

## 하천 현장업무 의사지원을 위한 GNSS와 공간영상 활용방안에 관한 연구

박현철<sup>1\*</sup> · 정윤재<sup>2</sup> · 조명희<sup>3</sup>

### A Study on Utilization of GNSS and Spatial Image for River Site Decision Supporting

Hyeon-Cheol PARK<sup>1\*</sup> · Yun-Jae CHOUNG<sup>2</sup> · Myung-Hee JO<sup>3</sup>

#### 요 약

본 연구는 4대 강 전체에 대한 현황을 파악하고 행정적 관리체계 지원을 위하여 첨단 공간정보 기술인 GIS(Geographic Information System), RS(Remote Sensing), GNSS(Global Navigation Satellite System), 항공레이저측량(LiDAR)과 실시간 네트워크 기술을 융합하여 3차원 영상 GIS기반 하천현장 정보시스템을 개발하였다. 3차원 영상 GIS기반 하천 현장 정보시스템은 25cm의 고해상 항공사진과 항공레이저측량 및 수심측량자료를 획득하여 4대강 중 선도 사업 지역인 영산강(榮山江) 전체에 대한 정밀 공간정보를 표출하고 GNSS를 이용한 실시간 이동물체에 대한 위치좌표 트래킹기법과 연계하여 헬기, 배, 버스 등 이동수단 상에서 현장을 모니터링할 수 있는 기법을 개발하였다. 이를 통하여 4대강 현장에 대한 모든 정보를 한눈에 모니터링할 수 있어 넓은 현장에 대한 사실적 설명과 국민적 신뢰성 확보 뿐만 아니라 4대 강 살리기 사업의 홍보 및 보고를 통하여 하천 현장업무상의 의사지원 체계 마련이 가능할 것으로 사료된다.

주요어 : 하천현장, 항공레이저측량, 항공사진, GNSS, 4대강

#### ABSTRACT

This Study has developed the information system of the rivers based on 3D image GIS by converging the latest information technology of GIS(Geographic Information System), RS(Remote Sensing), GNSS(Global Navigation Satellite System), aerial laser survey(LiDAR) with real time network technology in order to understand the current

2011년 1월 20일 접수 Received on January 20, 2011 / 2011년 3월 18일 수정 Revised on March 18, 2011 / 2011년 3월 21일 심사완료 Accepted on March 21, 2011

1 (주)지오씨엔아이 공간정보기술연구소 Institute of Spatial Information Technology Research, GEO C&I Co., Ltd

2 (주)유엔지아이티 공간정보기술연구소 Institute of Spatial Information Technology Research, U&GIT Co., Ltd

3 경일대학교 위성정보공학과 Dept. of Satellite Geoinformatics Engineering, Kyungil University

\* 연락처 E-mail: phc1209@naver.com

situation of all the four major rivers and support the administrative management system. The said information system acquires the high resolution aerial photographs of 25cm, aerial laser survey and water depth surveying data to express precise space information on the whole Youngsan River which is the leading project site out of the four river sites. Monitoring the site is made available on the transporting means such as a helicopter, boat or a bus in connection with locational coordinate tracking skill for the moving objects in real time using GNSS. It makes monitoring all the information on the four river job sites available at a glance, which can obtain the reliability of the people to such vast areas along with enhancing the recognition of the people by publicity of four Rivers Revitalizing Project and reports thereof.

**KEYWORDS** : *River Site, LiDAR, Aerial Photograph, GNSS, Four Major River*

## 서 론

하천은 인간생활의 삶의 터전이 되는 중요한 역할을 담당하지만, 우리나라와 같이 하천의 하상계수가 큰 경우 홍수나 심한 가뭄의 위험에 노출 될 가능성이 크다. 특히 최근 기후변화로 인해 빈번해 지는 대형 태풍과 잦은 폭우는 하천유역정비를 통한 치수능력의 향상이 불가피한 상황에 놓여있다. 아울러 그동안 우리나라의 하천정비사업은 치수사업을 위주로 추진되어 왔으며 이러한 한계를 극복하기 위해 홍수에 강한국토 조성, 기후변화 및 이상기후로부터 유연하게 대처할 수 있는 항구적이고 지속적인 이·치수 대책방안 수립 그리고 수해 예방, 수자원 확보, 수질개선, 복합공간 조성, 지역 발전을 목적으로 한강, 영산강, 낙동강, 금강을 대상으로 4대강 살리기 사업을 진행하고 있다. 그러나 현재 추진되고 있는 4대강 살리기 사업은 하천 정비 사업이 목표에 부합되어 수행 중인지, 공사상황이 어떻게 진행되는지, 현장에서 발생하는 문제점은 없는가에 대한 끊임없는 논쟁이 이루어지고 있는 상황이다. 이 같이 4대강 살리기 사업 본질에 관한 끊임없는 사회적 공론은 사회통합 발전을 저해하는 요소로 작용하고 있다. 때문에 4대강 사업의 투명성을 확보하고 관리체계를 확보하기 위해서는 과학적이고 객관성

