

무인비행선 촬영에 의한 영상지도제작

The Imagemap Generation Using Airship Video Imagery

이학균* · 제정형** · 김기열*** · 유환희****

Lee, Hag Gyun · Je, Jeong Hyeong · Kim, Ki Yeol · Yoo, Hwan Hee

1. 서론

현재 항공사진, 인공위성 등을 이용한 고해상도 영상지도의 요구와 실시간적인 시설물 관리의 필요성이 증대하고 있으나 관측시점 및 방법, 비용 등에 있어서 개선해야할 문제점을 갖고 있다. 저렴한 비용으로 관측이 용이하고 관측시점도 자유롭게 결정할 수 있는 관측시스템 개발이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 비행선에 비디오 촬영시스템을 탑재시켜 항공 비디오 영상을 취득하는 시스템을 개발하게 되었다. 비행선을 이용한 항공 비디오 영상은 수치지도를 직접 취득할 수 있으며 동영상인 관계로 프레임방식의 항공사진에서 발생되고 있는 폐색영역을 효과적으로 처리할 수 있는 특성을 갖고 있다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 영상지도제작 방법의 문제점을 개선하기 위해 비행선 비디오 촬영시스템에 의한 영상지도제작 방법을 제시하였다.

2. 연구방법

영상지도의 제작과정은 그림 1과 같이 (1) 입력영상의 기하보정 (2) 중복영역의 추출 (3) 접합점 및 접합선의 결정 (4) 접합선 평탄화 (5) 영상 모자이크 (6) 영상 지도제작의 단계로 이루어진다. 영상들은 비행선에 탑재된 CCD 비디오 카메라를 통하여 취득하고, 수치지도와 GPS를 이용하여 지상기준점들을 선정하게 된다. 이후 각 프레임 영상들 중 수직 촬영된 영상을 추출하고 영상 전처리 과정을 수행한 후 사전에 선정된 지상기준점들과 기하학적인 위치관계를 정립할 수 있는 기하모델식을 적용하여 기하보정을 실시하였다. 이렇게 기하보정된 영상들을 높은 중복도를 고려한 모자이크 편위수정 단계를 거쳐 최종적인 영상지도를 제작하였다. 최종적인 영상지도의 정확도는 영상의 기하보정 정확도에 따라 결정되므로 영상의 정확한 기하보정이 이루어져야 한다. 또한 보정된 영상사이의 중첩되어진 영역에서 왜

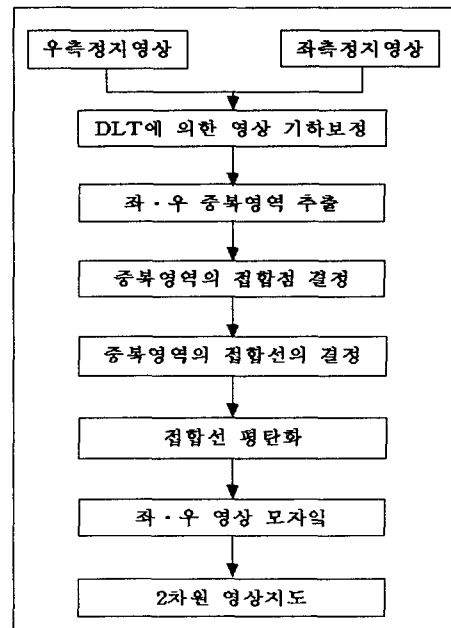


그림 1. 영상 지도제작 과정

* 경상대학교 건설공학부 도시공학과 석사과정 · 055-751-5321(E-mail : beugger@hanmail.net)
** 주)한국지리정보 대표 · 055-761-6388(E-main : hangis@hangis.com)
*** 경상대학교 건설공학부 도시공학과 석사과정 · 055-751-5321(E-mail : try789@hanmail.net)
**** 경상대학교 건설공학부 도시공학과 교수 · 공학박사 · 055-751-7321(E-mail : hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

곡이 최소가 되도록 접합해야 한다.

