

비디오 프레임 영상으로부터 제작된 자유 입체 모자이크 영상의 실좌표 등록

Geocoding of the Free Stereo Mosaic Image Generated from Video Sequences

노명종¹⁾ · 조우석²⁾ · 박준구³⁾ · 김정섭⁴⁾ · 고진우⁵⁾

Noh, Myoung-Jong · Cho, Woosug · Park, Junku · Kim, Jung Sub · Koh, Jin Woo

Abstract

The free-stereo mosaics image without GPS/INS and ground control data can be generated by using relative orientation parameters on the 3D model coordinate system. Its origin is located in one reference frame image. A 3D coordinate calculated by conjugate points on the free-stereo mosaic images is represented on the 3D model coordinate system. For determining 3D coordinate on the 3D absolute coordinate system utilizing conjugate points on the free-stereo mosaic images, transformation methodology is required for transforming 3D model coordinate into 3D absolute coordinate. Generally, the 3D similarity transformation is used for transforming each other 3D coordinates. Error of 3D model coordinates used in the free-stereo mosaic images is non-linearly increased according to distance from 3D model coordinate and origin point. For this reason, 3D model coordinates used in the free-stereo mosaic images are difficult to transform into 3D absolute coordinates by using linear transformation. Therefore, methodology for transforming non-linear 3D model coordinate into 3D absolute coordinate is needed. Also methodology for resampling the free-stereo mosaic image to the geo-stereo mosaic image is needed for overlapping digital map on absolute coordinate and stereo mosaic images.

In this paper, we propose a 3D non-linear transformation for converting 3D model coordinate in the free-stereo mosaic image to 3D absolute coordinate, and a 2D non-linear transformation based on 3D non-linear transformation converting the free-stereo mosaic image to the geo-stereo mosaic image.

Keywords : video sequences, free-stereo mosaic, geo-stereo mosaic, coordinate transformation

초 록

고중복도 비디오카메라 영상을 이용하여 GPS/INS 및 지상기준점 자료 없이 제작되는 자유 입체 모자이크 영상은 기준 프레임 영상의 3차원 모델좌표계로 표현되는 상호표정요소를 이용하여 제작될 수 있다. 이와같이 제작된 자유 입체 모자이크 영상으로부터 결정되는 3차원 좌표는 3차원 모델좌표계로 나타내게 된다. 따라서 자유 입체 모자이크 영상을 이용하여 절대좌표를 결정하기 위해서는 모델좌표계를 절대좌표계로 변환하기 위한 방법이 필요하다. 일반적으로 서로 다른 두 개의 3차원 직각 좌표계간의 좌표변환은 3차원 상사변환(similarity transformation)이 사용된다. 하지만 자유 입체 모자이크 영상의 3차원 모델좌표는 원점으로부터 멀어질수록 오차가 누적되어 선형변환을 이용한 좌표변환을 수행하기 어렵다. 따라서 이러한 자유 입체 모자이크 영상의 모델좌표를 절대좌표로 변환하기 위한 3차원 비선형 변환 방법이 필요하다. 또한 절대좌표계로 표현된 수치지도와 입체 모자이크 영상을 중첩하여 사용하기 위해서는 자유 입체 모자이크 영상을 실좌표 입체 모자이크 영상으로 변환하기 위한 방법이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 자유 입체 모자이크 영상의 3차원 모델좌표를 3차원 절대좌표로 변환하기 위한 3차원 비선형 변환 방법과 이 방법을 기반으로 자유 입체 모자이크 영상을 실좌표 입체 모자이크 영상으로 제작하기 위한 2차원 비선형 변환 방법을 제안하였다.

핵심어 : 비디오 영상, 자유 입체 모자이크, 실좌표 입체 모자이크, 좌표변환

- 1) 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사후과정(E-mail:ngnmj@inha.ac.kr)
- 2) 교신저자 · 정희원 · 인하대학교 토목공학과 교수(E-mail:wcho@inha.ac.kr)
- 3) 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사과정(E-mail:june@inhaian.net)
- 4) 인하대학교 토목공학과 석박사통합과정(E-mail:sobi.kim@gmail.com)
- 5) 국방과학연구소 책임연구원(E-mail:xinu@add.re.kr)

1. 서론

비디오카메라 및 캠코더 등과 같은 비측량용 장비의 기술적인 발전으로 인해 이를 사용하여 획득된 영상자료를 통해 대축척 영상지도 생성(유환희 등, 2003), 문화재 위치 해석(장호식, 2003) 등과 같이 3차원 정보를 추출하려는 연구가 다양한 분야에서 수행되고 있다. 이러한 비측량용 장비는 그 크기가 측량용 장비에 비해 작아 비접근 지역이나 긴급한 상황에서 바로 사용될 수 있으며, 특히 무인항공기 등에 탑재하여 사용될 수 있는 장점을 지니고 있다.