있는 자료를 확보하는 것이 무엇보다 중요한 사안이다. 이를 해결할 방안으로 GIS, RS, GNSS를 연계한 3차원 영상GIS기반의 하천 업무지원체계 향상 방안을 제시하고자 한다.

먼저 3차원 하천정보화에 관한 연구로는 하천의 관리, 설계, 계획 등의 업무에 활용할 수 있는 디지털 영상기반의 하천공간정보를 체계적으로 구축할 필요성이 대두되어 도시화, 산업화 등으로 하천에 대한 중요성이 높아진 상황에서 보다 더 친환경적으로 하천을 유지, 관리하기 위해 기존자료체계(2차원 정보)에 영상정보와 공간정보를 통합 활용하는 방안 수립이 요구되고 있으며 이는 국토 공간정보를 하천 제외지까지 확대 발전, 신속한 하천공간정보의 갱신, 원활한 하천자료 공유체계 구축, 하천업무에 따른 다양한 정보체계 구축, 하천업무 지원을 위한 우주·항공 관측자료의 단계적 활용 등의 목적으로 3차원 하천정보화가 필요하게 되었다(국토해양부, 2006). 또한 면(面) 중심의 입체적인 3차원 하천공간정보 구현과 체계적인 하천관리업무가 가능하도록 항공사진(아날로그, 디지털) 및 다양한 위성영상에 대한 해상도 비교와 시설물 판독 분석을 통한 하천 적용여부 분석 연구를 수행하였다(박현철과 조명희, 2008)

모바일 시스템관련 연구로는 현장에서 사용자가 모바일 단말기(PDA, UMPC)에 GPS 수신기를 이용하여 현장위치를 시각적으로 확인

하고, 서버에 있는 작황 DB에 접속해서 현장에 있는 작황 정보를 사용자 권한 별로 입력, 수정, 삭제, 검색 등이 가능한 시스템을 구축·활용하였다(문영채와 이홍로 2008). 그리고 GPS를 이용한 위치추적 기술이 발전함에 따라 개인의 위치에 근거하여 처리능력이 낮은 모바일 장치의 특성을 고려한 클라이언트 인터페이스 설계 및 구현에 관한 연구가 수행되었다(이기영과 노경택, 2002).

공간정보기술 관련연구로는 고정밀·고밀도 지형공간정보 획득이 가능한 LiDAR 자료를 이용함으로써 좀 더 신뢰성있는 지형조건을 제공함으로써 홍수 범람모의 및 지형제작 수행을 향상시키는데 연구를 수행(Bates *et al.*, 1999)하였으며, 항공레이저측량의 하천적용성 평가를 위해 1/2,500 수치지도, 1/5,000 수치지도를 이용한 방법과 항공레이저측량 방식의 정확도 관측 및 비교·분석을 통한 항공레이저측량 성과의 우수성을 확인한 연구가 수행되었다(박현철과 조명희, 2010).

본 연구는 4대 강 전체에 대한 현황을 파악하고 행정적 관리체계 지원을 위하여 첨단 공간정보기술인 GIS(Geographic Information System), RS(Remote Sensing), GNSS(Global Navigation Satellite System), 항공레이저측량(LiDAR)과 실시간 네트워크 기술을 융합하여 3차원 영상 GIS기반 하천현장 정보시스템을 개발하였다. 3차원 영상 GIS기반 하천 현장 정보시스템은 25cm의 고해상 항공사진과 항공레이저측량 및 수심측량자료를 획득하여 4대강 중 선도 사업 지역인 영산강(榮山江) 전체에 대한 정밀 공간정보를 표출하고 GNSS를 이용한 실시간 이동물체에 대한 위치좌표 트래킹기법과 연계하여 헬기, 배, 버스 등 이동수단 상에서 현장을 모니터링할 수 있는 기법을 개발하였다. 이를 통하여 4대강 현장에 대한 모든 정보를 한눈에 모니터링할 수 있어 넓은 현장에 대한 사실적 설명과 국민적 신뢰성 확보 뿐만 아니라 4대 강 살리기 사업의 홍보 및 보고를 통하여 하천 현장업무상의 의사지원이 가능할 것으로

사료된다.

