

## 도시 시설물 모니터링을 위한 비행선촬영시스템 개발

### Development of Airship Photogrammetric System for Urban Facilities Monitoring

유환희<sup>1)</sup>, Yoo, Hwan Hee · 제정형<sup>2)</sup>, Je, Jeong Hyeong

김성삼<sup>3)</sup>, Kim, Seong Sam · 김원만<sup>4)</sup>, Kim, Won Man

<sup>1)</sup> 정회원 · 경상대학교 건설공학부 도시공학과 교수(ERDI 연구원)(E-mail: hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

<sup>2)</sup> 준회원 · (주)HanGIS 대표이사(E-mail: hangis@hangis.com)

<sup>3)</sup> 준회원 · 경상대학교 건설공학부 도시공학과 박사과정(E-mail: kimss333@netian.com)

<sup>4)</sup> 준회원 · 경상대학교 건설공학부 도시공학과 석사과정(E-mail: ok016@hotmail.com)

## 1. 서론

최근 컴퓨터와 영상처리기술의 급격한 발전에 의해 벡터지도와 더불어 래스터 자료의 수요가 급증하고 있다. 특히 GIS의 지형정보 구축을 위한 기본도로서 항공기 및 인공위성의 광학센서 자료에 의한 정사영상지도의 활용성이 증가되고 있다. 그러나 위성영상이나 항공사진은 관측시기 선택이 자유롭지 못하며 가격면에서 고비용인 단점이 있다. 따라서 기존의 영상지도 제작 방법들의 한계점들을 극복하고, 급변하는 도시지역의 GIS 데이터 구축이나 갱신, 도시 경관관리나 시설물 모니터링, 기 제작된 수치지형도 갱신을 위해 보다 경제적이고 상대적으로 촬영 시간이나 조건에 제한이 적은 대축척의 영상지도를 제작하기 위한 새로운 기법이 필요하다.

그 동안 영상지도제작은 대부분 항공사진촬영에 의해 취득된 항공사진을 스캐닝하여 영상지도를 제작하거나 위성영상을 이용한 정사영상지도제작에 대한 연구가 많았으나, 최근 소형비행기와 같은 다양한 종류의 비행체가 개발되면서 이들 비행체에 탑재된 센서로부터 취득된 영상자료의 활용에 대한 연구가 점차 증가되고 있다.

Um 등(1999)은 송유관선로의 환경모니터링을 위한 비디오 선형맵핑에 대한 연구에서 비디오영상을 취득 후 영상정합과 모자이크를 수행함으로써 송유관선로 건설로 인한 주변 환경의 변화를 감시하기 위한 항공촬영비디오 영상을 활용하는 방법론을 제시하였다. 또한, Kumar 등(2000)과 Szeliski(1996)는 비디오 영상의 모자이크와 기하보정을 위해 기하학적 특성 정립 및 편집기술을 발표하였으며, Dare(2000) 등은 선형시설물 관리를 위해 비디오 영상의 활용과 GIS 자료 구축에 대해 연구하였다. 국내에서도 소형비행체를 이용한 촬영이 강준목 등(1994)과 유복모 등(1994)에 의해 시도되었으며, 유환희 등(2001)과 이학균 등(2002)은 비행선을 이용한 촬영시스템을 개발하여 비디오 촬영을 한 후 얻어진 비디오 영상의 활용방법에 대해 연구하였다. 그러나 국내에서는 아직 소형비행체를 이용하여 취득된 비디오 영상을 이용한 시설물관리나 정사영상생성에 대한 사업이 활성화되어 있지 않아서 이에 대한 기술개발과 관심이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 도시지역의 GIS 데이터 구축이나 시설물 모니터링에 활용하기 위하여 비행선 촬영시스템을 개발하였으며, 취득된 비디오 동영상으로부터 정지영상을 취득하여 기하 보정을 한 후 정지영상들 간의 중복촬영영역을 자동인식하고 그 영역내 존재하는 공액점을 중심으로 모자이크를 하여 영상지도를 제작할 수 있는 영상처리시스템을 구축하였다.

