으로부터 3D 모델링과 texture mapping을 시행하였다. 3D 모델링 결과 triangle face는 500,000개로 제한하였다. 최종 결과물을 비교해 본 결과 원주 비행에서는 건물의 하단부가 명확하게 모델링되고 rendering 되었으며, 전체적으로 triangle face의 크기도 균일하게 나타났다. 반면 격자 비행에서는 인동거리가 좁은 건물 사이에서 건물 하단부의 모델링이 부정확하게 나타났으며, triangle face의 크기도 불균일하여 전체적인 mapping의 품질이 상대적으로 좋지 않음을 확인할 수 있었다.

**Abstract** Unmanned aerial vehicles (UAVs) are increasingly used because they are suitable for small-scale fieldwork, such as urban landscape analysis and old downtown documenting projects. Along these lines, this study proposed a UAV imaging method for more effective use of UAV in 3D data generation for small-scale sites. The study area was Singhil-dong, Ansan-si, South Korea, which was photographed using the DJI Mavic 2 Pro UAV by the study. In particular, the actual angle of view of the UAV camera was analyzed through the experiment of the study, and the optimal photographing specifications were derived through a simulation of the study area. The photographing specifications derived were a photoshooting angle of 75°, photography overlap of 95%, and UAV flight altitude of 60m. With the derived photographing specifications, 400 images of the study area were captured under a grid and circular flight paths for the UAV, respectively. Subsequently, 3D modeling and texture mapping of the study area were performed from the captured images using Reality Capture, a 3D mapping software. In particular, the number of triangular faces in the 3D model and texture map was limited to 500,000. Further, analyzing the 3D model and texture map of the study area showed that the lower part of any building in the study area was accurately modeled and rendered, and the respective size of the triangular faces was uniform under the circular flight path for the UAV. On the other hand, the lower part of the buildings with narrow spacing each was inaccurately modeled and rendered, and the respective size of the triangular faces was non-uniform (confirming that the overall 3D mapping quality was relatively poor) under the grid flight path for the UAV.

**Keywords** : Photogrammetry, UAV, Shooting, Grid Flight, Circumferential Flight, 3D Mapping, Texture

\*Corresponding Author : Byoungkil Lee(Kyonggi Univ.)

email: basil@kgu.ac.kr

Received May 3, 2022

Accepted June 3, 2022

Revised May 25, 2022

Published June 30, 2022

## 1. 서론

현재 3D 데이터는 산업적으로 활용성이 높고, 점차 활용 분야도 다양해지는 추세이다. 일반적으로 3D 데이터 취득에 활용되는 장비는 고가의 레이저스캐너 장비 등이 많이 사용되고 있다. 이러한 장비들은 대규모 토목 공사의 지리정보 취득, 랜드마크 고층건물의 변위측정, 도시기후분석, 열섬현상, 빌딩풍 분석, 대규모농장 작황 분석 등에 활용되고 있으나, 데이터를 취득하는 데에 상당한 인력과 비용이 소요되는 단점이 있다.

한편, 최근 3D 데이터 취득 장비로 많이 활용되고 있는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)의 경우, 비교적 짧은 시간에 소수의 인력으로 도심 경관성 검토, 중소규모, 소규모 문화재 기록, 사고현장 체증, 대형차량 이동 경로 검토, 구도심기록화사업 등의 소규모 현장작업을 수행할 수 있어서 경제성이 우수하다.