본 연구에서는 비측량용 장비 중, 비디오 캠코더에 의해 획득된 항공영상을 이용하여 제작된 자유 입체 모자이크 영상에 대해 3차원 실좌표 변환 및 실좌표 입체 모자이크 영상을 제작하기 위한 방법을 제시하는데 목적을 두고 있다. 일반적으로 항공영상을 이용하여 3차원 정보를 추출하기 위해서는 다른 위치에서 촬영된 두 장 이상의 영상이 중복도를 가지고 촬영 되어야 한다. 하지만 이러한 과정을 비디오 항공영상에 적용할 경우, 비디오 영상에서 추출된 프레임 영상의 수가 많아 사진측량학적 처리에 많은 시간이 소요되어 실시간적인 3차원 정보 추출에 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Zhu 등(1999; 2001a; 2001b)은 경비행기에 탑재된 휴대용 비디오 캠코더에 의해 촬영된 영상을 이용하여 3차원 정보를 추출하기 위한 입체 모자이크 영상의 제작방법을 제시하였으며, 노명종 등(2009)도 이와 유사한 자료를 활용하여 3차원 정보를 추출하기 위해 상호표정요소를 이용한 자유 입체 모자이크 영상 제작방법을 제시하였다.

이러한 입체 모자이크 영상 제작방법에는 영상 촬영 시 GPS/INS에 의해 획득된 각 프레임 영상의 외부표정요소를 직접 사용하는 방법과 GPS/INS 데이터 없이 인접한 영상 상호간의 기하학적 관계만을 이용하는 방법이 있다. 전자를 실좌표 입체 모자이크(Geo Stereo Mosaic)라 하며, 후자를 자유 입체 모자이크(Free Stereo Mosaic)라 한다(Zhu 등, 1999).

노명종 등(2009)에 의해 제작된 자유 입체 모자이크 영상은 기준 프레임을 중심으로 결정된 3차원 모델좌표계에 대한 상호표정요소를 사용하였기 때문에, 절대표정이 필요하다. 또한 3차원 좌표변환 이외에 자유 입체 모자이크 영상을 실좌표 입체 모자이크 영상으로 변환하는 맵핑 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 자유 입체 모자이크 영상에 대한 3차원 실좌표 좌표변환과 영상변환에 대하여 연구를 수행하고자 한다.

2. 자유 입체 모자이크 영상

입체 모자이크 영상은 그림 1과 같이 각 프레임 영상에서 주점을 기준으로 동일한 각도를 가지는 전방 및 후방 슬라이스 영상을 추출한 후, 동일 방향의 슬라이스 영상을 모자이크함으로써 왼쪽 모자이크 영상과 오른쪽 모자이크 영상으로 제작된다(Zhu 등, 1999).

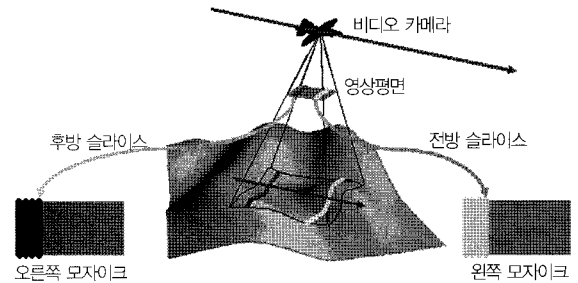


그림 1. 입체 모자이크 영상 제작 개요(노명종 등, 2009)

2.1 적용된 자유 입체 모자이크 방법

입체 모자이크 영상 제작기법을 이용하여 자유 입체 모자이크 영상을 제작하기 위해서는 인접한 프레임 영상 간의 상대적인 위치관계를 결정하여 기준평면에 영상등록하는 과정이 필요하다. 이러한 방법에는 투영 모델(Zhu 등, 2001), KLT(Kanade-Lucas-Tomasi) 연산자를 이용한 영상등록 기법(김성삼 등, 2007), 부등각 모델(노명종 등, 2009) 등이 있으며, 상호표정요소를 사용한 방법(노명종 등, 2009) 등이 있다. 이 중, 본 연구에서는 노명종 등(2009)이 제시한 상호표정요소에 의해 영상등록을 수행하여 제작된 자유 입체 모자이크 영상을 사용하고자 한다.

