

비디오 프레임 영상의 자유 입체 모자이크 영상 제작을 위한 부등각 모델 연구

Affine Model for Generating Stereo Mosaic Image from Video Frames

노명종* · 조우석** · 박준구*** · 고진우****

Noh, Myoung Jong · Cho, Woo Sug · Park, Jun Ku · Koh, Jin Woo

要 旨

최근 항공 비디오 영상을 이용한 고해상도 모자이크 영상제작에 대한 연구가 큰 관심사로 대두되고 있다. 그 중, 본 논문에서는 입체 모자이크 영상 제작에 그 목적을 두고 있다. 입체 모자이크 영상은 연속된 비디오 프레임 영상에서 각기 다른 촬영 각도를 가지고 있는 전방과 후방 슬라이스 영상을 추출한 후, 각각을 모자이크하여 좌우 모자이크 영상을 생성함으로써 제작되어진다. 입체 모자이크 영상을 제작하기 위해서는 프레임 영상간의 기하학적 관계를 규명할 수 있는 이동변수(motion parameters)가 결정되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 이동변수 중, 상대적인 이동변수를 규명할 수 있는 부등각 모델을 적용하였다. 이러한 상대적인 이동변수를 사용하여 모자이크 영상을 제작하는 방법을 자유 모자이크라고 한다. 자유 모자이크 과정은 결정된 이동변수를 이용하여 첫 번째 프레임 영상을 기준으로 영상등록을 수행한 후, 전방 및 후방 슬라이스 영상 추출, 접합선 추출, 영상 모자이크 과정을 거쳐 수행된다. 본 연구의 결과로 좌우 모자이크 영상과 이를 이용한 여색입체 모자이크 영상을 나타내었으며, 정확도 분석을 위하여 중시차 분석을 수행하였다.

핵심용어 : 항공 비디오, 입체 모자이크, 이동 변수, 부등각 모델, 영상 등록

Abstract

Recently, a generation of high quality mosaic images from video sequences has been attempted by a variety of investigations. Among the matter of investigation, in this paper, generation on stereo mosaic utilizing airborne-video sequence images is focused upon. The stereo mosaic is made by creating left and right mosaic which are fabricated by front and rear slices having different viewing angle in consecutive video frames. For making the stereo mosaic, motion parameters which are able to define geometric relationship between consecutive video frames are determined. For determining motion parameters, affine model which is able to explain relative motion parameters is applied by this paper. The mosaicing method using relative motion parameters is called by free mosaic. The free mosaic proposed in this paper consists of 4 step processes: image registration with reference to first frame using affine model, front and rear slicing, stitching line definition and image mosaicing. As the result of experiment, the left and right mosaic image, anaglyphic image for stereo mosaic images are showed and analyzed y-parallax for checking accuracy.

Keywords : Airborne-Video, Stereo Mosaic, Motion Parameters, Affine Model, Image Registration

1. 서 론

최근 들어 비디오 프레임 영상을 이용하여 3차원 정

보를 추출할 수 있는 모자이크 영상 제작에 대한 많은 연구가 진행 중에 있다. 비디오 영상은 고가인 항공사진과 위성영상에 비해 저렴한 상업용 디지털 캠코더를

2009년 7월 8일 접수, 2009년 8월 3일 채택

* 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사과정(nmj@inhaina.net)

