

무인 헬기 사진측량시스템을 이용한 Web 상에서의 문화재 관리 정보시스템 구축 Construction of Information System for Management of Cultural Heritage on the Web Using a Pilotless Helicopter Photogrammetry System

이종출¹⁾ · 양인태²⁾ · 장호식³⁾ · 허종호⁴⁾

Lee, Jong Chool · Yang, In Tae · Jang, Ho Sik · Heo, Jong Ho

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

²⁾ 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:Intae@cc.kangwon.ac.kr)

³⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사(E-mail:gpsjhs@mail1.pknu.ac.kr)

⁴⁾ (주) 삼보기술단 도로부 대리 · 공학석사(E-mail:sbera@chollian.net)

Abstract

Structure-typed cultural heritage, objects of preservation are positioned as one of the very important heritage in the nation, and the preservation of prototypical structures become influential in national development and against natural disaster. For this reason, Digital Close Range Photogrammetry has recently been diversely used. Despite its popular use, the measurement has limits that make it unsuitable for photographing precise cultural heritage situated at high mountainous terrain or where people can not approach easily. These high gigantic stone statues are among the preserved structure-typed cultural heritage. In order to supplement the limits, when using the measurement, a camera tripod with +30m, a ladder truck and a shore should be equipped, which means additional equipment leads to it being a waste of cost and time.

In this vein, a device was developed in detail, using a RC Helicopter installed with a CCD video camera with ease of control, safety, equipment, carrying, movement and approach, then checked image shot by a wireless modem at real time and considered the economical efficiency without re-photographing. Next, the author digitized the images of the nationally designated structure-typed cultural heritage, used materials on their restoration as the third dimension in order to construct the integrated management-information system for cultural heritage.

Through the above processes, this study can provide specific information on 3D images and 3D CAD sections of structured-typed cultural heritage for both the public and specialists on the web. Moreover, it suggests the foundation to restore the damaged cultural heritage in the future by aiming for their effective management and preservation.

1. 서론

최근 문화재 원형보존을 효과적으로 추진하기 위하여 요구되는 문화재에 대한 자세한 정보를 제공하기 위해 국내에서도 정부가 문화재 관리업무 전반에 걸친 대대적인 정보화 구축사업인 지형공간정보체계(Geographic Information System : GIS)를 도입하고 있는 추세이다.

그리고, 최근 문화재청에서는 보존관리 해야 할 문화재의 증가, 보존과 개발간의 갈등 심화, 주5일 근무제 도입 등 국민의 여가시간 증가와 삶의 질 향상으로 고품격의 전통문화를 향유하려는 국민의 욕구가 폭발적으로 증가하는 등 문화재 행정환경이 급변함에 따라 이에 능동적으로 대응하고 체계적이고 효율적인 문화재 보존관리 체제를 정착시켜 나가기 위하여 「문화재 보존관리 및 활용에 관한 기본계획」(2002-2011년)을 수립하게 되었다.(문화재청, 2002)

따라서, 문화재 원형 보존에 대하여 기존에는 접촉에 의한 실측방법을 주로 이용하여 관측하였으나,

최근에는 측정기술의 발달과 더불어 측량분야에서도 비약적인 발전을 가져와 수치 근거리 사진측량체계(Digital Close-Range Photogrammetry : DCRP)를 도입하고 있다.

수치 근거리 사진측량은 수치 사진기를 통하여 취득되고 입체 영상의 해석으로 저장된 이차원 데이터로부터 정확한 삼차원 형상을 해석할 수 있어 정밀 측정기법으로 많이 응용되고 있으므로, 토목구조물인 교량, 터널, 건축 구조물의 위치와 크기 및 변형 해석, 의상 및 인체공학, 경찰 및 법과학 분야뿐만 아니라 교통사고 조사·분석, 정밀 관측을 요하는 분야, 도로현황 파악, 영상처리에 의한 의학분야 및 국방 분야 그리고 고고학 분야에서 부서지거나 훼손되기 쉬운 대상물의 원형 보존을 위한 형상 해석 등의 분야에서 공간 분석 해석에 널리 응용되고 있다.