2.2 자유 입체 모자이크 모델좌표 정밀도 분석

자유 입체 모자이크 영상을 제작하기 위해 추출된 상호표정요소는 비디오 프레임 영상의 스트립 중간에 있는 프레임의 중심을 3차원 모델좌표의 원점으로 하여 그림 2와 같이 상대적으로 계산된다. 노명종 등(2009)이 제시한 광속조정법과 공간후방교회법을 이용한 상호표정요소추출 방법에 따라 오차전파로 인해 X-Z축 그림에서 보듯이 스트립의 양 끝으로 갈수록 추정된 상호표정요소의 오차가 커지는 모습을 볼 수 있다. 여기서, x축은 스트립 진행방향을 나타내며, 총 291개의 프레임 중 141번째 프레임 영상의 상대적인 투영위치를 mm 단위로 나타내었다. 이 때, 사용된 모델의 개수는 29개이다.

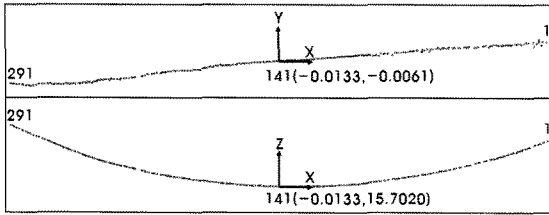


그림 2. 상호표정요소 추적(노명종 등, 2009)

이러한 이유로 인하여 그림 3의 종시차 분석 결과를 살펴보면, 전체 스트립의 중간을 기준으로 좌우 양 옆으로 갈수록 종시차가 점점 커지는 경향을 볼 수 있다.

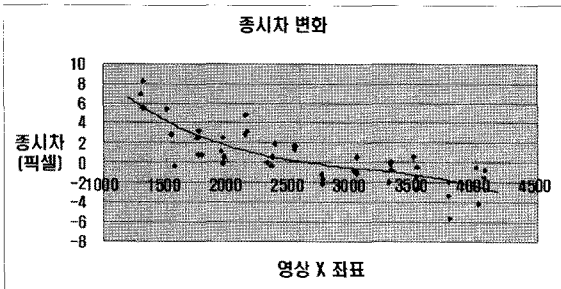


그림 3. 종시차 분석 결과(노명종 등, 2009)

본 연구에서는 이러한 상호표정요소에 따른 3차원 모델좌표 위치정밀도를 분석하기 위하여, 그림 3의 종시차 분석 외에 상호표정요소를 결정하기 위해 사용된 공역점에 대한 3차원 모델좌표의 정밀도를 공분산(covariance) 행렬을 통하여 분석하였다. 총 사용된 공역점은 838점이며 각 3차원 모델좌표에 대한 추정표준편차(estimated standard deviation) S_x , S_y , S_z 를 X축에 대하여 그림 4, 그림 5, 그림 6에 각각 나타내었으며, 단위는 mm이다.

그림 4와 그림 6의 S_x , S_z 분석결과에서 보듯이, 스트립 중심으로부터의 상대적인 오차누적으로 인해 X축 원점을 기준으로 좌우로 2차원 포물선 형태로 변화하는 것을 알 수 있다. 하지만 S_y 는 S_x , S_z 에 비해 거의 직선의 형태를 보이고 있다. 이는 스트립 진행방향을 나타내는 X축에 대한 상대적인 오차누적은 큰 반면, Y축에 대한 투영 중심위치는 거의 일정한 값을 가지고 있어 상대적인 오차누적이 작게 발생하기 때문이다.