## 연구방법

본 연구는 관리하천 현장업무 시 인간의 시야각 한계 및 거시적 안목에서 관리가 불가능하다는 점을 착안하여 전체 공간 및 현황을 손쉽게 파악할 수 있으며, 이동체(버스, 승용차, 배, 헬기 등)를 이용한 하천관리가 가능하도록 공간정보기술과 GNSS 체계를 융합한 하천현장 모니터링 시스템을 개발하였다. 고해상 영상인 항공사진의 가시적 측면 및 광범위한 자료 취득의 우수성, 항공레이저측량과 수심측량을 이용한 제·내외지를 연계한 하천지형제작의 정밀도 측면의 우수함을 결합하여 기존 관리체계의 개선 방향을 제시하였다. 아울러 하천주변의 공사현황, 시설물, 생태환경 등 관련 정보의 GIS DB전산화 과정을 통해 하천현장에 대한 현황정보를 한눈에 파악할 수 있도록 하여 업무지원체계 수준을 향상하였다. 본 연구 수행을 위한 흐름도는 그림 1과 같다.

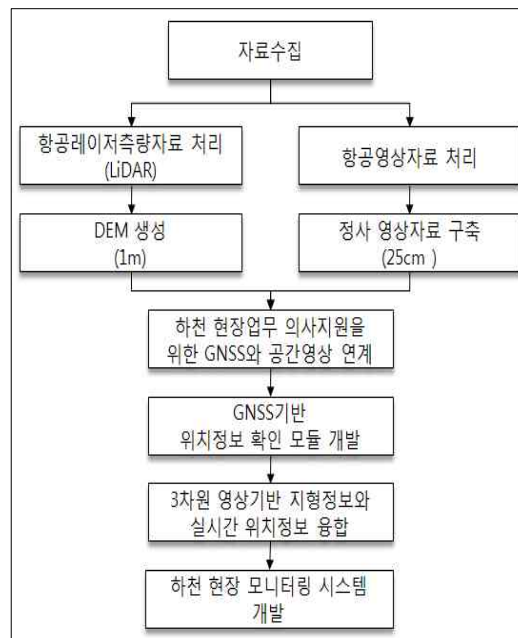


FIGURE 1. 연구흐름도

## 실시간 이동체 위치정보 표현을 위한 공간자료의 융합

### 1. 연구지역

본 연구의 대상지역인 영산강(榮山江)은 하천연장 115.5km, 유역면적 3,371km<sup>2</sup>인 하천으로 광주광역시와 전라남도의 젖줄로서 담양군을 지나 광주광역시, 나주시, 함평군, 영암군, 목포시를 지나 황해로 흐른다(그림 2). 전라남도 담양군 용연리의 가마골 용소에서 발원하며 담양호를 지나 담양댐부터 담양읍 경계까지 지방하천으로 지정되어 있다. 담양읍부터 영산강 하구둑까지 국가하천으로 지정되어 있다. 현재 물확보, 홍수방어, 수질개선 및 생태복원, 복합

공간 창조 등을 목적으로 4대 강 살리기 사업이 실시되고 있으며 본 연구에 필요한 항공사진, 항공레이저측량, 수심측량 등 다양한 자료 획득이 가능하여 하천현장 모니터링 시스템 개발의 연구대상지로 선정하였다.