특히, 보존 대상 건조물 문화재는 국가적 차원에서 매우 중요한 자산으로 국토개발과 자연재해로 인한 문화재 원형 보존의 필요성이 대두되고 있으며, 이를 위해 현재 수치 근거리 사진측량방법이 다양하게 활용되고 있다. 그러나, 이 수치 근거리 사진측량체계에 의한 측량방법은 보존 대상 건조물 문화재 중, 높은 산지에 있는 문화재, 높은 석조거상 구조물, 사람이 접근하기 어려운 곳 등을 세밀하게 측정하기에는 부적합하기 때문에, 사진촬영을 위하여 약 30m까지 사용이 가능한 카메라 삼발이, 사다리 차, 동바리 등을 설치하여 수치 근거리 사진측량을 하고 있다. 이와 같이 수치 근거리 사진촬영을 하기 위한 부가시설을 설치하여 사진촬영을 하는 것은 이에 대한 비용과 시간면에서 비효율적이라 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 최근에 성능, 조종성, 안전성, 정비성, 휴대성 등 여러 면에서 개발이 향상되고 있는, 이동성과 접근성이 뛰어난 무인 헬리콥터(An Pilotless Helicopter)에 사진측량시스템인 CCD(Charge Coupled Device) 카메라를 장착하여 무선 모뎀으로 촬영된 영상을 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 그리고, 촬영된 영상을 수치사진측량 S/W 상에서 정량적 및 정성적으로 분석된 자료를 이용하여 국가 지정 주요 보존 대상 건조물 문화재를 영상 디지털화하고, Web상에서 사용자(User)들이 정보를 검색할 수 있도록 공유하여 문화재 훼손을 사전에 예방하는 등 소중한 문화재를 효율적으로 관리·보존할 수 있는 문화재 관리 정보시스템을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 무인 헬기 수치사진 촬영시스템

2.1 무인 헬기 촬영시스템

무인 헬기 수치사진측량 촬영시스템은 무선(radio control)으로 조종되는 소형 헬리콥터의 기체와 헬리콥터의 진동이나 롤링(rolling)에 관계없이 연직 상태를 유지할 수 있는 짐벌(gimbal mount)장치에 카메라를 장착하고 헬리콥터가 이동하면서 포착하는 장면을 지상의 모니터를 통해 촬영되는 영상을 제어하면서 촬영하는 시스템을 말한다.

무인 헬기 수치사진측량 촬영시스템은 표 1에서 알 수 있듯이 고도의 무인 헬기 조종기술과 지상의 모니터를 통하여 조정하므로, 사람이 직접 탑승하여 조종하는 헬리콥터가 접근하기 어려운 장소나 폭이 좁은 지역안에서 날 수가 없는 경우, 또는 사람의 접근이 어려운 협곡 등의 산악지형에서 무리없이 촬영이 가능하기 때문에 헬리콥터에 의한 근접 촬영이 가능하다. 그리고, 사람이 직접 조종하는 헬리콥터는 조종자의 숙련된 훈련과 고가의 헬리콥터 자체의 비용과 탑승에 대한 많은 비용을 초래하지만, 무인 헬기는 저가의 자체 비용과 단기간 안에 조종기술을 배워서 직접 제어를 할 수가 있으므로 경제성, 기동성, 신속성 면에서 뛰어나다고 볼 수 있다. 또, 무인 헬기는 지상에서 약 200m(가시거리)까지 비행고도를 유지하여 제어할 수 있으므로, 산업분야 적용에서도 스틸 카메라, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라, 일반 비디오 카메라를 이용하여 원하고자 하는 대상물의 동영상 및 정지영상을 촬영할 수가 있으므로 주택이나 아파트 그리고 공장부지 선정이나, 학교 및 공장 건물들의 전경사진, 도로 및 항만과 교량 등의 토목공사 진행사진, 팸플릿, 카탈로그, 인터넷 홈페이지 홍보 자료사진, 환경 영양 평가용 사진, 언론사 및 방송국의 보도용 사진, 영화촬영 그리고 비행선 광고 및 기타 공중사진이 필요한 분야에서 모두 적용이 가능하다. 이런 특징을 가진 무인 헬기가 동체의 자세를 거의 바꾸지 않고 공중정지비행(hovering), 수직 및 하강, 전진 및 후진 비행, 측면 비행을 할 수가 있으므로, 공간상의 한 점에서 다른 점으로의 직선비행이 가능하다. 따라서, 그림 1과 같이 항공기 중에서도 비행기라 불리는 여객기