이와같은 자유 입체 모자이크 영상에 사용되는 3차원 모델좌표에 대한 정밀도 분석을 토대로 상대적인 오차가 포함되어 있는 3차원 모델좌표를 3차원 절대좌표로 변환하기 위한 최적의 방법을 도출하고자 한다.

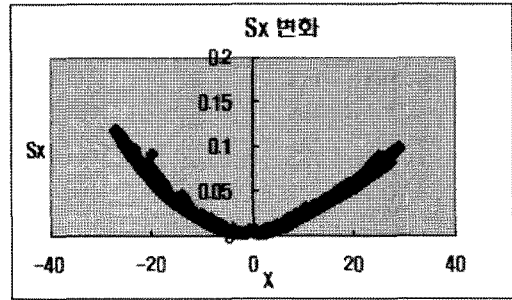


그림 4. 3차원 모델좌표 분석결과 - S_x

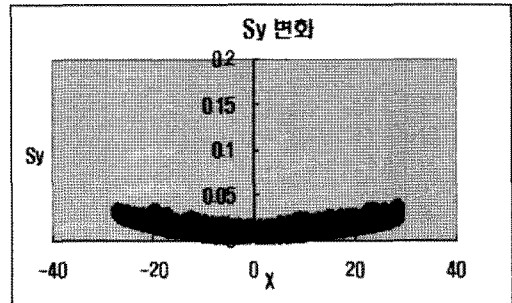


그림 5. 3차원 모델좌표 분석결과 - S_y

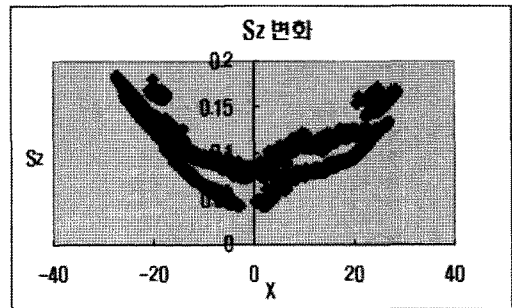


그림 6. 3차원 모델좌표 분석결과 - S_z

3. 3차원 좌표변환

3.1 3차원 상사변환

사진측량 및 컴퓨터비전에서 일반적으로 사용되는 두 3차원 좌표에 대한 변환은 식 (1)에 나타난 바와 같은 7변수 3차원 상사변환이 사용된다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = SR_n R_o R_w \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, (X', Y', Z') 는 변환 후의 3차원 좌표, (X, Y, Z) 는 변환 전의 3차원 좌표를 각각 나타내며, S 는 축척,

$(R_\omega, R_\phi, R_\kappa)$ 는 각각 X축, Y축, Z축에 대한 회전행렬, (T_X, T_Y, T_Z) 는 두 좌표 간의 이동변수를 나타낸다.

3.2 3차원 비선형 변환

3차원 상사변환은 3개의 축에 대해 선형변환으로 좌표 변환을 수행한다. 하지만 본 연구에서 사용하는 자유 입체 모자이크 영상의 3차원 모델좌표는 상대적인 오차의 누적으로 인해 2.2절에서 설명한 바와 같이 X축과 Z축에 대하여 2차원 포물선의 형태로 변화하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 상대적인 오차누적의 영향을 고려하여 그림 7과 식 (2)에 나타낸 바와 같은 3차원 비선형 변환 (3DNT)을 적용하고자 한다.

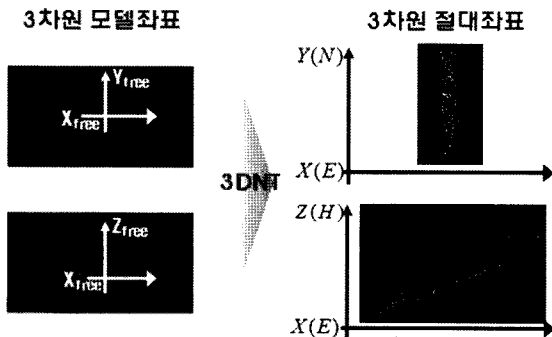


그림 7.3차원 모델좌표에서 절대좌표로의 변환

$$\begin{bmatrix} X_{east} \\ Y_{north} \\ Z_{height} \end{bmatrix} = SR \begin{bmatrix} aX_{free}^2 + bX_{free} \\ Y \\ cZ_{free}^2 + dZ_{free} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서, $(X_{east}, Y_{north}, Z_{height})$ 는 3차원 절대좌표, $(X_{free}, Y_{free}, Z_{free})$ 는 자유 입체 모자이크 영상의 3차원 모델좌표를 각각 나타내며, S 는 축척, $R(= R_\kappa R_\phi R_\omega)$ 은 회전행렬을 나타낸다.