### 2. 연구자료 수집

연구자료 수집은 그림 3과 같이 영산강의 최근 현황을 파악할 수 있도록 2008년 기본계획시 측량된 항공레이저측량자료와 2010년 4대강 사업의 일환으로 촬영 및 측량된 항공사진, 수심측량자료를 수집하였다. 주요 현황에 대한 정보 파악을 위한 관련 주제도는 국토지리정보원의 수치지도, 영산강 기본계획

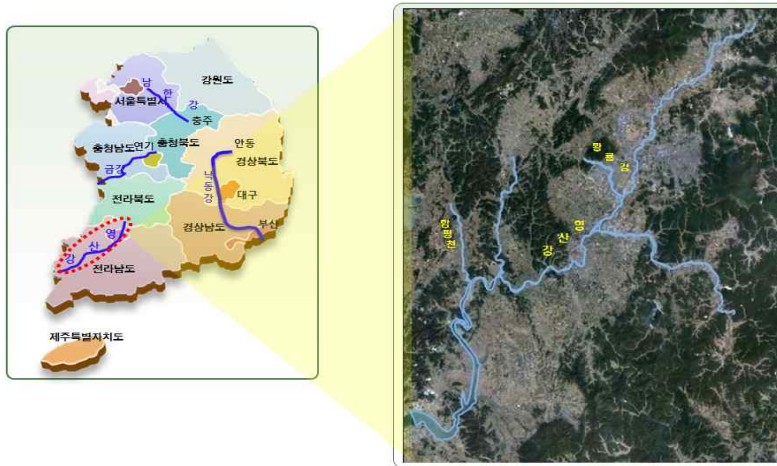


FIGURE 2. 연구지역(영산강 유역)



FIGURE 3. 연구자료 수집

평면도, 4대강 사업 및 공정자료, 공사 후 조감도, 관할 기관의 협조 및 구글, 네이버, 다음 등 웹사이트에서 제공하는 현황 자료를 수집하였다.

### 3. 연구자료 처리

항공사진, 항공레이저측량, 평면도, 조감도 등은 각 자료 방식에 따라 그림 4와 같은 수행방법으로 처리하였으며, 각각의 처리된 공간 자료는 표준화된 동일 좌표체계를 사용하여 통합함으로써 3차원 영상 GIS기반 하천 현장 정보시스템에서 GIS DB 레이어로 활용하였다.

항공레이저측량 자료의 하천적용성 판단을 위하여 지형제작이 가능한 요소인 수치지도(1/2,500, 1/5,000)와 항공레이저측량자료에 대하여 제방, 인공지물, 제내지, 수심부 등을 대상으로 가시적 형상 및 정확도를 검증하였다(그림 5-7). 검증결과 가시적 형상측면에서는 항공레이저측량, 1/2,500 수치지도, 1/5,000 수치지도 순으로 결과의 우수성이 나타남을 확인 수 있었다. 그림 8은 연구지역 LiDAR 자료 처리결과이다.

형상검증 뿐만 아니라 수직위치 정확도 검증을 위해 영산강 지역의 현장조사를 실시하여 검사점을 선정하였으며, 검사점으로 선정된 지역은 하천을 특성을 고려하여 다양한 지점에 대한 현장 측량을 실시하였다. 정확도 검증 결과 동일위치의 수직위치정확도는 1/2,500 수치지도의 경우 ±2.087m로 나타났으며, 1/5,000 수치지도의 경우 현장관측에 대한 측정이 불가하게 나타나 측정지에서 제외하였다. 항공레이저측량에 의해 제작된 하천지형자료의 경우 ±0.189m 타 자료에 비해 정확도가 우수하게 나타났음을 확인할 수가 있었다. 이러한 형상 및 수직위치정확도에 대한 우수성을 확인 후 영산강 대상지역의 항공레이저측량 자료 취득, 전처리, 수치표고자료 제작, 품질검사 등을 통해 보정 처리 작업을 수행하였다.

항공영상 자료의 하천적용성 판단을 위하여 위성영상과 비교하여 댐 및 저수지, 이수시설, 생태시설, 치수시설 등 다양한 하천시설물 판독에 관한 분석을 수행하였다. 판독결과 KOMPSAT1호나 SPOT, LANDSAT 7호 등



FIGURE 4. 연구자료 처리 수행 흐름도

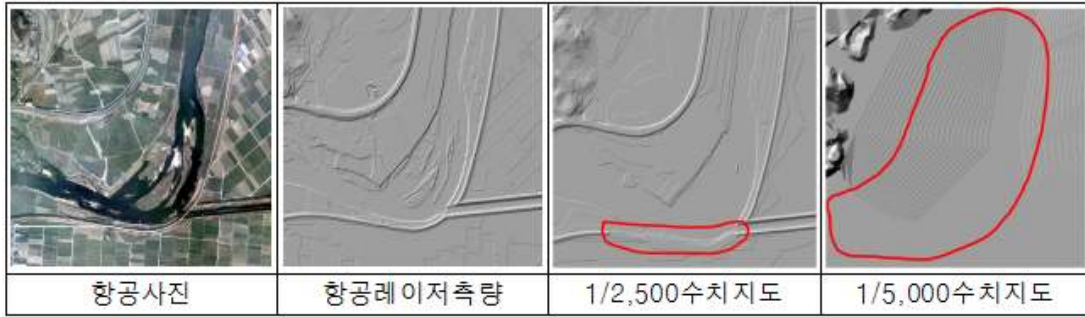


FIGURE 5. 각 자료별 형상측면의 비교자료(제방)