UAV 활용에 관한 연구로는 이석배 등(2021)이 UAV 촬영 시범사업을 통하여 UAV 적용이 가능한 건설공종을 도출하고 검증하였다[1]. 김종우 등(2017)은 UAV 영상 분석기법을 활용한 구조물 외관 점검 기술을 연구하였고, 산업용 UAV 영상분석기법을 접목하여 구조물의 외관 손상 자동검출 시스템을 연구하였다[2]. 조재운 등(2019)은 UAV를 활용한 공동주택 안전점검 과정을 제안하고, 현장 적용성을 연구하였다[3]. 윤교회(2019)는 주택가 밀집지역에서 발생하는 화재에 대한 초기 대응단계에서 UAV를 활용한 화재현장 출동 및 화재진압 등 대응단계의 서비스디자인 영역을 구체화하였다[4]. 3D 데이터 취득에 관한 연구로는 이준상 등(2018)이 영상데이터를 획득하기 위해 UAV를 활용하였으며, 조형물과 UAV의 적절한 간격 유지에 대한 측정 방법을 제시하였다[5]. 이종훈 등(2019)은 커뮤니티매핑에 등록되는 정보 및 UAV로 촬영한 3D mapping 정보를 연계하고 재난관리 의사결정을 지원하는 방안제시를 하였다[6]. 강인규 등(2020)은 지반 공학 관련 구조물 중 비탈면 대상으로 UAV 촬영 디지털 사진을 이용하고 GCP(Ground Control Point) 및 RTK(Real Time Kinematic)가 비탈면 3차원 모델에 미치는 영향에 관하여 연구하였다[7]. 조광한 등(2020)은 현장 상황대응의 계측기기를 이용한 재래적 방식에서 탈피한 온라인 ‘첨단기술’에 오프라인의 ‘직관적 경험’을 융합한 하이브리드(Hybrid) 재해관리 기법 유효성을 검증하였다. 이를 위해 대상 현장에 매설된 계측기 RTK 5대를 지상기준점으로 사용하여 연구를 수행하였다[8]. 한중윤 등(2022)은 건축물을 UAV로

계측하여 UAV 비행 및 촬영 변수에 따른 계측 정확도를 분석하고 검토하였다[9]. 조정민 등(2021)은 연직사진과 경사사진을 같이 이용하는 경우에 UAV 사진측량의 정확도를 비교하였다[10].

이처럼, UAV를 이용한 촬영에서 중복도, 카메라 촬영 경사각에 관한 비교 연구는 많이 있으나, 비행방식에 관한 연구는 아직까지 시행되지 않았다.

이에 본 연구에서는 UAV를 사용하여 촬영한 영상을 기반으로 3D mapping을 수행할 경우, 대상지의 건물 높이에 따른 최적의 촬영 고도를 도출하고, 그 비행고도에서 UAV의 비행경로 선택이 최종적으로 3D mapping 시각화의 유효성에 어떤 차이를 발생시키는지에 대해 검토하였다.

## 2. 본론

### 2.1 자료취득 및 처리

실험에 사용한 UAV는 카메라가 자체 탑재되어있는 DJI사의 Mavic 2pro이다. 여기서, 실험에 영향을 주는 요소인 기체의 카메라 제원은 Table 1과 같다. Mavic 2pro 기체에 탑재된 Hasselblad사의 20M픽셀 1인치 CMOS센서 렌즈의 화각(FOV-Field of view)은 제조사에서 약 77°로 제공하고 있다.

Table 1. Specifications the Mavic 2 Pro Camera

|                  |   |
|------------------|---|
| Sensor           | 1-inch CMOS<br>Effective Pixels: 20M  |
| Lens             | FOV: Approximately 77°<br>35mm conversion: 28mm<br>aperture: f/2.8 to f/11<br>Range: 1 m to ∞ |
| ISO Scope        | Video: 100 to 6400<br>Photo: 100 to 3200 (automatic)<br>/100 to 12800 (manual)                |
| Shutter speeds   | Electronic shutters: 8 to 1/8000s   |
| Still Image Size | 5472×3648   |

여기서, UAV 짐벌 카메라의 경사각도의 설정에 영향을 미치는 수직화각에 대한 검토가 우선되어 실질적인 Sensor의 크기와 실제 초점거리의 정보를 확인하여 실제 화각을 도출하고, 데이터 취득 대상지의 건물 높이와 촬영 고도에 따라 실험계획을 수립하였다. 촬영된 이미지의 파일정보 속성에 Fig. 1과 같이 초점거리 10mm로 확인되고 있으나, Fig. 2처럼 사진 전문 뷰어인 Faststone에서 사진정보를 재확인한 결과 초점거리는 10.26mm였다.