## 2. 비행선촬영시스템 개발

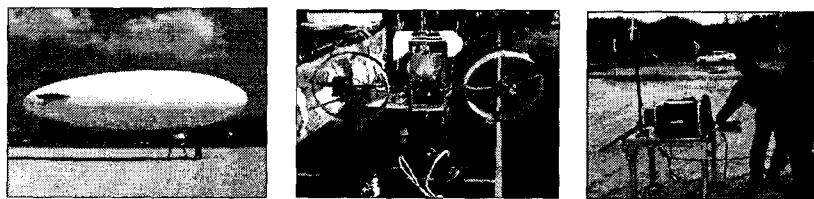
### 2.1 비행선 개발

본 연구에서 사용한 비행선 및 항공 비디오 촬영시스템은 경상대학교 창업보육센터 내의 (주)HanGIS에서 연구 개발 중에 있으며, 보다 안정적이고 정확한 비디오 동영상을 얻기 위하여 자세제어 시스템이나 자동항법시스템을 지속적으로 개발하고 있다. 개발된 비행선은 헬륨(He)가스를 이용하여 부력을 얻는 비행선 기낭과 수직/수평 날개, 엔진 및 곤돌라 등으로 구성되며, 전장 12m, 최대 높이는 3.6m로 저속비행촬영뿐만 아니라 정지촬영도 가능하도록 제작되었다. 저고도 항공촬영시 현격한 대기압 변화를 극복하기 위하여 기낭 압력조절장치와 정지비행촬영 및 정밀항공촬영을 위하여 위치제어가 가능하도록 360°틸팅 추진 제어시스템을 개발하였다. 또한, 촬영당시의 비행선의 위치를 측정하기 위하여 GPS 수신기를 탑재하였고 원격조정의 안정성을 높이기 위해 송신기의 주파수를 증폭과 지상에서 비행 및 촬영상황 모니터링을 위한 무인항법시스템을 개발하고 있다.

표 1. 비행선촬영시스템 특성(Han1200)

명칭	구분	세부내용
기낭	크기(L×H)/사용가스 / 재질	12m×3.6m / He(헬륨) / 3중 복합재료
곤돌라	크기(L×W×H) / 재질	1.10m×0.35m×1m / FRP, 알루미늄
	엔진 규격 / 특성	4.75hp×2EA / 360° 틸팅제어, 6500 rpm
촬영시스템	카메라	Sony사의 DSR-PD150
	마운트 특성	2kg, 수평방향 230°, 수직 ±90° 틸팅
날개	크기(L×W×H) / 재질	1.9m×0.06m×1.1m / 스티로폼(poly-Styrene)
조종기	비행선 / 카메라 제어	PCM방식, Fail safe 기능, Noise filter 장착
무인항법시스템		자동비행조종장치(FCC), 지상관제시스템(GCS)
payload / 총 중량 / 운항고도 / 최고속도		10kg / 90kg / 1km이하 / 80km/h

그림 1은 비행선 외형, 곤돌라와 추진 제어기 부분, 무인항법시스템을 이용하여 지상에서 비행 및 촬영상황을 모니터링하는 모습을 보여주고 있다.



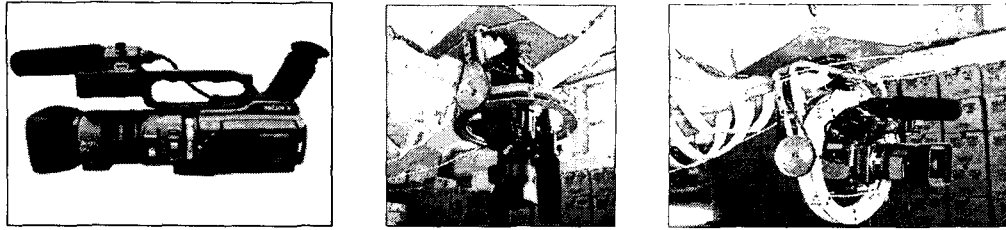
(a) 비행선 외형 (b) 비행선 추진/제어기 (c) 지상 모니터링

그림 1. 비행선 및 부대장비 개발

### 2.2 촬영시스템 개발

비디오 카메라는 비측량용 스틸 카메라와 비교해 볼 때 다양한 종류의 영상자료를 취득할 수 있다. 특히, 비디오 동영상은 연속된 정지영상이나 중복 영상을 취득하는 데 유리하며, 내부 메모리장치를 이용하여 해상력이 높은 스틸 사진(still image)도 취득할 수 있다.