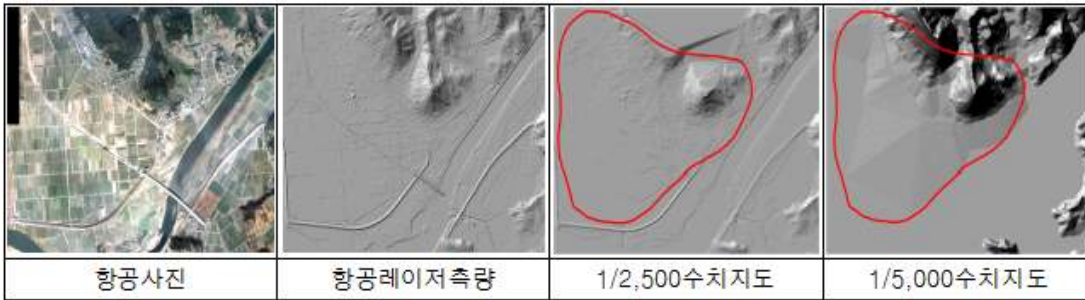


FIGURE 6. 각 자료별 형상측면의 비교자료(제내지)

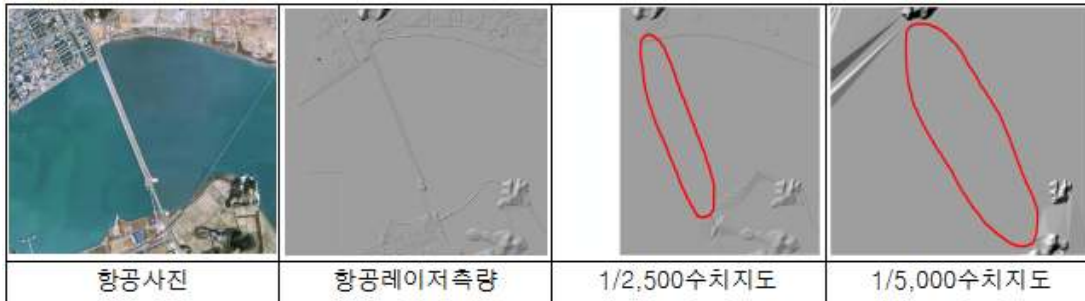


FIGURE 7. 각 자료별 형상측면의 비교자료(인공지물)

중·저해상도 영상의 경우 시설물 판독에 △, ×표시가 대다수를 차지해 시설물 판단이 어려워 하천관리에 효과적인지 못하였다. 5m해상도 IRS 위성영상의 경우 ○, △, ×가 고르나 미판독 항목이 분포하고 있어 하천관리 적용에 효과적이지 못하였다. 항공사진과 1m이상의 위성영상의 경우 대부분의 시설물 판독이 가능하였으며, 관측시설과 같은 일부 항목에서 항공사진의 판독력이 더욱 뛰어남을 확

인할 수 있다. 결과론적으로 하천적용에 가능한 고해상 영상은 항공사진과 1m이상의 위성영상이 가장 효과적으로 적용됨을 확인할 수 있다. 영상별 시설물 판독 결과는 그림 9와 같다.

이러한 항공영상의 가시성 측면의 우수성을 확인 후 정사영상, 색상보정, 인접보정, 영상집성을 통해 대상지역의 항공사진자료 보정을 수행하였다(그림 10).