** 교신저자 · 정희원 · 인하대학교 토목공학과 교수(wcho@inha.ac.kr)

*** 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사과정(june@inhaian.net)

**** 국방과학연구소(xinu@add.re.kr)

활용하여 보다 쉽게 촬영될 수 있으므로 비용적인 면에서 매우 경제적으로 획득될 수 있고 무인항공기와 같은 탑재체에 의해 획득될 수 있다는 장점을 가지고 있다. 외국의 경우 모자이크 영상제작과 관련하여 Kumar (1998)는 비디오 카메라를 이용하여 촬영된 영상에 카메라의 위치에 대한 지리정보를 추가하는 좌표등록(geo-registration) 방법을 제시하였으며, Rouso(1998)는 모자이크 영상 제작을 위하여 2차원 직교투영(orthogonal projection) 방법을 사용하였다. 또한 입체 모자이크 영상 제작과 관련하여 Huang과 Hung(1998)은 두 대의 회전식 카메라로부터 입체 모자이크 영상을 제작하는 방법을 제안하였다. 하나의 회전식 카메라로부터 입체 모자이크 영상을 제작하는 방법은 Peleg와 Ben-Ezra(1999), Shum과 Szeliski(1999)가 제안하였으며, 이 중 Shum & Szeliski(1999)는 휴대용 카메라에 의해 촬영된 영상을 이용하여 불연속점이 거의 없는 2D 모자이크 영상을 제작하기 위하여 이동시차(motion parallax)의 보정을 수행하는 국부정렬(local alignment) 방법을 사용하였다. 이러한 이동시차의 보정에 대한 수학적 모델을 기반으로 Zhu.(1999, 2001a, 2001b)는 항공 비디오 프레임 영상에 대하여 이동시차와 평행투영(parallel-perspective projection) 방법을 적용하여 보다 정확한 모자이크 영상을 제작하였다. 지금까지 살펴본 바와 같이 항공 영상을 이용한 입체 모자이크 영상 제작에 관한 연구는 그 사례가 매우 적으며, 따라서 보다 정확한 입체 모자이크 영상 제작을 위해서는 다양한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 항공 촬영된 비디오 영상으로 획득된 프레임 영상을 이용하여 입체 모자이크 영상을 제작하는데 그 목적을 두고 있다. 입체 모자이크 영상은 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 좌표등록 모자이크라 하며, 후자를 자유 모자이크라 한다(Zhu, 1999). 본 연구에서는 자유 모자이크 방법에 의해 입체 모자이크 영상을 제작하였으며, 인접한 두 영상의 기하학적 관계를 규명하기 위하여 2차원 영상기반의 부등각 모델(affine model)을 적용하였다.

2. 입체 모자이크 영상 제작을 위한 자유 모자이크

입체 모자이크 영상 제작을 위해서는 그림 1과 같이 하나의 프레임 영상에서 전방 슬라이스 영상과 후방 슬

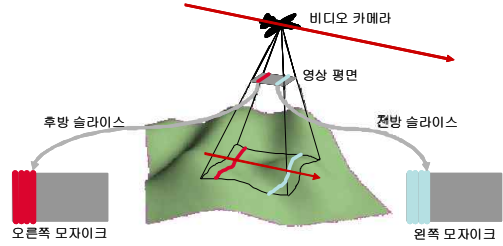


그림 1. 입체 모자이크 영상 제작 개요

라이스 영상이 추출되어야 하며, 각 프레임 영상에서 추출된 전방 및 후방 슬라이스 영상들을 각각 모자이크 하여 왼쪽 모자이크 영상과 오른쪽 모자이크 영상으로 제작되어야 한다.

이와 같이 입체 모자이크 영상이 제작되어지게 되면 이 영상을 이용하여 3차원 정보를 추출할 수 있게 된다 (Zhu, 1999).

2.1 연구 방법

본 연구에서 사용하는 자유 모자이크 방법은 그림 2에서 보는 바와 같이 비디오 프레임 영상 추출, 인접한 프레임 자동 영상 정합, 부등각 모델을 통한 영상 등록, 영상 슬라이싱 및 모자이크 순서로 수행되어진다.

영상 정합은 인접한 두 프레임 영상간의 기하학적 관계를 규명하기 위하여 사용되어지는 부등각 모델의 6개 파라미터를 추출하기 위하여 수행되어지며, 영상 등록은 이와 같이 추출된 부등각 모델 파라미터들을 이용하여 첫 번째 프레임 영상을 기준으로 영상을 재배열하는 과정이다. 영상 등록 후, 하나의 프레임 영상으로부터 전방 슬라이스 영상과 후방 슬라이스 영상을 추출하기 위하여 각 프레임 간의 움직인 거리에 따라 각 슬라이스 영상의 폭을 결정하게 된다. 슬라이스의 폭이 결정되게 되면 각 프레임 영상에서 영상을 추출하기 위한