4. 영상 변환

자유 입체 모자이크 영상 제작방법은 입체 모자이크를 수행하기 위하여 상호표정요소를 자동으로 추출한 후, 기준 좌표평면을 기준으로 모든 비디오 프레임 영상에 대한 영상등록을 수행한다. 이 때, 기준 좌표평면에 대한 고도는 '0'으로 설정하게 된다. 이와 유사하게 실좌표 입체 모자이크 영상을 제작하기 위한 기준 좌표평면에 대한 고도는 평균고도를 사용하게 되며, 평균고도는 지상기준점의 고도값을 산술평균하여 사용할 수 있다.

상기와 같이 자유 및 실좌표 입체 모자이크 영상은 기준 좌표평면에 영상등록하여 제작되므로 x, y 좌표에 대한 변환만을 고려하여, 식 (3)과 같은 2차원 비선형 변환 (2DNT)에 의해 자유 입체 모자이크 영상을 실좌표 입체 모자이크 영상으로 제작할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_{geo} \\ Y_{geo} \end{bmatrix} = SR_\theta \begin{bmatrix} aX_{fimage}^2 + bX_{fimage} \\ Y_{fimage} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_{Xl} \\ T_{Yl} \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서, (X_{geo}, Y_{geo}) 는 지상기준점의 3차원 절대좌표, (X_{fimage}, Y_{fimage}) 는 자유 입체 모자이크 영상에서 지상기준점에 해당하는 모자이크 영상좌표를 각각 나타내며, θ 는 축척, R_θ 는 회전행렬, (T_{Xl}, T_{Yl}) 는 두 좌표계간의 이동변수를 나타낸다.

식 (3)에 나타낸 바와 같이 3차원 비선형 변환과 유사하게 X축에 대해서 2차 다항식을 적용한다. 이는 그림 8에 나타낸 바와 같이 누적된 오차를 가지고 있는 상호표정요소를 이용하여 자유 입체 모자이크 영상이 제작됨에 따라, 스트립의 중심을 기준으로 양끝으로 갈수록 휘는 영상이 제작되기 때문이다.

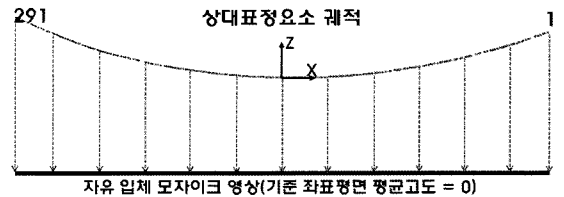


그림 8. 상호표정요소의 누적오차에 따른 자유 입체 모자이크 영상의 휘는 현상

상기의 과정을 통하여 자유 입체 모자이크 영상을 제작한 후, 추후에 지상기준점이 확보될 경우 실좌표 입체 모자이크 영상으로 변환할 수 있다.

5. 실험결과

5.1 사용 데이터

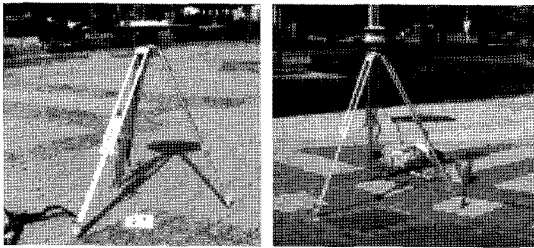
본 연구에 사용된 자유 입체 모자이크 영상은 총 291장의 프레임 영상을 사용하여 상호표정요소에 의해 제작된 자유 입체 모자이크 영상을 사용하였으며, 영상을 촬영하기 위하여 사용한 비디오 카메라는 Sony DCR-pc110 모델을 사용하였다. 그 제원은 표 1과 같다. 비행 촬영 시 초점 거리는 약 15.7mm, 촬영고도는 500m이며, 지상해상도 (GSD)는 약 30cm이다.