본 연구에서는 보다 해상도 높은 영상을 취득하기 위하여 방송용 비디오 카메라인 Sony사의 DSR-PD150을 탑재하였다(그림 2). 이 카메라는 1/3 inch 3 CCD 카메라로서 최대 38만 영상소(pixel), 유효 영상소는 34만 영상소를 지원하며 본 연구에서는 720×480 영상소 크기의 영상을 취득하였다. 촬영 지역의 보다 다양한 자료로 취득하기 위하여 좌/우, 상/하 틸팅이 가능하도록 마운트를 제작하였으며, 지상에서 무인항법시스템을 통하여 모니터링과 제어가 가능하도록 하였다.



(a) 소니 DSR-PD150

(b) 수직촬영모습

(c) 카메라 마운트 킬딩

그림 2. 카메라 및 촬영시스템

표 2는 본 연구에서 사용된 Sony사의 DSR-PD150의 세부 규격과 그 특성을 나타내고 있다.

표 2. Sony DSR-PD150의 규격

구분	세부 규격 및 특성
렌즈	f : 6.0 ~ 72.0mm, 필터 지름 : 58mm
CCD	1/3 inch 3CCD, 최대 38만(유효 34만) Pixels 지원
수평해상도	530 TV lines (Interlaced scan/progressive scan)
최대 레코딩시간	DVCAM 모드 40분, 일반 DV 모드 60분.
비디오 신호	NTSC standard color system (size:720×480)
포커스	자동/수동/무한대/One Push 자동
크기/ 무게 /노출	125x180x405mm / 약 1.5 kg / 수동/자동
메모리카드	디지털 스틸 촬영을 위한 Memory Stick(최대 64MB)
캡코드 케이블	i.Link 인터페이스 (디지털 편집이 간단)

### 2.3 무인항법시스템 개발

무인항법시스템은 비행체 및 카메라 제어를 통하여 촬영상황을 지상에서 모니터링하고 제어 할 수 있도록 한 장비이다. 그림 3에서와 같이 지상통제장비에서의 그래픽보드와 VCR이 연결되어 영상을 실시간으로 저장한 후 사용자가 영상 모니터상에서 다시 재생할 수 있도록 하였다. 영상출력기능은 비행수행에 있어서 모니터를 통한 동영상 출력 및 데이터 처리와 관련된 제반기능을 제공하며, 동영상과 비행정보 중첩 출력, 비행정보 그래픽 출력, 데이터 통신 인터페이스 등으로 구성된다.

#### 2.3.1 무인항법시스템의 구성

1) 무인비행선 자동비행조종장치 : FCC (Flight Control Computer)

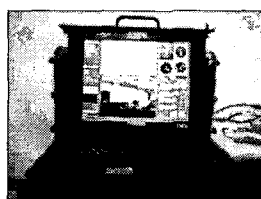
FCC는 무인비행선에 탑재되어 두뇌 기능을 담당하며, 비행자세를 제어하고 GPS와 연동하여 자동비행을 할 수 있도록 한다. 비행전 입력된 항로점(Waypoint)을 참조한 자동비행과 비행체의 비상상황에 대한 대처기능, 자동복귀기능, 비행중 항로변경기능 및 자기진단기능 등이 내장되어 안정된 비행을 유지토록 하는 장치이다.

2) 이동용 지상관제시스템 : GCS (Ground Control System)

GCS는 휴대용 무인비행체 통제장비로서 모니터상에 비행체의 항로와 고도를 실시간으로 표시하며 계기비행을 할 수 있도록 비행체의 각종 정보를 계기로 확인할 수 있고 카메라를 장착하여 촬영영상을 실시간으로 볼 수 있다.



(a) 자동비행조종장치



(b) 지상관제시스템



(c) 촬영지역 모니터링

그림 3. 무인항법시스템

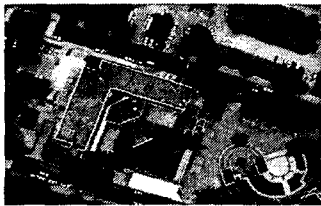
### 3. 비디오영상처리 시스템 개발

촬영시스템에 의해 얻어진 비디오 동영상을 정지영상으로 변환하여 저장한 후 영상처리를 통해 영상지도도를 제작하기 위해 Visual C++언어를 이용하여 Window NT환경에서 프로그램을 개발하였다. 메뉴는 입체영상을 이용한 3차원 위치결정에 사용할 수 있는 DLT 계산기능, 정지영상을 취득한 후 전처리과정을 수행할 수 있는 영상처리기능, 기하보정과 중복영역설정 및 모자익 등을 통한 영상지도제작에 이용되는 정사영상생성기능, 정사영상에 속성정보를 연결시킬 수 있는 속성연결기능 등으로 구성하였다.