2.1 영상소값 조절

CCD 비디오 카메라를 통해 영상이 취득되는 동안에도 지표의 밝기값 변화는 발생한다. 만약 구름과 그것에 의한 그림자의 이동이 있다면 취득된 영상들은 다른 밝기범위를 가질 것이다. 이러한 차이는 흑백영상에는 크게 영향을 주지 않으나 칼라영상의 경우 매우 큰 영향을 미친다. 모자익된 영상에서 시각적인 이질감을 제거하기 위해서는 모자익 전 단계에서 영상들간의 상호 밝기값 조절이 이루어져야한다. 입력된 영상에 대한 전체적인 영상소값의 밝기를 조정하기 위해서 먼저 각 영상을 강조처리 후 한 장의 영상을 선정하여 그 영상의 영상소값 범위에 맞추어 나머지 영상의 영상소값 범위를 조정하는 방법을 사용하였다. 입력영상의 강조처리는 Linear Stretch 방법을 이용하였으며,

$$DN_{output} = (DN_{input} - DN_{min}) / (DN_{max} - DN_{min}) \times DN_r \quad \text{식 (1)}$$

식 (1)과 같이 표현할 수 있다. 이때 DN_{min} , DN_{max} 는 기준 영상 밝기의 최소, 최대값이며, DN_r 는 표현할 수 있는 영상값의 범위를 말하여 일반적으로 256의 값을 갖는다. 칼라 영상의 경우 각 밴드별 영상소값 조절을 수행해야 한다. 두 영상에 대한 영상소값 조절 방법으로 두 영상의 평균과 표준편차를 유사하도록 조정하는 방법을 이용하였다. 이 방법은 영상 향상 기법의 하나로 한 영상의 평균값과 표준편차를 임의의 값들로 재설정하여 변환 수식에 의해 원 영상소값들을 재조정하는 것이다. 두 영상에 대해 적용할 때는 하나의 영상을 기준 영상으로 두고 기준 영상의 평균값과 표준편차를 중심으로 또 다른 하나의 영상에 대한 평균과 표준편차를 조정한다. 식 (2)는 평균과 표준편차를 이용하여 영상소값을 재조정하는 수식을 나타내고 있다.

$$DN_{output} = \frac{\sigma_{ref}}{\sigma} (DN_{input} - \mu) + \mu_{ref} \quad \text{식 (2)}$$

여기서, 계산된 영상의 밝기값의 범위는 0과 255 사이므로, 255이상이면 $DN_{output} = 255$, 0 이하이면 $DN_{output} = 0$ 으로 범위를 제한한다.

2.2 확장 DLT에 의한 영상 기하보정

3차원 좌표를 2차원으로 투영하는 방법에는 원근투영과 병렬투영이 있다. 이러한 투영들은 실좌표, 카메라 좌표, 영상 좌표 사이의 투영관계로서 정의된다. DLT는 원근투영방법으로써 지상점과 대응되는 영상점, 그리고 투영중심이 하나의 직선을 이룬다는 공선조건을 기본으로 하고 있다. DLT의 기본식은 식 (3)과 같다.

$$u = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad v = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad \text{식 (3)}$$

$L_1 \sim L_{11}$ 의 11개의 매개변수는 DLT계수라고 하며, 지상좌표와 영상평면좌표 사이의 관계를 반영한다. 11개의 매개변수를 구하기 위해서는 최소 6점의 지상 기준점들이 필요하며, 최소제곱조정에 의해 구할 수 있다. 여기에 렌즈의 뒤틀림의 주원인이 되는 방사왜곡과 편심왜곡 요소를 보정한다. 방사방향의 왜곡은 영상의 주점에 관련하여 생기는 왜곡이며, 편심왜곡은 시각중심과 렌즈중

심의 불일치로 생기는 왜곡이다. CCD 렌즈의 보정을 통한 정확한 3차원 좌표의 획득을 위해 기본 DLT식에 방사왜곡과 편심왜곡 보정계수를 첨가하여 렌즈 왜곡을 보정할 수 있는 확장된 DLT 계수들을 구하여 3차원 위치를 결정한다.

방사왜곡 매개변수 3개 (K_1, K_2, K_3)와 2개의 비대칭 편심왜곡 매개변수 (P_1, P_2), 비직각방향과 센서축의 편위 왜곡을 고려하기 위한 둘 이상의 유사매개변수(A_1, A_2)를 고려한 보정식은 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} \Delta x &= x'(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + P_1(r^2 + 2x'^2) + 2P_2 x' y' \\ \Delta y &= y'(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + 2P_1 x' y' + P_2(r^2 + 2y'^2) + A_1 x' + A_2 y' \end{aligned} \quad \text{식 (4)}$$