Fig. 1. focal length 10mm



Fig. 2. focal length 10.26mm



Fig. 3. Digital camera FOV Field experiment

카메라에 탑재된 1인치 CMOS센서의 실제 크기는 가로 13.2mm×8.8mm이며, 따라서 센서의 크기는 15.86mm인 것으로 확인되었다. UAV 촬영범위에 영향을 주는 카메라의 FOV는 수평 65.50°, 수직 46.42°이다. 제시된 수치가 올바른 값인지 Fig. 3과 같이 실험을 통해 데이터를 확인하였다. 실험방법은 벽체로부터 1m의 거리에 촬영용 UAV를 설치하고 직접촬영을 하여 촬영된 이미지의 크기를 확인하는 방식으로 진행하였다.

Table 2. Digital camera FOV Double comparison

| FOV         | Horizontal FOV                                     | Vertical FOV                                       |
|-------------|--|--|
| Calculation | $\tan^{-1}\left(\frac{6.6}{10.26}\right)2 = 65.50$ | $\tan^{-1}\left(\frac{4.4}{10.26}\right)2 = 46.42$ |
| Experiment  | $\tan^{-1}\left(\frac{1250}{2000}\right)2 = 64.01$ | $\tan^{-1}\left(\frac{830}{2000}\right)2 = 45.07$  |
| Tolerance   | 1.49   | 1.35   |

Table 2와 같이 이론적 검토와 실험을 비교하였을 때 이론적 값보다 실험에서 도출된 결과 값이 수평 FOV는 1.49°, 수직은 1.35° 작게 도출되었다. 실제 카메라의 촬영 각도를 설정하면서 수직 FOV의 값에 따라 촬영 유효면적이 결정되기 때문에 좀 더 보수적 결과 값인 45.07°로 결정하였다. 본 연구에서 수직 FOV는 PIX4D captrue의 설정 단위에 맞춰서 소수점 이하를 생략하고, 45°를 카메라의 수직 FOV로 사용하였다.

본 연구에서는 Epic Games사의 사진측량 3D mapping 소프트웨어인 Reality Capture를 사용하였다. Reality Capture에서 수집된 다량의 사진들을 정렬하고 점군 데이터를 추출하고, 점과 점을 연결하여 triangle face를 갖는 polygon을 생성한다. 양호한 polygon을 얻기 위해서는 촬영된 사진이 요구 품질 이상의 해상도를 충족해야 하는데, 이것을 사진측량에서는 GSD(Ground Sample Distance : 지상표본거리)라 한다.

『무인비행장치 이용 공공측량 작업지침』 제3장 무인항공사진 촬영, 제13조(촬영계획)에는 평탄한 저지대지역에서는 횡 65% 중 60%, 매칭점이 부족하거나 높이차가 있는 지역에서는 횡 75% 중 70%, 높이차가 크거나, 고층 건물이 있는 지역에서는 횡 85% 중 80%의 중복도로 촬영하도록 되어 있으나, 3D 공간정보 제작이나 정사영상 제작에 적합한 촬영조건이 구체적으로 제시되어 있지 않다[11].

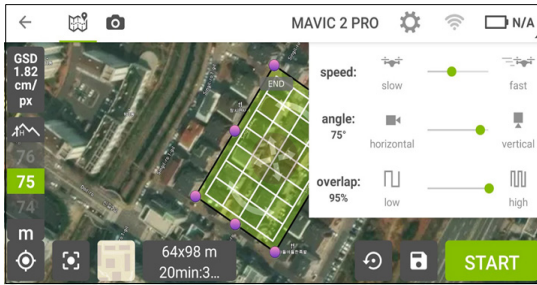
GSD는 촬영고도와 촬영 카메라의 센서크기와 렌즈의 성능에 따라 모두 다르게 나타난다(Fig. 4). 본 연구에서는 연구대상지 Fig. 5의 지역적 특성을 고려하여 15m를 1H로 설정하고 4H~6H 까지의 조건으로 Pix4d에서 DJI사의 Mavic 2pro 기체를 사용함을 전제로 PIX4D에서 제시되는 GSD값을 비교하였다(Table 3).

촬영대상체와 가까울수록 고품질의 이미지 데이터를 획득할 수 있으나, 본 실험에서 4H 미만은 PIX4D captrue에서 설정 시 모두 20분 비행조건을 초과하여 제외하였으며, 6H 이상의 고도 또한 촬영대상지의 단축(Y-axis)를 초과하여 제외하였다.