표 1. Sony DCR-pc110 제원

항 목	내 용
구경	37mm
CCD 평면 대각 길이	1/6"
CCD 화소 크기	약 9.5 μ m
총화소수	107만화소
유효화소수	69만화소
렌즈	4.2-42mm
정지화상해상도	720×480

5.2 지상기준점

본 연구에서 자유 입체 모자이크 영상에 실좌표를 등록하기 위해 사용된 지상기준점은 그림 9에 나타낸 바와 같은 Trimble 4700, 4800 장비를 사용하여 측량되었다.



Trimble 4700 Trimble 4800

그림 9. 지상기준점 측량 장비(현지측량 모습)

전체 대상지역에 대하여 총 21점을 측량하였으며, 이중 영상에서 관측 가능한 12점을 본 연구에 사용하였다. 사용된 12점의 지상기준점의 좌표를 표 2에 나타내었다.

표 2. 지상기준점 좌표(12점)

GCP ID	X(E) m	Y(N) m	Z(H) m
GCP1	234507.154	315861.377	53.995
GCP2	234478.211	315921.248	54.896
GCP3	234472.173	316034.915	55.532
GCP5	234472.090	316133.540	55.919
GCP6	234472.314	316223.950	56.137
GCP7	234472.010	316364.754	55.496
GCP12	234550.458	316522.943	54.481
GCP15	234473.701	316637.687	58.188
GCP16	234586.616	316643.287	53.445
GCP19	234521.535	316835.815	51.259
GCP21	234529.852	316953.246	49.989
GCP30	234562.216	316749.194	51.879

또한 그림 10은 자유 입체 모자이크 영상 중, 왼쪽 모자이크 영상에서의 지상기준점 배치를 나타낸다.

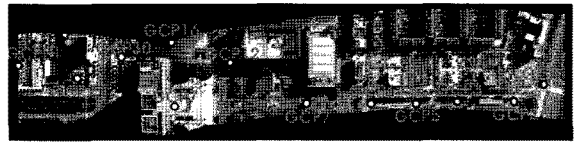


그림 10. 지상기준점 배치도(왼쪽 모자이크 영상)

5.3 3차원 좌표변환 결과

본 연구에서 제안한 3차원 비선형 변환의 모델 정밀도를 분석하기 위하여 사용된 3차원 좌표는 자유 입체 모자이크 영상 제작에 사용된 838점의 공액점을 사용하였다. 이들 공액점에 대한 3차원 모델좌표는 상호표정요소를 이용하여 결정하였으며, 3차원 절대좌표는 표 2에 나타낸 지상기준점을 이용하여 항공삼각측량에 의해 결정된 절대표정요소에 의해 결정하였다.

본 연구에서 제안한 3차원 비선형 변환의 모델 정확도 결과를 비교하기 위하여 일반적으로 사용되는 3차원 상사변환과 Z축에 대해서만 2차 다항식을 적용한 3차원 비선형 변환, X축과 Z축에 대하여 2차 다항식을 적용한 3차원 비선형 변환을 비교하여, 표 3에 나타내었다. 표 3에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제안한 3차원 비선형 변환 모델에 의한 정밀도($\sigma_0=4.69$)가 3차원 상사변환에 의한 정밀도($\sigma_0=19.08$)에 비해 약 4배 정도 향상되는 것을 확인할 수 있다. 이는 노명종 등(2009)에 의해 결정된 3차원 모델 좌표가 오차누적에 의해 2차 포물선 형태로 변하는 것을 3

표 3. 3차원 좌표변환 모델 결과 비교

매개 변수	3차원 상사변환	3차원 비선형 변환 ($Z=cZ^2+dZ$)	3차원 비선형 변환 ($X=aX^2+bX, Z=cZ^2+dZ$)
ω (deg)	-6.83	-0.35	-0.37
ϕ (deg)	0.87	-2.87	-2.79
κ (deg)	-91.26	-91.37	-90.95
S	16.88	17.12	15.17
Tx(m)	234551.24	234549.03	234548.75
Ty(m)	316425.51	316405.63	316394.76
Tz(m)	223.16	50.32	50.61
a			-0.002
b			1.133
c		-0.009	-0.011
d		-0.143	-0.159
σ_0 (m)	19.62	7.65	4.97

차원 비선형 변환 모델에 적용함으로써 3차원 절대좌표에 정합시킬 수 있음을 보여주고 있다.