2.3 접합점 결정

일반적으로 접합선의 선정과 관련하여 사용되는 방법은 중첩지역에서의 최소차이와 최대대조의 두 가지 접근방식을 사용한다. 최소차이방식(Shiren, 1989, Fernandex and Marti, 1999)⁷⁾은 중첩된 부분에서 두 영상의 밝기값의 차이가 가장 적은 곳을 접합선으로 선택하여 접합부분의 급격한 차이가 발생하지 않도록 하는 것이며, 최대대조 방식은 영상에서 도로나 하천과 같이 영상 대비가 큰 부분을 접합선으로 하여 영상의 차이가 보이지 않게 하는 방식이다. 본 연구에서는 최소차이방식을 이용하였다. 최소차이방식은 중첩지역이 N픽셀 크기인 좌·우측영상에서 영상값을 각각 f와 g로 표현하면, j번째 row에서 영상의 절대값 차이는

$$d_{j,k} = |f_{j,k} - g_{j,k}| \quad k=1, 2, 3, \dots, N \quad \text{식 (5)}$$

로 표현되며 수평방향의 탐색은 식 (6)로 표현할 수 있다. 수직방향의 탐색 역시 같은 원리로 표현가능하다.

$$V_k = \sum_{i=-u/2}^{u/2} |f_{j,k+i} - g_{j,k+i}| \quad \text{식 (6)}$$

$$H_k = \sum_{i=-u/2}^{u/2} |f_{j+i,k} - g_{j+i,k}| \quad \text{식 (7)}$$

접합은 j번째 row의 k점에서 가능하며 그림 2와 같이 표현할 수 있다.

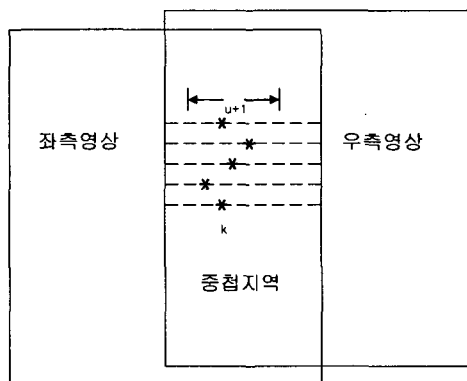


그림 2. 접합점 탐색방법(수평방향 탐색 범위 u+1)

V_k 와 H_k 는 위치(j,k)를 중심으로 하는 일정한 크기 u에 해당되는 수직, 수평상의 좌·우측 영상의 영상값 차이의 절대치 합이다. V_k 와 H_k 의 값이 최소가 되는 k점이 최적의 접합점으로 선택되어진다.

칼라 영상은 보통 각각의 R,G,B 요소의 밴드조합으로 구성된다. 다중과장대 영상의 모자이크에서, 만약 각 요소별 접합점(seam point)이 탐색된다면 접합점의 위치는 일치하지 않을 것이고 R,G,B 별 각각 경계선이 나타날 것이다. 다중과장대 영상에서 최소의 경계선을 위해 세 개 요소별 영상소 절대값 차이의 경중를 합인 영상값으로 접합점을 찾는다.

$$d_{j,k} = \sum_{i=1}^3 a_{i,j,k} |f_{i,j,k} - g_{i,j,k}| \quad \text{식 (8)}$$

식 (8)에서 $a_{i,j,k}$ 는 경중를 요소이며, $f_{i,j,k}$ 와 $g_{i,j,k}$ 는 좌·우측 영상 각각의 영상소값이다. 다중과장대 영상에서 영상소의 칼라는 세 개의 영상값의 조합으로 이루어지지만, 절대값차이를 표현하는 영상밝기값은 하나의 값으로 표현되므로, 경중를은 중첩지역의 좌·우측영상의 평균영상 밝기값으로 한다.

$$a_{i,j,k} = \frac{f_{i,j,k} + g_{i,j,k}}{2} \quad \text{식 (9)}$$

식 (9)를 이용하여 다시 $d_{j,k}$ 를 구하면 식 (10)이 된다.

$$d_{j,k} = \sum_{i=1}^3 \frac{f_{i,j,k}^2 - g_{i,j,k}^2}{2} \quad \text{식 (10)}$$

2.4 접합선 평탄화

접합점 탐색을 통해 모자이크를 수행하면 불규칙한 형태로 접합선이 구성되므로 육안으로는 접합선이 식별되지 않는 효과가 있으나, 여전히 접합선에서 불연속성을 갖게 된다. 그러므로 영상 모자이크 최종단계에서 접합점 근접 영상소에서 남아 있는 불연속 영상값을 제거하여 접합선을 따라 발생하는 두 영상의 영상소값 차이를 최소화 해야한다. 설정된 평탄화 지역에서 인접 밝기값을 선형보간하여 불연속성을 제거할 수 있다. 선형보간시 수직경계에 대해서는 수평방향의 라인에 대하여, 수평경계는 수직방향의 열에 대하여 접합점으로부터의 거리에 따라 경중를을 부여한다. 접합점의 양 측면 w 만큼의 평탄화 영역을 설정하였을 경우 점 p 에서 조정되는 영상값 Z_p 는 식 (11)과 같이 계산된다.