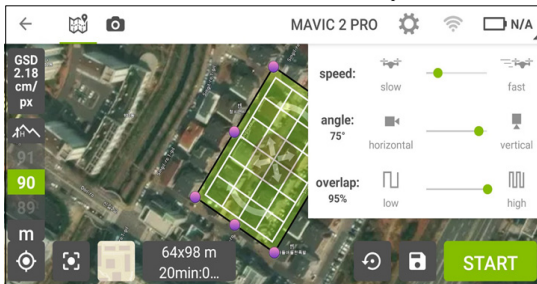
촬영대상지는 Fig. 5와 같이 안산시 단원구 신길동 1종일반주거지 일원으로 건폐율 60% 용적율 200%로 조성된 지역이다. 건물은 대부분 4층 규모이며, 인접 대지 도로가 없는 X축과 중로2류 도로를 접한 Y축으로 구분하여 X축의 평균인동거리 4.5m, Y축의 평균인동거리 16.5m로 나타났다.



(a) Altitude 4H / GSD 1.45cm/px



(b) Altitude 5H / GSD 1.82cm/px



(c) Altitude 6H / GSD 2.18cm/px

Fig. 4. Pix4d Control Panel

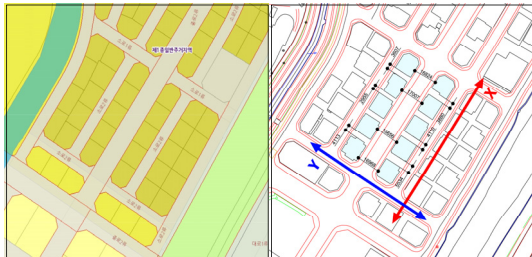


Fig. 5. Study Area

Table 3. Ground Sample Distance for altitude

| H(15m)         | 4H (60m)  | 5H (75m)  | 6H (90m)  |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| GSD (cm/pixel) | 1.45cm/px | 1.82cm/px | 2.18cm/px |

이러한 결과를 바탕으로 실험 위치에 최적의 촬영고도는 4H(60m)로 설정하고, Fig. 6과 같이 촬영대상지에서 카메라 촬영 각도에 따른 유효촬영구간을 검토하였다.

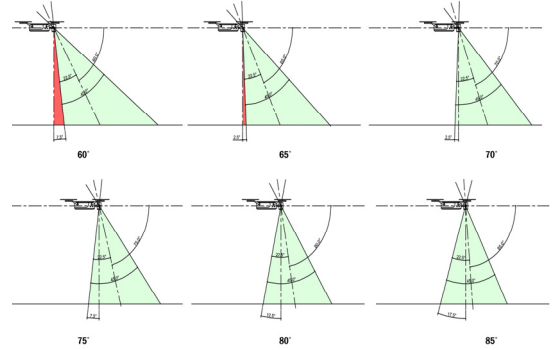


Fig. 6. Pix4d Gimbal camera Vertical Valid angle

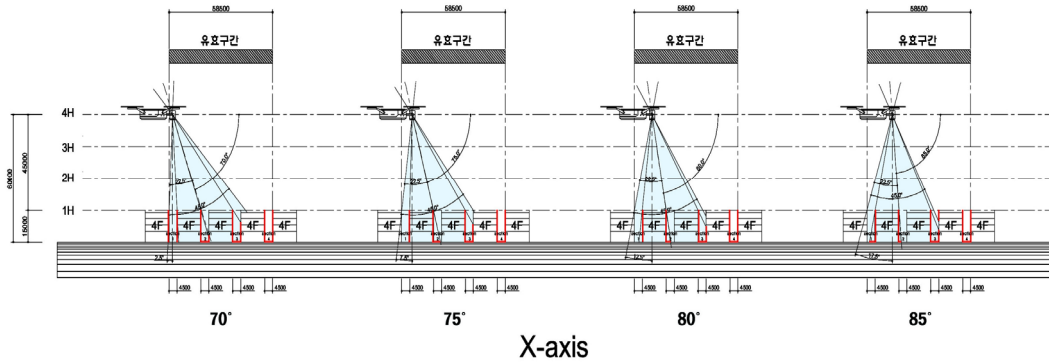
카메라 촬영 각도는 Fig. 6과 같이 마주한 측벽이 한번에 모두 촬영범위에 들어오는 70°, 75°, 80°, 85°의 4가지 각도가 유효한 것으로 나타났다. 65° 이하부터는 내측에 위치한 측벽이 촬영범위에 들어오지 않아 그 이하의 값은 고려하지 않았다. 또한, 촬영각도 75°에서 내측을 촬영할 수 있는 유효각은 2.5°로 연직에 가까운 5°미만의 측면촬영 범위를 폐색 영역에 포함시켜 총 촬영 범위의 유효성을 검토하였다.