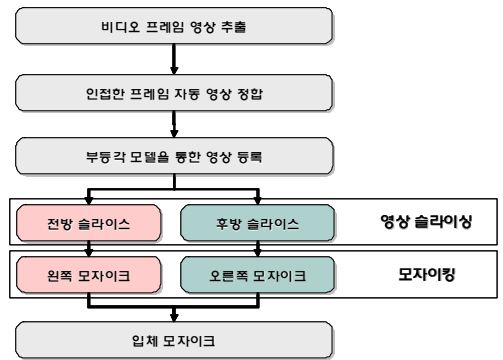


그림 2. 자유 모자이크 방법

영상 슬라이싱 과정을 수행하게 된다. 마지막으로 좌우 모자이크 영상을 제작하기 위하여 전방 및 후방 슬라이스 영상들이 인접하는 부분을 접합 선으로 추출한 후, 모자이크 과정을 거쳐 최종적인 좌우 입체 모자이크 영상이 제작되게 된다.

2.2 비디오 프레임 영상 추출

일반적으로 비디오 캠코더를 이용한 영상자료의 획득 시, 파일 포맷이 avi, mpeg 등과 같은 비디오 동영상 파일로 제작되어지게 된다. 이러한 비디오 동영상 파일을 본 연구에서 사용하기 위해서는 bmp, jpeg, tif 등의 영상 자료 포맷과 같은 프레임 영상 파일로 변환되어야 하므로, 이를 위하여 별도의 상용 소프트웨어를 사용하였다. 이처럼 비디오 동영상 파일로부터 프레임 영상으로의 변환 시, 영상에 흐려짐(blurring) 효과가 발생할 수 있으므로 변환 작업 시 세심한 주의가 필요하다.

2.3 인접한 프레임 자동 영상정합

인접한 프레임에 대한 자동 영상정합을 수행하기 위하여 정합 대상점에 대해 먼저 밝기상관법을 이용하여 초기 정합점을 결정한다. 이와 같이 결정된 초기 정합점은 최소제곱정합법을 수행하기 위한 초기값으로 사용되어 최종적으로 정확한 정합점을 결정하게 된다.

또한 본 연구에서 사용되어지는 프레임 영상은 RGB 칼라영상이므로 상기의 자동 영상정합 전략을 RGB 칼라영상에 적용하기 위하여 그림 3에서 보는 바와 같이 자동 영상정합 전략을 적색 영상, 녹색 영상, 청색 영상에 순차적으로 적용한다. 먼저 적색밴드 영상을 이용하



그림 3. 칼라영상을 위한 자동 영상정합 방법

여 자동 영상정합을 수행한 후, 정합 대상점에 대한 정합점이 결정되어지면 녹색과 청색밴드 영상에 대한 영상정합을 수행하지 않는 반면, 정합점이 결정되어지지 않으면 녹색밴드, 청색밴드 순서로 영상정합을 차례대로 적용하여 정합점을 결정하는 방법을 사용하였다.

2.4 부등각 모델을 통한 영상 등록

그림 4에서 보는바와 같이, 비디오 프레임 영상의 획득 시, 비행체의 비행고도가 모든 프레임 영상에 대해 일정하며($H=H_k$), 프레임 영상의 자세 요소 중 ω 와 ϕ 의 변화가 거의 없다고 가정한다면($\omega-\omega_k \cong 0, \phi-\phi_k \cong 0$), 인접한 두 영상 간의 기하학적 관계는 2차원 평면에서의 변환으로 볼 수 있으며 따라서 부등각 변환식에 의해 표현되어 질 수 있다. 여기서, ω 와 ϕ 의 미세한 변화는 부등각 변환 계수 중, S_x, S_y 및 δ (부등각)에 의해 그 영향이 반영될 수 있으며, κ 의 변화는 회전각 α 로 나타낼 수 있다.