$$Z_p = f_p \frac{w-p}{2w} + g_p \frac{w-p}{2w} = \begin{cases} f_p & \text{for } -w \leq p < 0 \\ g_p & \text{for } 0 \leq p < w \end{cases} \quad \text{식 (11)}$$

여기서 f_p 와 g_p 는 좌·우측영상의 영상값이며, f'_p 와 g'_p 은 조정된 영상소값이다.

그러나 w 값을 크게 했을 경우 접합 주위의 이미지 정보를 다소간 감소시키는 작용을 하기 때문에 지나친 평탄화 처리는 자료의 정확성을 고려하여 피하는 것이 좋다.

3. 영상지도 제작

3.1 비행선 촬영 시스템

연구에 이용된 항공촬영 비행선은 경상대학교 창업보육센터내에서 개발중에 있으며, 비행선은 저고도·정지촬영 및 근접 항공촬영을 위하여 위치제어가 가능한 360°틸팅 추진 제어시스템을 개발하였다. 저고도 항공촬영시 대기압 변화를 극복하기 위한 기압 압력 조절장치와 엔진진동에 의한 사진기 흔들림을 최소화하기 위한 진동완충장치를 개발하였다. 카메라 탑재장치는 수직촬영을 위한 탈부착형 mount를 이용하여 틸팅 조절이 가능하다. 또한 원격조정의 안정성을 높이기 위해 송신기의 주파수를 증폭하였으며, 지상에서 촬영화면의 모니터링을 위한 TV 수신장치를 개발하였다.¹⁴⁾ (그림 4 ~ 그림 7)

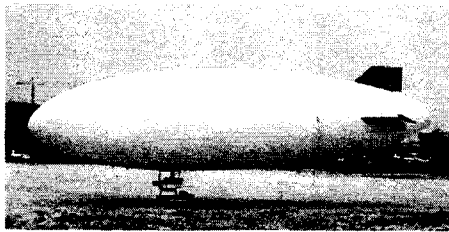


그림 3. 비행선 전경

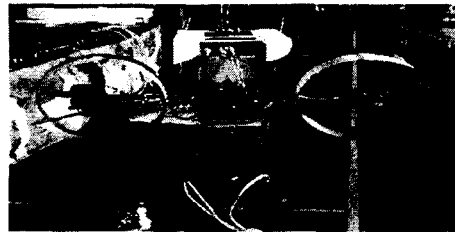


그림 4. 비행선 동력부

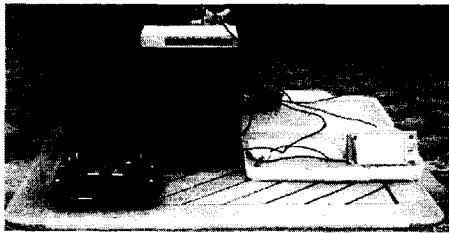


그림 5. 지상 모니터링 장비

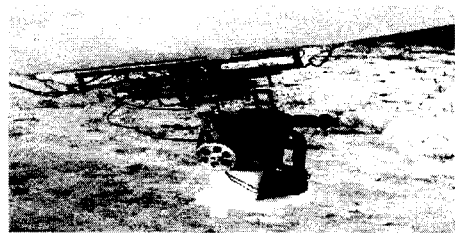


그림 6. 카메라

3.2 대상지 선정 및 촬영

본 연구에서는 비행선 촬영시스템을 이용하여 경상대학교를 대상지로 촬영하였다. 경상대학교는 비교적 평탄지로서 직선형태의 주도로를 따라 양 측면으로 저·고층의 대학시설물이 있으므로 가상 도심지역으로 고려하여 연구하기에 적합하다고 판단되었다. 촬영은 캠퍼스내 두 개의 주도로를 중심으로 횡중복 30~40%를 고려하여 이루어졌다.