나 전투기 등과 같이 주익(주날개)이 고정되어 있는 고정익기처럼 일정하게 확보된 넓은 규모의 활주로가 필요 없는 곳에서도 수직 이·착륙이 가능하며, 비행 중에 엔진이 정지되는 경우에도 조종사의 적절한 조종 절차에 의하여 동체 위에 달린 자유회전을 이용하여 무사히 지상에 착륙할 수가 있다.(한일석, 2000) 본 연구에서 사용된 무인 헬기는 HIROBO사의 EAGLE 90을 사용이며, 형상 및 제원은 그림 2와 표 2와 같다.

그림 2와 표 2에서와 같이 본 연구에서 사용된 무인 헬기는 고 강도의 재질로 가볍고 튼튼하게 만들어졌으며, 한 개의 glow 엔진(15cc)으로 메인로터(main roter)와 테일로터(tail roter)를 추진하고, 연료 용량은 약 20분간 비행할 수가 있다. 무인 헬기 조종자는 숙련된 훈련에 의해 무선으로 헬리콥터를 조정하고, 조종 범위는 지상에서 약 200m 사이의 거리에서 필요에 따라 비행 고도를 조종할 수 있다.

표 1. 비행사용방법에 따른 조건의 해석(조재호, 1995)

조건	방법 비행기	모형 헬리콥터	열 기구	기구	비행선	고가 트라이포드	알루미늄 타워
제작 난이도	D	D	D	A	E	A	B
제작 비용	C	B	D	A	E	B	C
유지 비용	A	A	B	C	E	A	A
이동성	A	A	B	A	D	A	C
조작성	C	B	D	B	A	A	B
안정성	D	C	C	B	A	B	A
균형성	D	C	B	B	A	A	A
비행고도 및 대상면적	C	C	A	B	A	E	E

(A: 매우 양호, B: 양호, C: 보통, D: 불량, E: 극히 불량)

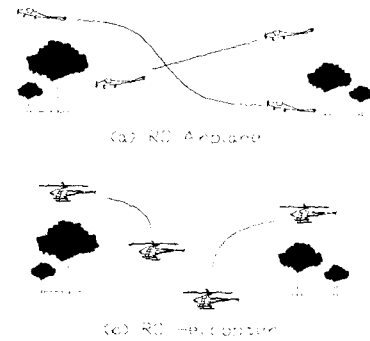


그림 1 RC 비행기와 무인 헬기의 특성(전파기술정보사, 2002)

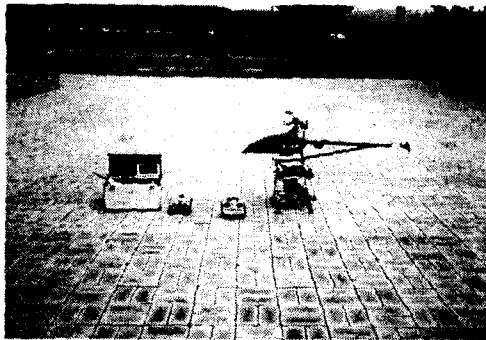


그림 2. 무인 헬기의 모습

표 2. 무인 헬기의 제원

헬기 명칭	HIROBO & EAGLE 90
길이	1400 mm
높이	470 mm
폭	250 mm
메인로터 직경	1500 mm
테일로터 직경	270 mm
Gear ratio	9.5 : 1 : 5
최대 중량	8500 g
작동거리	200m(가시거리)
작동시간	약 20분
응용 분야	사진측량학, 토목 및 건축측량, 등