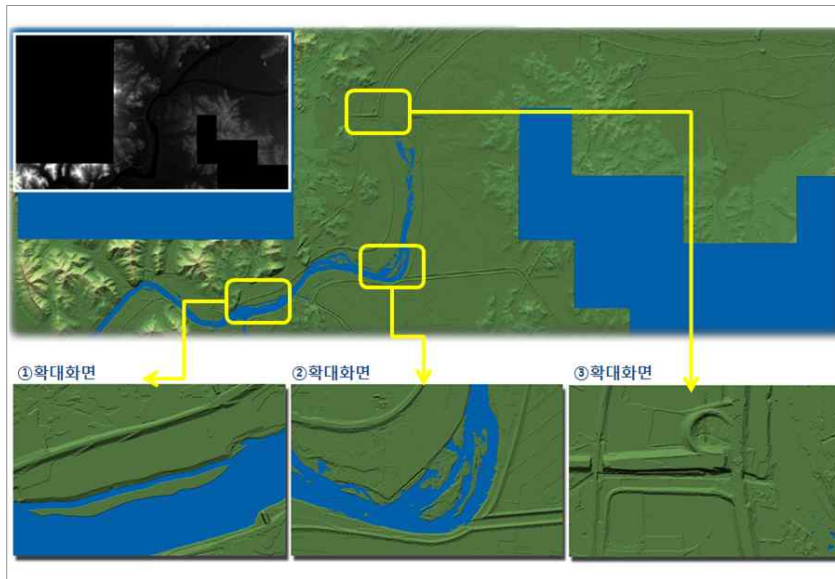


FIGURE 8. 연구지역 LiDAR 자료 처리결과(현재 승천보 일대)

영역		항공사진 영상	IKONOS	KOMPSAT 2호	QuickBird	IRS	KOMPSAT1호 +Landsat7호	SPOT + Landsat7호
		20 cm	1 m	1 m	0.61 cm	5.8 m	6.6 m	10 m
댐 및 저수지	댐	◎	◎	◎	◎	○	○	△
	하구둑	◎	◎	◎	◎	○	○	△
	저수지	◎	◎	◎	◎	○	○	△
이수시설	보	◎	◎	◎	◎	△	△	△
	양수장	◎	◎	◎	◎	△	△	△
생태시설	어도	◎	◎	◎	◎	△	△	×
지수시설	제방	◎	◎	◎	◎	○	○	△
	호안	◎	◎	◎	◎	○	○	×
	수제	◎	◎	◎	◎	○	○	×
	갑문	◎	◎	◎	◎	△	△	△
	수문	◎	○	○	○	×	×	×
	배수펌프장	◎	◎	◎	◎	△	△	△
관측시설	관측시설	◎	△	△	○	×	×	×
친수및 물류시설	고수부지	◎	◎	◎	◎	○	○	△
	선착장	◎	◎	◎	◎	×	×	×
	요하	◎	◎	◎	◎	○	○	△
기타시설	교량	◎	◎	◎	◎	△	△	△
	하천교	×	×	×	×	×	×	×
식생	공원	◎	◎	◎	◎	△	△	△
	초지	○	○	○	○	○	○	○
	관목	◎	◎	◎	◎	×	×	×

주) 1. 기호설명 : ◎완벽판독, ○대부분 판독, △경우에 따라, ◇검출만 가능, ×판독불가  
 2. 본 자료는 시차 견해로 인한 오류 발생 가능

FIGURE 9. 영상별 하천시설물 판독 분석 결과



FIGURE 10. 연구지역 항공사진 자료 처리결과

### 3차원 영상 GIS와 GNSS를 접목한 하천현장 모니터링 시스템 개발

#### 1. GNSS기반 하천현장 모니터링 시스템 개요

하천현장 모니터링 시스템은 현장에서 이동체에 탑재된 GNSS 수신기를 이용하여 현장 위치를 실시간으로 수집함으로써 시각적 위치를 파악하고 고해상 영상기반의 공간자료 및 현황자료와의 융합을 통해 영산강 현장정보를 모니터링 할 수 있도록 개발하였다. 그림 11은 하천 현장 모니터링 시스템 구성도이다.

#### 2. GNSS기반 위치정보 확인 모듈 개발

GNSS를 이용한 위치정보 확인 모듈은 헬기, 선박, 버스 등의 이동상황 및 위치를 표출하기 위해서 GNSS로 부터 받은 데이터를 TM좌표계로 변환하여 TrakingLayer메소드의 AddEvent와 Move기능을 이용하여 이동수단의 위치 및 이동경로를 실시간으로 표출하도록 하였다. 그림 12는 GNSS로부터 받은

데이터를 TM좌표계로 변환하는 프로그램과 관련한 위치확인을 실행하는 pseudo 코드를 보여주고 있다.