본 연구의 실험지역에서 Mavic 2pro를 이용할 경우 Fig. 7, Fig. 8과 같이 75°에서 폐색 영역의 합이 가장 작아 촬영을 가장 유효하게 할 수 있음을 알 수 있었다.

카메라의 촬영 각도를 75°로 확정하고 촬영대상지에서 비행고도 4H (60m), 비행시간 20분, 촬영사진 400매의 동일한 조건에서 PIX4D capture에서 지원하는 자동격자비행방식의 촬영 결과물과 수동 원주비행방식으로 촬영된 사진을 Reality Capture를 사용하여 3D modeling, texture mapping 작업을 하였다.

Reality Capture에서 Triangle Face의 수량은 촬영되는 사진수량과 대상체 크기에 따라 최대한 많은 triangle face를 생성하게 된다.

이 시각화 자료의 핵심은 최대한 가벼운 modeling 데이터에 고품질의 texture를 mapping을 해야 on/off Line에서 display할 때 최대한 빠른 응답이 가능하다. 본 실험에서는 웹상에서 구동이 가능한 응답속도를 목표로 triangle face를 500,000개로 설정하였으며, Fig. 9과 같이 Reality Capture에서 지원하는 최대 16,384×16,384 크기의(16K) texture를 Output 하였다.



| sec/deg   | 70°     | 75°    | 80°    | 85°    |
|-----------|---------|--------|--------|--------|
| Section 1 | 30,000  | 15,000 | 16,840 | 18,245 |
| Section 2 | 21,872  | 18,948 | 17,668 | 16,271 |
| Section 3 | 28,563  | 27,735 | 29,611 | 30,715 |
| Section 4 | 34,500  | 34,500 | 34,500 | 34,500 |
| Sum / m   | 114,935 | 96,183 | 98,619 | 99,731 |

X-axis

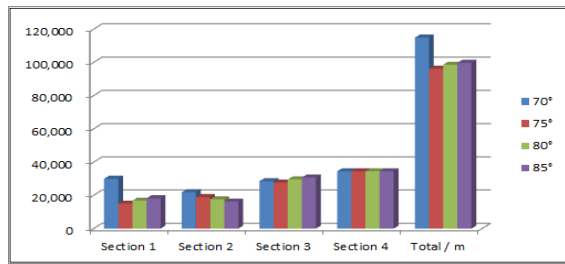
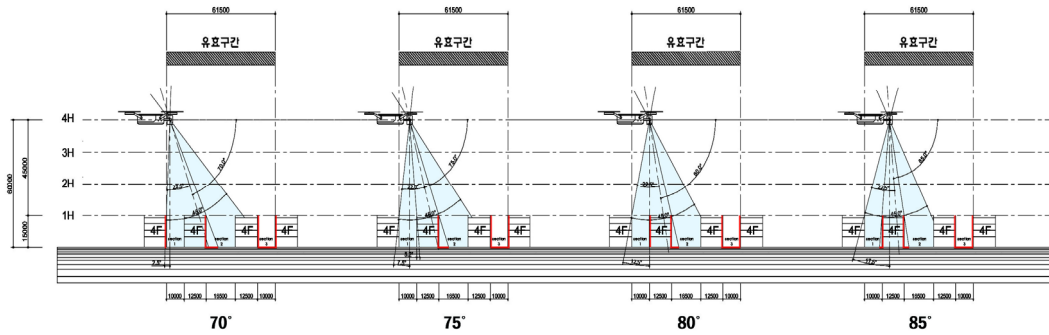