여기서 $U(u,v)$ 와 $U_k(u_k,v_k)$ 은 각각 기준 프레임 영상과 k번째 프레임 영상의 영상 좌표를 나타내며, 이에 대한 부등각 변환 식은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_k \\ v_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_u \\ t_v \end{pmatrix} \tag{1}$$

$$U = A_k U_k + T_k$$

$$a_{11} = S_x \cdot (\cos\alpha + \delta \cdot \sin\alpha),$$

$$a_{12} = S_y \cdot \sin\alpha$$

$$a_{21} = S_x \cdot (\delta \cdot \cos\alpha - \sin\alpha),$$

$$a_{22} = S_y \cdot \cos\alpha$$

여기서, A_k 와 T_k 는 부등각 변환 계수를 나타내며, 이 중 T_k 는 인접한 두 영상의 상대적인 이동량을 나타내는 이동변수이다.

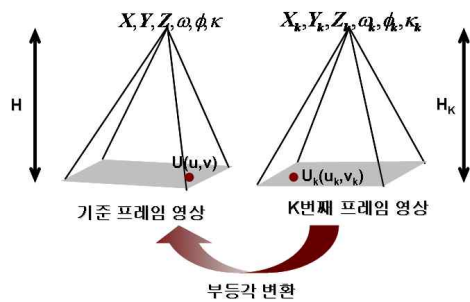


그림 4. 인접한 프레임 영상간의 부등각 변환

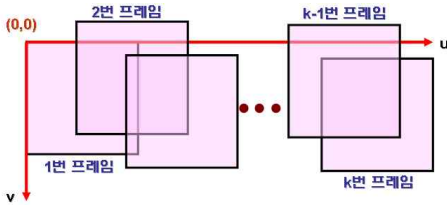


그림 5. 영상등록

또한 인접한 두 프레임 영상 사이의 부등각 변환은 기준 프레임과 k번째 프레임, 기준 프레임과 (k-1)번째 프레임 사이의 부등각 변환식에 의하여 식 (2)와 같이 표현되어 질 수 있다.

$$\begin{aligned}
 U &= A_k U_k + T_k \\
 U &= A_{k-1} U_{k-1} + T_{k-1} \\
 \therefore U &= A_k U_k + T_k = A_{k-1} U_{k-1} + T_{k-1} \quad (2) \\
 A_{k-1} U_{k-1} &= A_k U_k + (T_k - T_{k-1}) \\
 &= A_k U_k + \Delta T_k
 \end{aligned}$$

식 (2)를 인접한 영상 사이의 부등각 모델이라 한다. 따라서 부등각 모델을 토대로 각 프레임 영상은 그림 5에서 보는 바와 같이 첫 번째 프레임 영상을 기준으로 영상을 재배열 할 수 있게 된다.

이와 같은 과정을 부등각 모델을 통한 영상 등록이라 하며, 영상 재배열을 수행하기 위하여 공차 보간법을 적용하였다.

2.5 슬라이스 영상의 폭 결정

전방 및 후방 슬라이스 영상의 폭은 프레임 영상의 부등각 모델 계수 중 이동 변수를 이용하여 그림 6과 같은 방법으로 결정된다.

k번째 프레임 영상에서 추출되어지는 슬라이스 영상의 폭 $w = w_1 + w_2$ 는 (k-1), k, (k+1)번째 프레임 영상의 이동변수 중 촬영방향으로의 이동변수를 이용하여

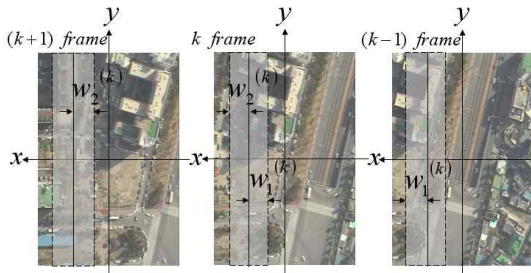


그림 6. 슬라이스 영상의 폭

식 (3)에 의해 계산되어지게 된다.

$$w_1^{(k)} = F \frac{|T_x^{(k)} - T_x^{(k-1)}|}{2H}, \quad w_2^{(k)} = F \frac{|T_x^{(k+1)} - T_x^{(k)}|}{2H} \quad (3)$$