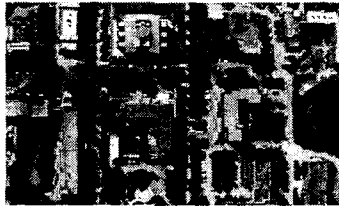
### 4. 대상지 촬영 및 영상지도 제작

#### 4.1 기준점 측량 및 대상지 촬영

비디오 촬영대상지는 경상대학교 캠퍼스로서 촬영고도 450m에서 촬영된 동영상을 이용하였으며, 기준점 측량을 위해 GPS(Leica GPS system 300)측량을 실시하였다. 촬영된 비디오 동영상을 정지영상으로 취득하기 위해 비디오 편집 보드로 시스템 안정성과 고화질을 제공하는 Canopus사의 DVRaptor RT를 이용하였으며, 편집 소프트웨어는 Adobe사의 Premier 6.0에서 1초당 30개 프레임으로 연속 촬영된 영상을 편집하여 720×480의 크기의 정지영상으로 취득하였다.



(b) 근접촬영 정지영상



(b) 수직촬영 정지영상

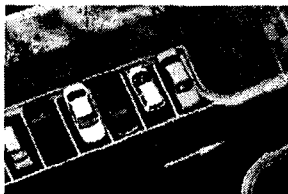


(c) 경사촬영 정지영상

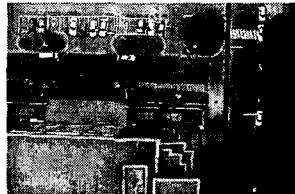
그림 4. 정지영상 취득

#### 4.2 도시 시설물 모니터링

저속비행촬영과 정지촬영이 가능하도록 제작된 비행선촬영시스템을 이용하여 경상대학교를 대상으로 일정고도별로 비디오 촬영을 수행함으로써 도시 시설물관리와 모니터링, 도시경관관리 등의 비행선촬영시스템을 활용 가능성을 하고자 하였다. 근접 촬영된 비디오 영상에서 취득한 정지영상을 통하여 횡단보도, 주차선, 중앙 분리대, 경계석과 같은 도로 시설물이나 맨홀, 가로수, 화단 경계석, 주차장 등과 같은 다양한 시설물 정보를 취득할 수 있었다. 또한, 200m 이상에서 경사촬영된 비디오 동영상을 이용하여 도시경관 관리나 도시 지역의 건축물 관리나 주기적인 모니터링이 가능할 것으로 판단된다.



(a) 고도 30m 근접촬영



(b) 고도 50m 근접촬영



(c) 고도 150m 촬영

그림 5. 비행선촬영시스템을 통한 시설물 모니터링

#### 4.3 영상지도 제작

영상지도 제작 과정은 취득한 정지영상을 밝기값 조정을 통하여 전처리 작업과 affine 변환식을 통하여 두 영상간의 기하보정을 수행하였다. 기하보정된 영상들에 대해 모자익

를 수행하기 위해 각 보정된 영상간의 중복영역을 추출해야 하며 중복영역을 추출하기 위해 영상의 경계부분을 폴리곤 형태로 구성하여 폴리곤 클리핑 알고리즘을 적용하였다. 중복영역 안에서 접합점을 탐색하고, 접합점을 기준으로 접합점 좌측에 위치하는 영상은 좌측영상에서, 우측에 위치하는 영상은 우측영상에서 밝기값을 가져와 모자이크를 수행하게 된다. 그림 6은 연속적으로 중복되어 얻어진 정지영상들을 기하보정 후 모자이크를 수행하여 영상지도를 생성하는 과정을 보여주고 있다.