Fig. 7. X-axis Occluded Area



| Y-axis    | 70°    | 75°    | 80°    | 85°    |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| Section 1 | 15,000 | 0      | 15,000 | 16,380 |
| Section 2 | 21,839 | 20,527 | 19,715 | 20,290 |
| Section 3 | 40,000 | 40,000 | 40,000 | 40,000 |
| Sum / m   | 76,839 | 60,527 | 74,715 | 76,670 |

Y-axis

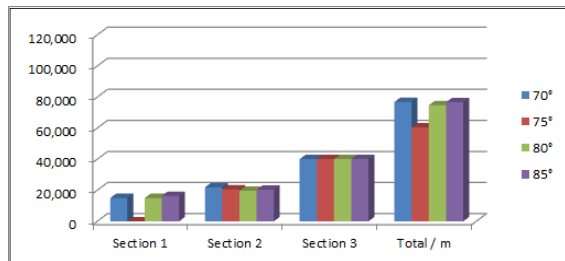


Fig. 8. Y-axis Occluded Area



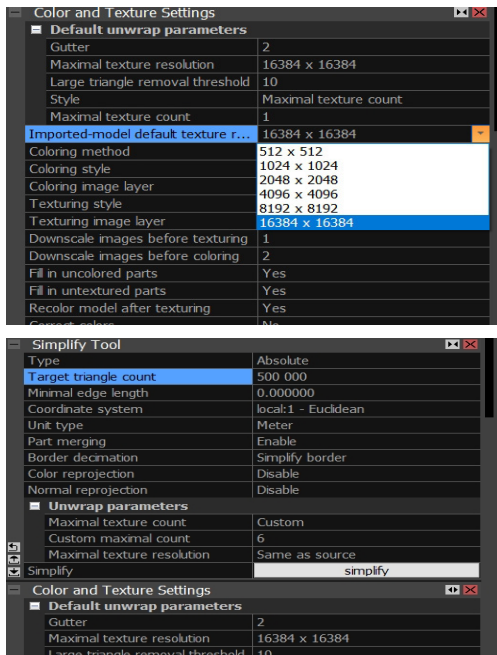
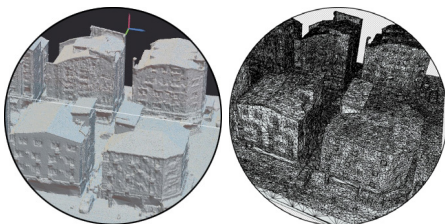
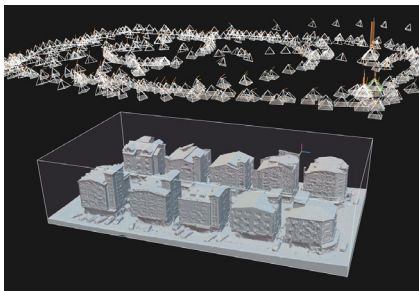
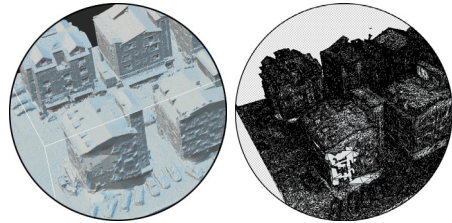
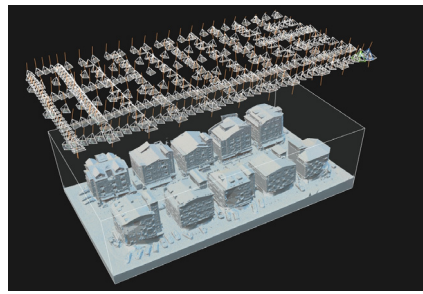


Fig. 9. Reality capture setting

Fig. 10과 같이 원주비행 촬영본 400매와 격자비행 촬영본 400매를 각각 Reality capture에서 align image를 실행 후 modeling을 생성할 영역을 설정한 후 reconstruction modeling을 수행하였다.