식 (3)에서 T_x 는 프레임 영상의 대상좌표계에 대한 이동변수 중 촬영방향으로의 이동변수를 나타내며 F는 초점거리, H는 평균 비행 고도를 나타낸다. 식 (3)을 영상좌표로 바꾸게 되면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$w_1^{(k)} = \frac{|t_x^{(k)} - t_x^{(k-1)}|}{2}, \quad w_2^{(k)} = \frac{|t_x^{(k+1)} - t_x^{(k)}|}{2} \quad (4)$$

식 (4)에서 보듯이 k번째 프레임 영상에서 추출되어지는 슬라이스 영상의 폭은 앞뒤 영상의 이동량에서 절반씩 취해서 결정되어지게 된다. 즉, w_1^k 은 (k-1)번째 프레임에서 k번째 프레임 영상까지의 이동량의 절반에 해당하는 부분을 가져오며, w_2^k 는 k번째 프레임에서 (k+1)번째 프레임 영상까지의 이동량의 절반 부분을 가져오게 된다. 이렇게 함으로써 인접한 프레임 영상간의 이동량에 따라 발생하는 영역을 슬라이스 영상으로 추출할 수 있게 된다.

2.6 영상 슬라이싱

각 프레임 영상에서 슬라이스 영상의 폭이 결정되어지면 그림 7과 같이 좌우 모자이크 영상을 제작하기 위하여 전방 및 후방 슬라이스의 위치를 결정한다. 전방 및 후방 슬라이스 영상의 중심위치는 영상의 중심으로 부터 $dx/2$ 만큼 떨어진 곳에 위치하게 되며, 슬라이스

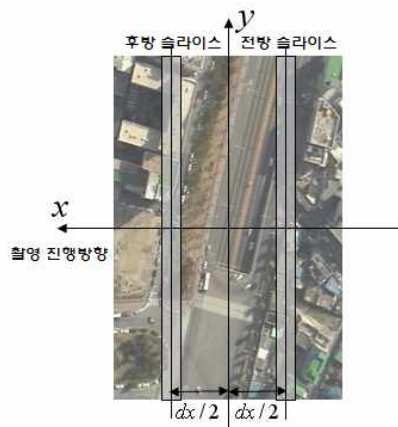


그림 7. 전방 및 후방 슬라이스 영상 추출

영상의 폭(w_1, w_2)을 이용하여 전방 및 후방 슬라이스 영상의 폭을 결정한다. 여기서 하나의 프레임 영상에서 추출되는 전방 및 후방 슬라이스 영상의 폭은 동일하다.

이 과정에서 각각의 프레임 영상에서 추출된 전방 및 후방 슬라이스 영상은 그림 7에서 보는 바와 같이, 각 프레임 영상의 중심으로부터 동일한 거리($dx/2$)로부터 추출되어지며, 이 값은 각 프레임 영상으로부터 추출되어지는 슬라이스 영상의 촬영각(Viewing Angle)이 일정하게 되는 역할을 수행하게 되어 최종적으로 모자이크 된 좌우 모자이크 영상은 동일한 촬영각을 가지게 된다.

3. 실험결과

3.1 사용 데이터

본 연구에 사용된 영상은 2005년 7월 대전지역 일대를 촬영한 영상으로 촬영고도와 초점거리는 데이터 1이 약 1000m, 10mm, 데이터 2가 약 450m, 15mm이다. 촬영하기 위하여 사용한 비디오카메라는 삼성 VM-B770 모델과 소니 DCR-pc110 모델을 사용하였으며, 그 제원은 표 1과 같다.

촬영된 비디오 영상을 프레임 영상으로 추출하기 위하여 Premiere 6.0 소프트웨어를 사용하였다. 데이터 1은 초당 3프레임의 영상으로 총 71장의 프레임 영상을 추출하였으며, 데이터 2는 초당 30프레임의 영상으로 총 73장을 추출하여 사용하였다.

표 1. 삼성 VM-770 모델 및 소니 DCR-pc100 모델 제원

모델	삼성 VM-770 (데이터 1)	소니 DCR-pc110 (데이터 2)
CCD	1/6"	1/6"
총화소수	69만 화소	107만 화소
유효화소수	34만 화소	69만 화소
렌즈거리	f=2.7-27mm	f=4.2-42mm
정지화상 해상도	720×480	720×480
촬영모드	자동 포커싱 모드	자동 포커싱 모드

3.2 영상 정합

인접된 두 프레임 영상의 부등각 모델 계수를 추출하기 위하여 사용된 영상 정합점은 총 14점이 사용되었으며 그 분포와 영상정합 결과를 그림 8에 나타내었다.