#### 3. GNSS기반 하천현장 모니터링 시스템 구현

본 시스템의 구성은 GNSS기반 현장지원 내비게이션 시스템은 고해상 영상과 하천지형 자료를 동시에 표출 가능한 지도창과 현재 공사현황에 대한 위치정보 및 현황정보검색, GNSS정보, 인덱스 등으로 구성되어 있다. 본 연구 결과물인 시스템 화면구성은 그림 13과 같다.

시스템 화면구성은 사용자 및 실무자가 쉽게 시스템을 사용 및 활용 가능하도록 하천현장업무 의사결정 및 파악에 필요한 최소기능만을 설계·구현하였다. 시스템 세부 화면구성 내용은 표 1과 같다.

본 시스템에서는 단순 2차원의 하천 현장 정보뿐만 아니라 항공사진과 항공레이저측량을 이용한 영상기반 환경에서 실제 현장을 3차원으로 구현함으로써 정보의 사실성 및 현황





FIGURE 11. 하천현장 모니터링 시스템 구성도

```

// 이동경로를 라인으로 표시
Sub DrawGPS1(x As Double, Y As Double, id, indexid)
DoEvents
pnt(indexid).x = x
pnt(indexid).y = Y
With pts(indexid)
Add pnt(indexid)
End With
lineSeg(indexid).Parts.Add pts(indexid)
mapDisp.TrackingLayer.AddEvent lineSeg(indexid), id
Set lineSeg(indexid) = Nothing
End Sub

// 헬기의 위치를 표현
Sub movepoint(x As Double, Y As Double, id)
mapDisp.TrackingLayer.Event(id).MoveTo x, Y
mapDisp.TrackingLayer.Symbol(7).Rotation = 90 - WGS_B
End Sub

Sub display()
Call movepoint(TMlam#, TMphi#, ind(i), 0)
Call DrawGPS1(TMlam#, TMphi#, ind(i), 1), ind(i), 0)
End sub
                    
```

FIGURE 12. 위치추적을 위한 좌표환산 프로그램



FIGURE 13. 3차원 영상 GIS기반 하천 현장 정보시스템 메인화면

TABLE 1. 시스템 화면 구성도

구분	화면기능명	상세내용
화면제어	영상지도	3차원의 하천지형과 영상을 중첩한 기본인터페이스 화면 제공 및 지도제어
	인텍스	전체 대상지상에 현재 위치를 개략적으로 표시
	좌표표시	경위도 및 TM좌표를 통한 위치 정보 제공
자료검색	지역 및 공구표시	이동체의 현재 위치를 실시간으로 표시
	현황정보제공	이동체의 이동에 따른 구축된 현황정보 검색 및 검색결과물 제공
GNSS 모듈	GPS이동체 현황표시	GNSS모듈 실행에 따라 이동체의 위치를 추적하는 기능

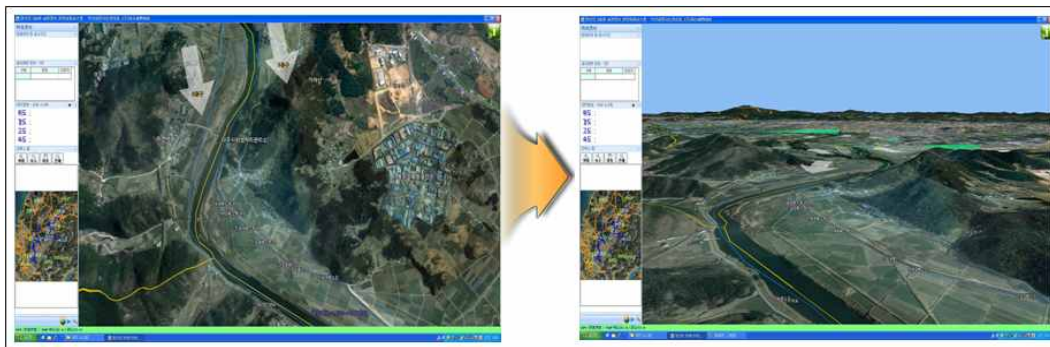


FIGURE 14. 3차원 영상정보기반 하천현장 환경제공



FIGURE 15. 실시간 이동체 위치파악(버스(좌), 선박(우))

파악의 우수성을 확인할 수 있도록 구현하였다(그림 14).