(a) Circle path mesh solid model



(b) Grid path mesh solid model

Fig. 10. Reality capture reconstruction modeling

## 2.2 비행경로에 따른 성과물의 분석

원주 비행의 결과와 비교할 때 격자형 비행에서 얻어진 reconstruction modeling 결과의 mesh가 균일하지 못하며, 사진 누락으로 인해 mesh 구멍의 메워진 흔적이 더 많이 관찰되었다. 또한, 원주 비행방식으로 촬영된 texture mapping 결과물은 좁은 건물 사이의 하부도 비교적 양호하게 mapping이 되었음을 확인할 수 있다(Fig. 11).

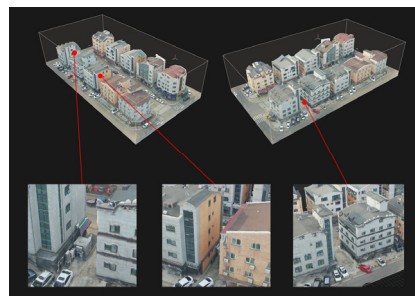


Fig. 11. Circle path texture mapping

Fig. 12에서 확인할 수 있듯이 앞서 정의된 Fig. 5의 X축, Y축 방향의 격자 비행방식으로 촬영된 texture mapping 결과물은 불규칙적이고 촬영위치에 따라 triangle face가 무너지고 texture mapping이 양호하지 못한 상태이며 건물하부의 mapping이 양호하지 않은 것으로 확인되었다.

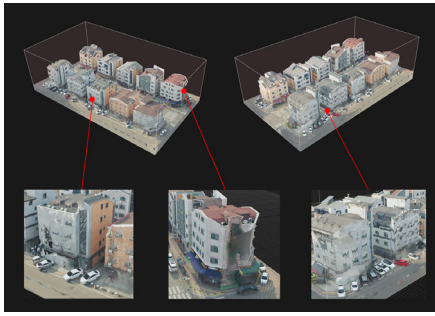


Fig. 12. Grid path texture mapping

Table 4는 동일한 촬영조건에서의 원주비행과 격자 비행의 촬영결과물을 비교하였다.

Table 4. Altitude, Flight time, Gimbal camera Vertical angle, Image/overlab, GSD

| Condition                    | Circle path | Grid path |
|------------------------------|-------------|-----------|
| Altitude                     | 4H / 60m    | 4H / 60m  |
| Flight Time                  | 20 min      | 20 min    |
| Gimbal Camera Vertical Angle | 75°         | 75°       |
| Image/Overlab                | 400/95%     | 400/95%   |
| GSD                          | 1.45cm/px   | 1.45cm/px |
| Wireframe                    |             |           |
| Reconstruction model         |             |           |
| Capture Coloring & Texturing |             |           |

### 3. 결론

최근 3D 데이터 취득 장비로 많이 활용되고 있는 UAV는 비교적 짧은 시간에 소수의 인력으로 소규모 도

심 경관성 검토, 구도심기록화사업 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. UAV 3D mapping 분야에서는 촬영이미지의 중첩도, 카메라 촬영경사각에 관한 비교 연구는 많이 있으나, 비행방법에 대한 연구는 없었다.

본 연구에서는 Table 3에서와 같이 촬영범위와 비행 시간을 고려하여 최상의 GSD (1.45cm/px)를 충족할 수 있도록 촬영고도를 60m를 결정하였다. Fig. 7, Fig. 8과 같이 촬영 대상지의 폐색영역이 가장 작게 나타나는 촬영각도 75°를 도출하여 원주비행과 격자비행을 통해 촬영한 결과를 이용하여 3D mapping을 수행하였다. Table 4와 같이 원주 비행과 격자 비행의 데이터 취득 결과물의 3D reconstruction과 texture mapping 결과를 비교하였다. 비교 결과 동일한 촬영 조건으로 촬영한 경우 원주 비행에서 더 균일한 triangle face가 만들어졌으며, 인동간격이 좁은 지역의 건물 하부도 더욱 명확하게 모델링 됨을 확인하였다. 따라서 소규모 도심 경관성 검토나 구도심기록화 사업과 같은 소규모 현장작업에서 UAV를 이용할 경우 자동 비행 프로그램이 제공하는 격자형 촬영보다 원주 비행을 이용하는 것이 더 우수한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