그림 8. 영상 정합점의 분포 및 영상정합 결과

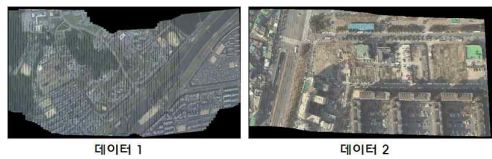


그림 9. 부등각 모델에 의한 영상등록 결과

3.3 영상 등록

인접 영상간의 영상 정합점을 사용하여 결정된 부등각 모델 계수들을 이용하여 영상 등록을 수행하였으며, 그 결과를 그림 9에 나타내었다.

3.4 좌우 모자이크 영상 결과

제작된 좌우 모자이크 영상을 그림 10과 그림 11에 나타내었다.



그림 10. 좌우 모자이크 영상 (데이터 1)



그림 11. 좌우 모자이크 영상 (데이터 2)

3.5 종시차 분석

종시차 분석을 위하여 좌우 모자이크 영상에 대해 자동 영상정합과정을 통하여 총 10점의 공액점을 추출하였으며, 그 중 영상의 y 좌표를 비교하여 종시차를 분석하였다. 그림 12와 그림 13에 각각 데이터 1과 데이터 2에 대해 추출된 공액점의 위치를 나타내었으며, 표 2와 표 3에 종시차 분석 결과를 나타내었다.



왼쪽 모자이크 영상



오른쪽 모자이크 영상

그림 12. 종시차 분석을 위한 공액점 위치(데이터 1)



왼쪽 모자이크 영상

오른쪽 모자이크 영상

그림 13. 종시차 분석을 위한 공액점 위치(데이터 2)

표 2. 종시차 분석 결과(데이터 1)

ID	left x	left y	right x	right y	종시차
1	1194.596	548.864	1195.520	550.764	-1.900
2	1046.166	338.841	1044.190	338.875	-0.034
3	973.718	252.257	972.743	252.592	-0.335
4	805.599	340.103	803.115	341.705	-1.602
5	867.697	511.251	866.532	512.740	-1.489
6	664.490	592.787	662.818	593.240	-0.453
7	736.180	113.167	738.192	112.884	0.283
8	791.016	516.487	791.167	517.836	-1.349
9	1206.627	426.031	1206.052	428.691	-2.660
10	691.740	426.486	689.721	426.618	-0.132
				RMSE	±0.963

표 3. 종시차 분석 결과(데이터 2)

ID	left x	left y	right x	right y	종시차
1	408.250	202.157	409.136	201.915	0.242
2	470.321	180.233	469.119	179.780	0.453
3	584.212	74.030	584.625	76.033	-2.003
4	704.083	139.802	708.067	138.593	1.209
5	764.445	322.597	767.061	321.716	0.881
6	620.088	375.272	618.946	374.017	1.255
7	375.506	452.433	383.911	451.442	0.991
8	610.122	488.594	608.655	487.138	1.456
9	693.548	528.741	699.549	524.613	4.128
10	387.180	669.681	391.981	670.613	-0.932
				RMSE	±1.606

데이터 1에 대한 종시차 분석 결과, 최대 종시차는 2.660 픽셀이며 RMSE(Root Mean Square Error)는 ±0.963 픽셀로 나타났다. 또한 데이터 2에 대한 종시차 분석 결과, 최대 종시차는 4.128 픽셀이며 RMSE는 ±1.606 픽셀로 나타났다. 이상의 결과에서 알 수 있듯이, 본 연구에서 제안한 방법에 의해 제작된 입체 모자이크 영상에 존재하는 최대 종시차는 약 5픽셀 이내이며, 종시차에 대한 RMSE는 약 ± 2픽셀 이내로 나타남을 알 수 있다.