또한 세 가지 변환 모델에 대한 위치정확도를 분석하기 위하여 표 2의 지상기준점을 사용하였으며, 그 결과는 표 4와 같다. 표 4에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제안한 3차원 비선형 변환의 평균제곱근오차(RMSE)는 X, Y, Z 각각 0.504m, 1.008m, 1.485m로 가장 정확한 결과를 보여주고 있다. 3차원 상사변환에 비해 3차원 비선형 변환의 경우, Z 값의 정확도가 매우 향상되는 것을 볼 수 있으며, Z 축에 대한 3차원 비선형 상사변환에 비해 X, Z축에 대한 3차원 비선형 변환의 경우 X, Y 평면위치 정확도가 향상되는 것을 볼 수 있다.

표 4. 지상기준점에 대한 3차원 좌표변환 모델 정확도 비교

모델	3차원 상사변환	3차원 비선형 변환 (Z=cZ'+dZ)	3차원비선형변환 (X=aX'+bX, Z=cZ'+dZ)
RMSE X(m)	2.559	2.744	0.504
RMSE Y(m)	2.216	3.415	1.008
RMSE Z(m)	13.208	1.599	1.486

5.4 영상 변환 결과

모델공간상에서 제작된 자유 입체 모자이크 영상을 절대공간상에 일치하는 실좌표 입체 모자이크 영상으로 변환하기 위하여 표 2의 지상기준점을 이용하여 2차원 비선형 변환을 적용하였다. 또한 본 연구에서 제안한 2차원 비선형 변환의 정밀도를 비교하기 위하여 식 (4)와 식(5)에 나타난 바와같은 2차원 상사변환과 부등각 변환을 실시하였다.

$$\begin{bmatrix} X_{geo} \\ Y_{geo} \end{bmatrix} = SR_{\theta} \begin{bmatrix} X_{fimage} \\ Y_{fimage} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_{Xl} \\ T_{Yl} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} X_{geo} \\ Y_{geo} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} aX_{fimage} + bY_{fimage} + c \\ dX_{fimage} + eY_{fimage} + f \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서, a, b, c, d, e, f는 축척, 회전, 이동 및 부등각이 포함되어 있는 매개변수이다.

표 5의 각 변환 모델 결과에서 볼 수 있는 바와 같이, 3차원 좌표변환에 비해 2차원 영상변환 각 모델의 정합 정밀도는 거의 유사한 결과를 보이고 있지만, 본 연구에서 제안한 2차원 비선형 변환이 다른 두 변환 모델에 비해 더 양호한 정합 정밀도를 보이고 있다. 이와 같은 세 영상변환

모델의 경우 차이가 작은 이유는 제작된 자유 입체 모자이크 영상 자체에 대해 영상변환을 수행하는 것이므로 영상 내에 이미 존재하는 위치 오차를 제거할 수 없기 때문이다. 하지만 정성적인 평가를 수행하기 위하여 그림 11에 나타난 바와 같이 육안으로 확인할 경우, 기하학적 왜곡에 많은 차이가 있음을 확인할 수 있다.

표 5. 2차원 좌표변환 모델 결과 비교

매개 변수	2차원 상사변환	2차원 부등각 변환	2차원 비선형 변환 (X=aX'+bX)
θ (deg)	-88.746	-84.396	-86.233
Scale	28.651	Sx =28.534 Sy =25.757	26.067
Tx	234518.66	234519.31	234516.89
Ty	316542.67	316542.38	316548.64
a			0.011
b			-0.545
σ ₀ (m)	11.35	10.47	9.52