### References

- [1] S. B. Lee, M. Jeong, S. C. Auh, J. J. Kim, "Development of Standard Work Type to Utilize Drone at Expressway Construction Sites", *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, Vol. 41, No. 4, pp.461-468/ August, 2021  
DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2021.41.4.0461>
- [2] J. W. Kim, Y. W. Jung, H. C. Rhim, "Study on Structure Visual Inspection Technology using Drones and Image Analysis Techniques", *Journal of the Korea Institute of Build. Constr.* Vol. 17, No. 6, pp.545-557, Dec. 2017  
DOI: <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2017.17.6.545>
- [3] J. Cho, H. Shin, Y. Ahn, S. Lee, "Proposal of Regular Safety Inspection Process in the Apartment Housing Using a Drone", *KIEAE Journal*, Vol. 19, No. 6, pp.121-127, Dec. 2019.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2019.19.6.121>
- [4] G. H. Youn, "Service Design for Using the Drones in the Early Stages Fires of Dense Residential Area", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 19, No.11, pp.111-121, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2019.19.11.111>
- [5] J. Lee, I. Lee, "The 3D Modeling Data Production Method Using Drones Photographic Scanning Technology", *Journal of the Korea Institute of*

*Information and Communication Engineering*, Vol. 22, No. 6, pp.874~880, Jun. 2018.  
DOI: <http://doi.org/10.6109/ikiice.2018.22.6.874>

- [6] J. Lee, K. Pyo, S. Kim., "A Study on System Integration between Community Mapping and Drone Mapping for Disaster Safety Management", *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol.35, No.5-2, pp.873~881, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7780/kirs.2019.35.5.2.11>
- [7] I. Kang, T. Kim, "Accuracy Evaluation of 3D Slope Model Produced by Drone Taken Images", *Journal of the Korean Geo-Environmental Society*, Vol. 21, No. 6, pp.13~17, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.14481/jkges.2020.21.6.13>
- [8] H. K. Cho, K. T. Chang, S. J Hong, G. P. Hong, S.H. Kim, S. H. Kwon, "Accuracy Analysis for Slope Movement Characterization by comparing the Data from Real-time Measurement Device and 3D Model Value with Drone based Photogrammetry", *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 23(4) pp.234-252, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11108/kagis.2020.23.4.234>
- [9] J. Y. Han, S. C. Kim, H. D. Lee, H. J. Kim, "Building Measurement Accuracy Analysis Using Drone", *Journal of the Wind Engineering Institute of Korea*, Vol. 26, No. 1, pp.17-24, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.37109/weik.2022.26.1.17>
- [10] J. Cho, J. Lee, B. Lee, "A Study on the Accuracy Evaluation of UAV Photogrammetry using Oblique and Vertical Images". *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 39, NO. 1, pp.41-46, 2021. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.1.41>
- [11] J. Cho, J. Lee, B. Lee, "A Study on the Optimal Shooting Conditions of UAV for 3D Production and Orthophoto Generation", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 38, No. 6, pp.645-653, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.645>

전 경 식(Kyungsik Jeon)

[정회원]



- 2004년 2월 : 홍익대학교 일반대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2022년 5월 : 경기대학교 일반대학원 건설안전학과 (박사과정)
- 2003년 5월 ~ 2021년 9월 : 대한산업안전협회 직원
- 2021년 9월 ~ 현재 : 고용노동부 근로감독관

<관심분야>

토목, 건축, 안전

이 병 길(Byoungkil Lee)

[정회원]



- 1992년 2월 : 서울대학교 공과대학원 도시공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 서울대학교 공과대학원 지구환경시스템 공학전공 (공학박사)
- 2001년 8월 ~ 2007년 2월 : ㈜타스테크 부사장
- 2007년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

토목, 건축, 안전

신 용 승(Yongseung Shin)

[정회원]



- 2010년 2월 : 경기대학교 건설산업 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2022년 5월 : 경기대학교 일반대학원 건설안전학과 (박사과정)
- 2007년 7월 ~ 현재 : (주)서연씨 지앤디 대표이사

<관심분야>

건축, 토목, 안전, IT