그리고, 그림 3과 같이 특별히 설계된 카메라 설치대는 헬리콥터의 이·착륙장치의 쇠살대 부분으로 되어 있으며, 카메라 설치하는 소형(35mm), 중형(6×4.5cm), 파노라마(6×12cm), DV(6mm 3CCD), 35mm film movie와 디지털 비디오 카메라 등을 탑재할 수가 있다.

이 카메라 설치대는 무선 조정에 의해 축을 기울게 할 수도 있으며, 고화질의 영상을 무선조정 헬리콥터의 동작으로 인한 잡음과 진동을 흡수할 수 있는 장치인 짐벌(gimbal)이 특별히 설계되어 있다. 더구나, 본 연구에서는 CCD 디지털 비디오 카메라와 함께 비디오 송신기는 비디오의 수신기인 지상 모니터에 실시간



그림 3. 짐벌장치의 구성

으로 연결하여 비행중에 촬영되는 영상을 보여 줄 수 있도록 제작되어 있으며, 그림 4는 무인 헬기에 의한 사진촬영 모습이고 그림 5는 무인 헬기에 의해 촬영된 정지영상을 나타내고 있다.

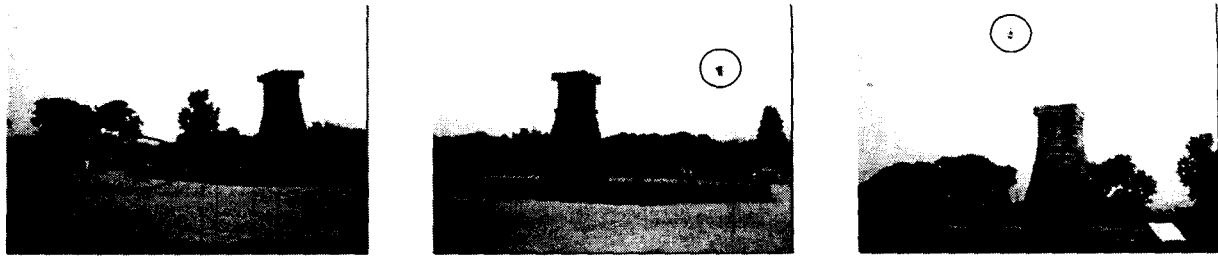


그림 4. 무인 헬기에 의한 사진촬영 모습



그림 5. 촬영된 정지 영상

2.2 수치사진측량 시스템

본 연구에서 이용한 수치사진측량 프로그램은 그 동안 많은 연구가 진행되었던 EOS System사의 수치 근거리 사진측량 프로그램인 Photomodeler 4.0을 이용하였으며, 지상사진측량의 새로운 접근을 시도했던 프로그램으로써(C. S. Fraser, 1998; L. Dorffner and G. Forkert, 1998; C. L. Ogleby, 1999) 대상물의 사진에 대한 삼차원 좌표를 설정하고, 사진으로부터 영상자료를 처리하는 방식이다. 본 연구에서의 수치영상처리과정은 8단계로 구성되어 있으며, 그 과정의 흐름도는 그림 6과 같다.