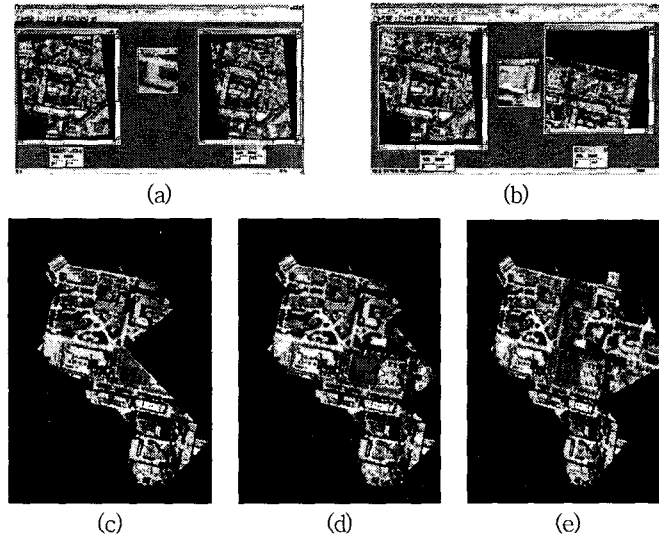


그림 6. 영상지도제작 과정

그림 7은 경상대학교 캠퍼스 전체에 대해 제작한 영상지도이며, 그림 8는 1/5,000 수치지형도에서 추출된 등고선을 영상지도에 중복시킨 그림을 보여주고 있다. 그림 8에서처럼 450m 상공에서 촬영된 영상을 이용하여 생성된 영상지도가 1/5,000 수치지형도에 표시된 각종 시설물의 위치와 영상지도상의 위치가 비교적 잘 일치하고 있음을 감안할 때 촬영고도가 더 낮은 상태에서 촬영된 자료를 이용하면 보다 대축척의 영상지도 제작이 가능할 것으로 판단된다.

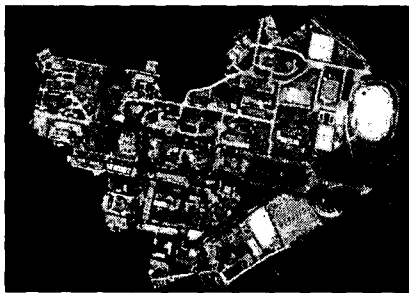


그림 7. 생성된 영상지도

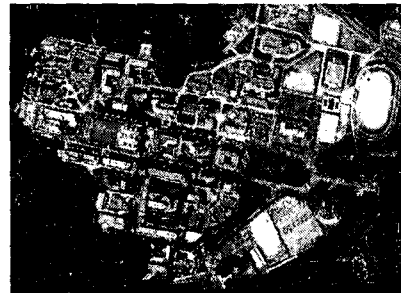


그림 8. 등고선과 영상지도 중첩

## 5. 결론

개발된 비행선촬영시스템과 영상처리시스템을 통하여 촬영된 동영상으로부터 정지영상을 취득하여 대축척의 영상지도를 제작함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 기존의 항공사진이나 위성영상을 이용한 영상지도제작에서 탈피하여 실시간적이고 촬영제한이 적으며 경제적인 기법으로 도시지역의 다양한 GIS 정보를 취득할 수 있는 비행선을 이용한 영상지도제작시스템을 개발하였다.

둘째, 저고도의 비행선 촬영시스템에서 비디오 영상자료를 취득하여 GIS 데이터인 소규

모지역에 대한 대축척 영상지도를 제작할 수 있으며, 정지 및 근접 비행으로 대상지역을 경사 또는 수직 촬영하여 동영상자료를 취득함으로써 도심지역의 시설물 관리나 경관관리, GIS 자료 조사 등에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 보다 안정적이고 정확한 비디오 영상자료를 얻기 위하여 비행선 자세제어 시스템이나 자동항법시스템에 대한 지속적인 연구 개발이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 강준묵, 배연성, 이용욱(1994) 원격조종 공중사진을 위한 대축척 지형정보 획득, 1994년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 533~536.
2. 유복모, 강인준(1994) 지형공간정보시스템에 있어서 자료획득을 위한 무선조정비행선의 활용기법, 1994년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 445~446.
3. 유환희, 차용대, 김성삼, 조형진(2001) 항공촬영용 비행선시스템을 이용한 영상지도 제작, 2001년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회.
4. 이학균, 제정형, 김기열, 유환희(2002) 항공 비디오 영상의 Geo-Correction. 2002년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회.
5. P. M. Dare and C. S. Fraser(2000) Linear infrastructure mapping using airborne video imagery and subsequent integration into a GIS, *Proc. the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
6. R. Kumar, S. Samarasekera, S. Hsu, K. Hanna(2000) Registration of Highly-Oblique and Zoomed In Aerial Video to Reference Imagery, *Proc. ICPR 00*.
7. Richard Szeliski(1996) Video Mosaics for Virtual Environments, *IEEE Computer Graphics and Applications(c)*, Vol.16, No. 2, pp. 22~30.
8. Um, J. S. and Wright, R.(1999) Video Strip Mapping (VSM) as a tool for time-sequential monitoring of revegetation of a pipeline route, *Geocarto International*, Vol. 19, No.1, pp. 23~34.