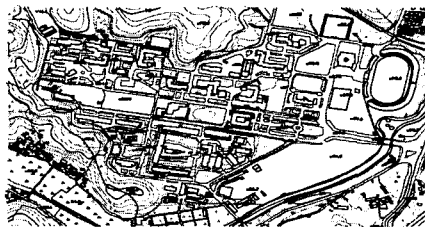


그림 7. 연구 대상지

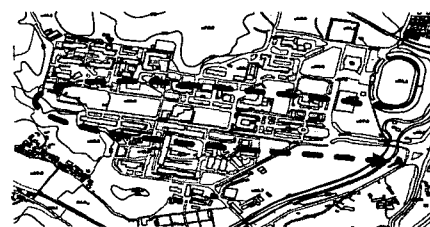


그림 8. 촬영 계획도

3.3 중첩영상 취득

연속 촬영된 비디오 동영상에서 위치정보를 결정하는 기하모형식을 정립하기 위한 중복도가 높은 수직 정지촬영영상들을 추출하기 위해 영상 편집기에서 일정한 크기의 정지영상으로 편집하였다. 정지영상 편집장치로서 Canopus사의 DVRaptor RT 보드와 Adobe사의 Premier 6.0을 이용하여 720×480 영상소를 갖는 정지영상들을 취득하였다.

3.4 2차원 영상지도

기존의 항공촬영이나 고해상도 위성 데이터를 이용한 도심지역의 대축척 정사영상제작은 기복변위나 폐색영역의 문제점이 있으며, 자료의 갱신에 많은 시간이 필요하다. 본 연구에서는 이 같은 문제를 해결하기 위해 저속, 저고도, 정지비행이 가능한 비행선에 비디오 촬영 시스템을 탑재하여 높은 중복도를 가지는 수직영상들을 취득하였으며, 이들 영상들을 기하보정과 모자이크 과정을 거쳐 대축척 정사영상을 제작하였다. 최종적으로 정사영상을 국립지리원의 1/5000의 수치지도와 중첩하여 기하학적 왜곡이 현저하게 감소된 영상지도를 제작할 수 있었다.



그림 9. 전체 모자이크 영상



그림 10. 2차원 영상지도

4. 결론

본 연구에서 도심지역의 대축척 정사영상을 제작하기 위해 저속, 저고도 촬영이 가능한 비행선 촬영시스템을 이용하여 수치영상을 취득하고 영상지도 제작 기법을 개발함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 기존의 항공사진과 위성영상을 이용한 도심지역 정사영상제작시 발생하던 기복변위와 폐색영역의 문제점을 해결하기 위하여, 비행선의 장점인 저속비행촬영을 통한 높은 중복도의 스트립영상을 획득하고, 이를 정지영상으로 편집하고 모자이크함으로써 신속하고 경제적으로 대축척 영상지도를 제작할 수 있었다.

둘째, 제작된 영상지도와 GPS 측량성과의 비교결과 1,5000 축척의 수치지형도의 도화 규정의 허용범위를 만족하므로, 향후 좁은 지역에 대한 부가적인 수치지도 제작뿐만 아니라 기제작된 수치지도의 검증이나 수정, 갱신작업에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 비행선에 비디오 카메라를 탑재함으로써 대상지의 저고도 근접촬영, 경사촬영 등을 통해 얻어지는 동영상을 이용한다면 도심지역의 시설물 관리나 경관관리, GIS 자료 구축 등에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김성삼(2001) 비행선촬영시스템을 이용한 영상지도 제작기법 개발, 석사학위논문, 경상대학교.
2. 배연성(1997) 비측량용 사진기에 의한 대축척 지형정보취득, 박사학위논문, 충남대학교,
3. 송영선(1998) 도시지역의 래스터 기본도 구축을 위한 정사투영사진지도 생성, 석사학위논문, 경상대학교.
4. 유환희, 차용대, 김성삼, 조형진(2001) 항공촬영용 비행선 시스템을 이용한 영상지도 제작, 대한토목학회학술발표회논문집.
5. Kurt Novak(1992) Rectification of Digital Imagery, Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, Vol. 58, No. 3, pp. 339-344.
6. R. Kumar, H.S. Sawhney, J.C. Asmuth, A. Pope and S. Hsu(1998) Registratiion of video to geo-referenced imagery, IAPRICPR98, Vol. 2, pp. 1393-1400.
7. Y. Afeck, A. Brand(1998) Mosaicking of Orthorectified Aerial Images, Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, Vol. 64, No. 2, pp. 115-125.
8. Yang Shiren, Li Li, Gao Peng(1989) Two-Dimensional Seam-Point Searching in Digital Image Mosaicking, Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, Vol. 55, No. 1, pp. 49-53.