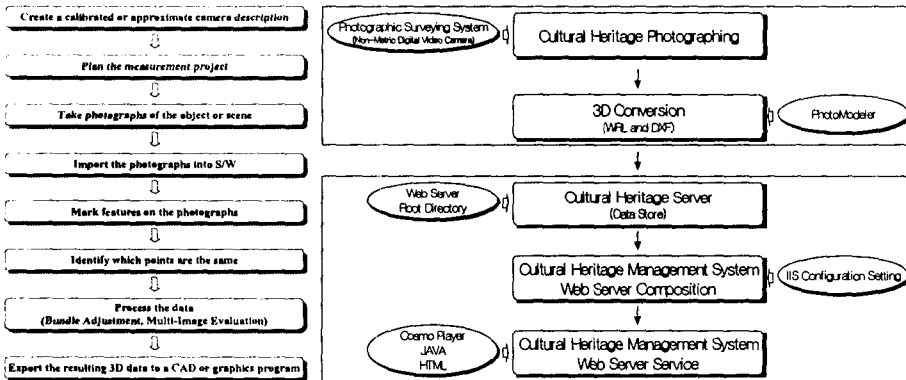


그림 6. 자료처리 흐름도

그림 7. 문화재 관리 정보시스템 흐름도

표 3. 문화재 관리 정보시스템의 환경

Division	Content	Remark
C P U	Pentium 1.2 GHz	H/W
Operating System	Windows 2000 advanced server	S/W
Hard Disk	17GB	H/W
Memory	256 MB RAM	H/W
Cosmo Player	Version 2.1.5	S/W
HTML	Version 4.0	S/W

3. 문화재 관리 정보시스템 구축

3.1 문화재 관리 정보시스템 구축개념

본 연구에서는 그림 7과 같이 구축된 문화재 관리 정보시스템은 수치사진측량 프로그램을 사용하여 삼차원으로 시각화시키는 VRML의 wrl 파일과 CAD의 dxf 파일로 출력하여 Cosmo Player, Java, HTML을 이용한 전문가 및 일반 사용자가 문화재에 대한 다양한 정보들의 검색을 손쉽게 사용할 수 있도록 하기 위하여 Web기반하에서 문화재 관리 정보시스템을 구축하였으며, 본 시스템의 환경은 표 3과 같다.

3.2 문화재 관리 정보시스템 구성

본 연구에서 제안한 문화재 관리 정보시스템의 구현을 위한 Frame layout은 인터넷 Explorer에서 HTML View를 이용할 수 있도록 전체 Layout을 만들었다. 그림 8은 사진측량 프로그램을 사용하여 삼차원으로 시각화시킨 VRML의 wrl 파일을 Cosmo Player로 보여주기 위한 View로 사용할 기본적인 layout이다.

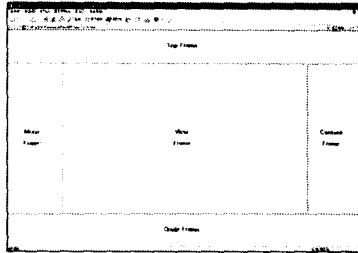


그림 8. Frame layout

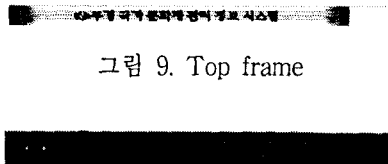
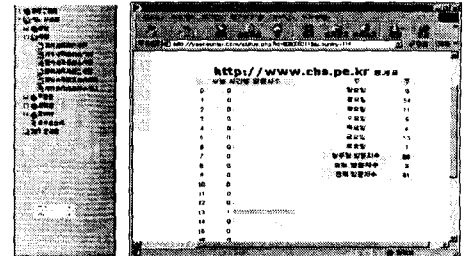


그림 9. Top frame



(a) 문화재 분류 (b) 방문자 통계
그림 11. Menu frame

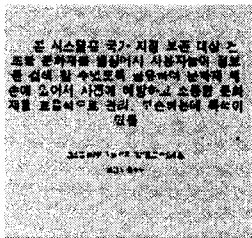
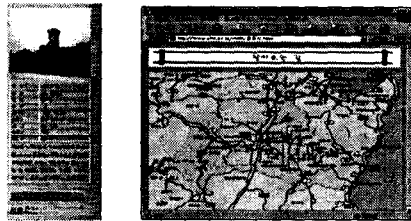
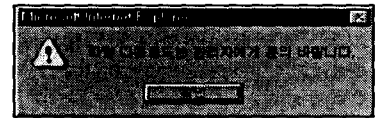