3.6 여색입체 모자이크 영상

그림 14와 그림 15에서 보는 바와 같이 3차원 도시를 위하여 좌우 모자이크 영상의 적색, 녹색, 청색 영상 화소값을 이용하여 왼쪽 모자이크 영상은 적색으로, 오른쪽 모자이크 영상은 녹색과 청색 화소값의 평균으로 칼라 합성하여 여색입체 영상을 제작하였다.

이 영상을 적록안경을 이용하여 관측할 경우, 3차원 모델좌표계에서 구조물의 3차원 판독이 가능하다.



그림 14. 여색입체 모자이크 영상(데이터 1)
- 종시차 분석 영역을 기준으로 확대



그림 15. 여색입체 모자이크 영상(데이터 2)
- 종시차 분석 영역을 기준으로 확대

4. 결 론

본 연구에서 제작한 입체 모자이크는 영상 상호간의 기하학적 관계를 이용한 자유 모자이크 방법을 이용하여 제작되었으며, 그 결과 불연속점이 거의 없는 입체

모자이크 영상을 획득할 수 있었다. 또한 제작된 여색 입체 모자이크 영상을 이용하여 모델 좌표계 상에서 3차원 구조물의 식별이 가능하였다. 이와 같이 제작된 입체 모자이크 영상에는 약 5 픽셀 이내의 종시차가 존재하는 것을 확인 할 수 있었으며, 종시차에 대한 RMSE는 약 ± 1픽셀 이내인 것을 확인할 수 있었다. 이러한 입체 모자이크 영상을 제작하기 위한 모든 공정은 자동으로 가능하게 할 수 있었다. 그 4GHz CPU, 2GB RAM으로 구성된 시스템을 사용할 경우 약 5분 정도의 시간이 소요되었다.

본 연구에서 제작된 입체 모자이크 영상은 촬영 지역을 평면적인 2차원 정보뿐만 아니라 3차원 지형정보가 추출 할 수 있어 대상지역을 3차원으로 해석함으로써 간접적으로 그 지역을 효율적으로 판독할 수 있다. 또한 이와 같은 제작 과정은 완전 자동화가 가능하여 영상 촬영 즉시 입체 모자이크 영상을 제작할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

이와같은 방법으로 제작되는 입체 모자이크 영상이 항공 촬영된 영상을 사용하여 제작된다면 지도 제작이나 환경감시, 군사적 용도 등 여러 분야에서 다양하게 활용될 수 있을 것이다.

향후 GCP와 GPS/INS 데이터를 활용하여 모델 좌표계로 구성되어 있는 자유 입체 모자이크 영상을 절대 좌표계로 변환하기 위한 연구와 보다 연속적인 모자이크 영상을 제작할 수 있는 영상 모자이크 알고리즘에 대한 연구가 진행될 것이다.

감사의 글

본 연구는 방위사업청 영상정보특화센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kumar, R., Sawhney, H., Asmuth, J., Pope, J. and Hsu, S., 1998, "Registration of video to geo-referenced imagery", *ICPR98*, vol. 2:1393-1400.
2. Rousso, B., Peleg, S., Finci, I. and Rav-Acha, A., 1998, "Universal mosaicing using pipe projection", *ICC'98*, pp.945-952.
3. Huang, H. C. and Hung, Y. P., 1998, "Panoramic stereo imaging system with automatic disparity warping and seaming", *Graphical Models and Image processing*, 60(3):196-208.

4. Peleg, S. and Ben-Ezra, M., 1999, "Stereo panorama with a single camera", *Proc. IEEE CVPR99* : 395-401.
5. Shum, H. and Szeliski, R., 1999, "Stereo reconstruction from multiperspective panoramas", *Proc. IEEE ICCV99*, 14-21.
6. 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.
7. Zhu, Z., Riseman, E. M. and Hanson, A. R., 2001, "Parallel-perspective stereo mosaics", *ICCV'01*, Vancouver, Canada.
8. Zhu, Z., Hanson, A. R., Bassali, H. S., Schultz, H. J. and Riseman, E. M., 2001, "Generating seamless stereo mosaics from aerial video", *ASPRS18th Biennial Workshop on Color Photography & Videography in Resource Assessment*, May 16-18, University of Massachusetts, Amherst.