2차원 유사변환



2차원 부등각변환



2차원 비선형변환



실좌표 모자이크 결과

그림 11. 영상변환 결과영상 비교

그림 11에서 실좌표 모자이크 결과는 절대표정요소를 이용하여 제작된 입체 모자이크 영상을 의미한다. 그림 11

에서 보는 바와 같이 2차원 부등각 변환영상은 실좌표 모자이크 영상과 비교할 경우, 많이 왜곡되어 있는 것을 볼 수 있으며, 본 연구에서 제안한 2차원 비선형 변환 결과영상이 실좌표 모자이크 영상과 가장 유사한 결과를 보이는 것을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 상호표정요소에 의해 제작된 자유 입체 모자이크 영상을 이용하여 3차원 실좌표를 결정하기 위한 3차원 좌표변환 기법과 실좌표 입체 모자이크 영상을 제작하기 위한 2차원 영상변환 기법에 대한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 먼저 자유 입체 모자이크 영상의 3차원 모델좌표에 대한 오차분석을 수행하였으며, 그 결과를 토대로 자유 입체 모자이크 영상의 3차원 모델좌표를 3차원 절대좌표로 변환하기 위한 3차원 비선형 변환 기법과 영상을 변환하기 위한 2차원 비선형 변환 기법을 제안하였다.

X와 Z축에 대해 3차원 비선형 변환을 수행한 모델 정합도를 나타내는 σ_0^{XZ} 를 3차원 상사변환에 의한 결과 σ_0^{ST} 와 X축에 대해 3차원 비선형 변환을 수행할 결과 σ_0^X 와 비교할 경우, 각각 약 0.25 σ_0^{ST} , 0.65 σ_0^X 로 향상됨을 알 수 있다. 또한 지상기준점에 대한 평균제곱근오차는 X축에 대하여 약 5배, Y축에 대하여 약 2배, Z축 방향에 대하여 약 8배 정도 향상되는 것을 알 수 있다. 이 결과에서 알 수 있듯이 3차원 상사변환에 비해 X와 Z축에 대한 3차원 비선형 변환을 수행함으로써 높은 정확도 향상을 기대할 수 있다.

자유 입체 모자이크 영상변환의 경우 2차원 상사변환, 부등각 변환, 본 연구에서 제안한 2차원 비선형 변환 순으로 위치정확도 향상이 있었지만 3차원 좌표변환에 비해 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 하지만 변환된 영상을 육안으로 비교할 경우 2차원 비선형 변환에 의한 영상이 실좌표 모자이크 영상과 가장 유사한 결과를 보이고 있다.

본 연구에서 제안한 방법은 GPS/INS 자료 및 지상기준점 없이 제작된 자유 입체 모자이크 영상을 이용하여 단순히 3차원 판독에만 사용하는 것이 아니라 절대좌표계에 대한 맵핑에 사용할 수 있도록 추후 확보된 지상기준점에 의해 3차원 실좌표 위치정보 및 실좌표 입체 모자이크 영상으로 변환하기 위해 사용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었습니다. 또한 방위사업청 영상정보특화센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 노명중, 조우석, 박준구 (2009), 비디오 프레임 영상을 이용한 자유 입체 모자이크 영상 제작에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 27권, 제 4호, pp. 453-460.
- 노명중, 조우석, 박준구, 고진우 (2009), 비디오 프레임 영상의 자유 입체 모자이크 영상 제작에 위한 부등각 모델 연구, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 17권, 제 3호, pp. 49-56.
- 김성삼, 신성웅, 김의명, 유환희 (2007), 영상지도제작을 위한 항공 비디오 영상 등록, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 25권, 제 4호, pp. 279-287.
- 유환희, 이학균, 김성삼, 김원만 (2003), 비디오 영상을 이용한 대축척 영상지도 생성, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 23권, 제 3D호, pp. 411-418.
- 장호식, 서동주, 이종출 (2003), 비디오 영상을 이용한 석조 문화재 위치 해석, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 21권, 제 4호, pp. 355-363.
- Zhu, Z., Hanson, A. R., Schultz, H., Stolle, F. and Riseman, E. M. (1999), Stereo mosaics from a moving video camera for environmental monitoring, *First International Workshop on Digital and Computational Video*, Tampa, Florida, USA, pp. 45-54.
- Zhu, Z., Riseman, E. M. and Hanson, A. R., (2001a), Parallel-perspective stereo mosaics, *8th International Conference on Computer Vision*, IEEE, Vancouver, Canada.
- Zhu, Z., Hanson, A. R., Bassali, H. S., Schultz, H. J. and Riseman, E. M. (2001b), Generating seamless stereo mosaics from aerial video, *18th Biennial Workshop on Color Photography & Videography in Resource Assessment*, ASPRS, University of Massachusetts, Amherst.