그림 12. View frame



(a) 세부사항 (b) 문화재 위치 정보



(c) CAD 파일 다운로드
그림 13. Content frame

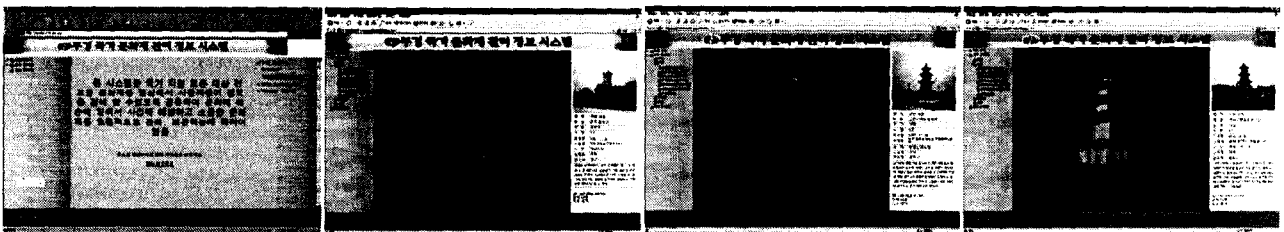


그림 14 문화재 관리 정보시스템 메인 창

그림 15 침성대

그림 16 고선사지 삼층석탑

그림 17 경주 구황리 삼층석탑

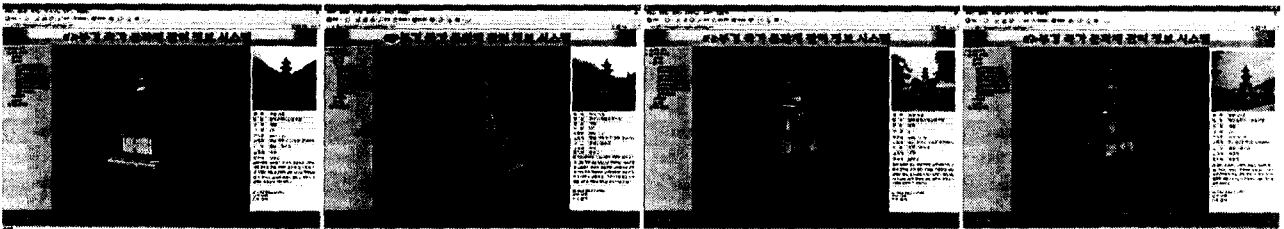


그림 18 단속사지 동삼층석탑

그림 19 단속사지 서 삼층석탑

그림 20 술정리 동 삼층석탑

그림 21 술정리 서 삼층석탑

Top frame에서는 그림 9와 같이 본 시스템의 이름인 부경 국가 문화재 관리 정보 시스템이라는 이름을 표현해 놓았다. Guide frame은 그림 10과 같이 사용자들이 wrl 파일 및 CAD 파일에 대한 정보를 요구하거나 문화재 관리 정보시스템에 대한 질의 등을 할 수 있도록 문화재 관리 정보시스템을 제공하고 있는 운영자에 대한 정보를 나타내었다. Menu frame에서는 그림 11(a)와 같이 문화재 관리 정보시스템에서 사용자들이 쉽게 검색할 수 있도록 찾기 란과 유형문화재인 석조문화재에 대하여 유형별로 계층적으로 분류를 해놓았고, 방문자 통계표를 클릭하면 그림 11(b)와 같이 방문자 통계표에 대하여 하루 동안 시간대별 방문자 수와 주일동안 방문자 수 그리고 그 동안 찾아온 전체 방문자 수에 대하여 알 수