GNSS 모듈을 탑재한 내비게이션 시스템은 헬기, 선박, 버스 등 이동수단의 진행방향과 이동상황 등 실시간 자동 위치 추적이 가능하여 공사 주변 현황을 손쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 실제로 배, 헬기, 선박 등에 시스

템을 탑재하여 활용하였으며 그 사례는 그림 15와 같다.

이동수단의 실시간 이동에 따라 영산강 살리기 사업의 위치 및 속성정보를 버퍼링 기능을 사용하여 해당 공간정보에 도달 시 현황정보를 자동으로 제공하도록 구현하였다(그림 16). 이는 4대강 현황의 가시적 판단과 더불어



FIGURE 16. 실시간 자동 자료검색

어 현시점의 공정 및 현황정보를 제공함으로써 공사의 진척도 및 적치장의 위치의 적절성 등에 대한 다양한 의사결정의 기초자료로서의 활용이 가능하였다.

### 결 론

본 연구는 국민적 관심이 높은 4대 강 살리기 사업의 현장 환경 정보를 한눈에 파악할 수 있으며, 사업에 대한 정보를 실시간으로 제공함으로써 하천현장업무지원이 가능한 3차원 영상 GIS기반 하천 현장 정보시스템을 개발하였다. 이를 위해 4대강 살리기 사업 지역인 영산강을 대상으로 항공사진, 항공레이저 측량, 수심측량, 계획 평면도, 수치지도, 조감도, 웹사이트제공 자료 등을 수집, 처리를 통해 GIS DB를 구축하였다. 구축된 자료는 하천지형의 경우 형상 및 수직위치의 정확도 검증을 실시하였으며 항공영상은 하천시설물 가

독성 판독을 통해 하천 적용 적절성을 검증하였다. 시스템 측면에서는 실시간으로 위치를 파악할 수 있는 GNSS기반 위치정보 확인 모듈개발을 개발하였다. GNSS기반 위치정보 확인 모듈과 구축된 GIS DB자료와의 융합된 하천현장 모니터링 시스템은 헬기, 선박, 버스 등의 이동수단에 장착하여 결과를 테스트하여 활용성을 증명하였다.

본 연구를 통하여 3차원 영상기반 기술을 통하여 실세계 환경 구현은 현장을 가지 않고도 현장 환경 및 현황 정보를 정확히 획득할 수 있었다. 이는 영산강 유역과 같은 넓은 지역에 대한 하천 공사 현장 정보를 단시간으로 파악이 가능하여 관련 행정업무를 효과적으로 지원할 수가 있었다. 아울러 수변구역의 하천 환경 분석, 토지점용 및 이용현황 등의 시각적 증빙자료로서의 확보가 가능함으로서 시각적 현황자료 제공뿐만 아니라 하천환경의 실태와 문제를 직관적으로 제공하여 국민적 신

퇴성 확보 및 공감대 형성이 가능하였다.

나아가 이동수단 즉 VIP용 헬기적용, 대국민 선상투어가 가능한 선박 적용, 자문시찰용 버스투어 등에 적용 가능하여 4대강 살리기 사업의 홍보 및 보고와 국민적 인식 제고가 가능하여 향후, 실제 업무 지원뿐만 아니라 홍보용 효과 극대화가 가능할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 수행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. KAGIS

## 참고문헌

국토해양부 한강홍수통제소. 2006. 3차원 하천 정보시스템 구축 연구 보고서. 6장 3쪽.  
문영채, 이홍로. 2008. GIS기반 GPS를 이용한 농작물 작황조사 모바일 시스템 구축. 한

국지리정보학회지 2(4):22-31.

박현철, 조명희. 2008. 효율적 하천구역관리를 위한 고해상 영상의 활용화 방안 연구. 대한원격탐사학회지 24(2):205-211.

박현철, 조명희. 2010. GNSS와 항공사진을 활용한 하천 모니터링시스템 개발. 한국지리정보학회 추계학술대회 논문집. 116-117쪽.

이기영, 노경택. 2002. Mobile GIS를 위한 클라이언트 인터페이스의 설계 및 구현. 한국컴퓨터정보학회 논문지 7(4):16-23.

Bates, P.D., M. Horrit and J.M. Hervouet. 1999. Investigating Two Dimensional Finite Element Predictions of Floodplain Inundation using Fractal generated Topography. High Resolution low Modelling in Hydrology and Geomorphology. John Wiley & Sons. pp 181-201. KAGIS