있도록 하였다. View frame에서는 그림 12와 같이 본 시스템에서 사용목적인 국가 지정 보존 대상 건조물 문화재를 Web상에서 사용자가 정보를 검색 할 수 있도록 공유하여 문화재 훼손을 사전에 예방하고 소중한 문화재를 효율적으로 관리, 보존하는 목적을 둔 내용과 Menu frame에서 선택한 문화재에 대한 정성적 자료인 wrl 파일을 볼 수 있게 하는 공용 프로그램인 Cosmo Player를 다운로드 할 수 있도록 하였다. 그리고 Content frame은 그림 13(a)와 같이 Menu frame에서 선택한 문화재에 대한 세부적인 설명과, 그림 13(b)와 같이 사용자가 선택한 문화재를 찾아 갈 수 있는 위치정보도 포함하고 있으며, 그림 13(c)와 같이 삼차원 CAD 파일인 dxf(dwg) 파일을 다운로드 할 수 있도록 하였다. 단, 삼차원 CAD 파일을 다운로드시 반드시 서버 시스템 운용자에서 허가를 받은 뒤에 다운로드 할 수 있도록 하였다.

그림 14는 문화재 관리 정보시스템의 메인 화면이고, 그림 15 ~ 그림 21은 각각의 석조 문화재에 대하여 Cosmo Player에 표현된 초기화면 모습을 나타내었다.

4. 결론

무인 헬기 사진측량시스템을 이용하여 Web 상에서 문화재 관리 정보시스템 구축을 구축한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템의 특징인 공중정지비행으로 지형이 높은 산지에 있는 문화재, 높은 석조거상 구조물, 사람이 접근하기 어려운 곳 등을 세밀하게 측정하기에 부적합한 곳에서 정량적으로 해석할 수 있는 자료를 신속하고 정확하게 취득하였다. 또한, 기존의 지상 수차 근접 사진 촬영을 하기 위해 필요한 부가시설의 설치비용과 시간의 효율성에 있어서 매우 효과적인 방법이라고 여겨진다.

둘째, 기존의 건조물 문화재 관리체계는 정성적인 자료와 종이 도면이 따로 관리되어 있는 이원화된 형태를 정성적인 자료 및 삼차원 시각화와 삼차원 도면 자료를 한 화면에 제공하여 일원화시키고, 전문가 및 일반인이 손쉽게 해당 문화재 자료를 찾을 수 있도록 하였다.

셋째, Java, HTML, Cosmo Player를 이용하여 Web 상에서 국가 문화재 관리 정보 시스템을 구축하였으며, 이를 Web 서버로 이용하여 인터넷상에서 문화재 정보인 정량적 또는 정성적인 자료를 실시간으로 제공할 수 있도록 하였다.

넷째, 기존의 문화재 재현에 있어서는 그동안 동영상 및 삼차원 도면의 자료만 나타내고 있지만, 본 연구에서는 가상현실 모델링 언어(VRML)을 Web 브라우저에서 실현시켜 질감 표현부분을 실제와 같은 모습으로 나타내었다.

참고문헌

- 문화재청, “문화재 보존관리 및 활용에 관한 기본계획”, 문화재청, 2002.
- 조재호, “기후 사진측량체계를 이용한 소규모지역의 지형자료기반 구축”, 박사학위논문, 충북대학교 대학원, 1995.
- C. S. Fraser, “Some Thoughts on the Emergence of Digital Close Range Photogrammetry”, *Photogrammetric Record*, 16(91), pp. 37-50, 1998.
- L. Dorffner and G. Forkert, “Generation and Visualization of 3D Photo-Models using Hybrid Block Adjustment with Assumptions on the Object Shape”, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 53, pp. 369-378, 1998.
- C. L. Ogleby, “From Rubble to Virtual Reality : Photogrammetry and the Virtual World of Ancient Ayutthaya, Thailand”, *Photogrammetric Record*, 16(94), pp. 651-670, 1999.