

홍수조사 선진화 및 모니터링 기술개발 연구성과 - 1세부 연구과제 -



김형수 ▶▶▶

인하대학교 사회기반시스템공학부 교수
sookim@inha.ac.kr



김형섭 ▶▶▶

(주)지오씨엔아이 이사
hskim@geocni.com



강경석 ▶▶▶

(주)평화엔지니어링 전문
hydrokks@pec.kr



허정호 ▶▶▶

(주)데이터피씨에스 대표
jhur@datapcs.co.kr

이 빈번하게 발생하고 있으며, 우리나라도 예외 없이 해마다 여름이면 이상기후 및 집중호우로 인한 홍수피해가 반복되고 있는 실정이다. 홍수로 인한 재해는 직접적인 인명 및 재산 피해 뿐만 아니라 피해복구에 따른 간접비용과 피해를 입은 이재민의 심리적 고통 등의 무형적 피해 또한 매우 크다.

차세대홍수방어기술개발연구단은 홍수 발생 시 피해를 최소화할 수 있도록 체계적인 홍수 방지 및 관리를 위한 시스템 연구를 목적으로 하고 있으며, 본 과제는 “차세대홍수방어기술개발연구단”의 세부과제로서 2010년 08월부터 2012년 12월(종료 예정)까지 약 3년 4개월 동안 “홍수조사 선진화 및 모니터링 기술”에 대한 연구를 수행하였다. 1세부에서는 수문조사 및 하천조사를 위한 선진화된 기법 도입과, 치수시설물의 안전과 홍수피해 상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 기술을 개발함으로써 효율적인 국가적 홍수방어 및 관리시스템을 구축을 목적으로 하고 있으며, RS(Remote Sensing) 및 IT 기술 등과 같은 첨단기술을 적용함으로써 수문/하천자료 및 모니터링의 신뢰성을 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다. 1세부는 4개 기관(대학1, 산업계3)으로 구성되어 있으며 연구조직도는 그림 1과 같다.

1. 1세부 연구과제 소개

최근 전 지구적으로 폭설과 폭우 등의 기상이변

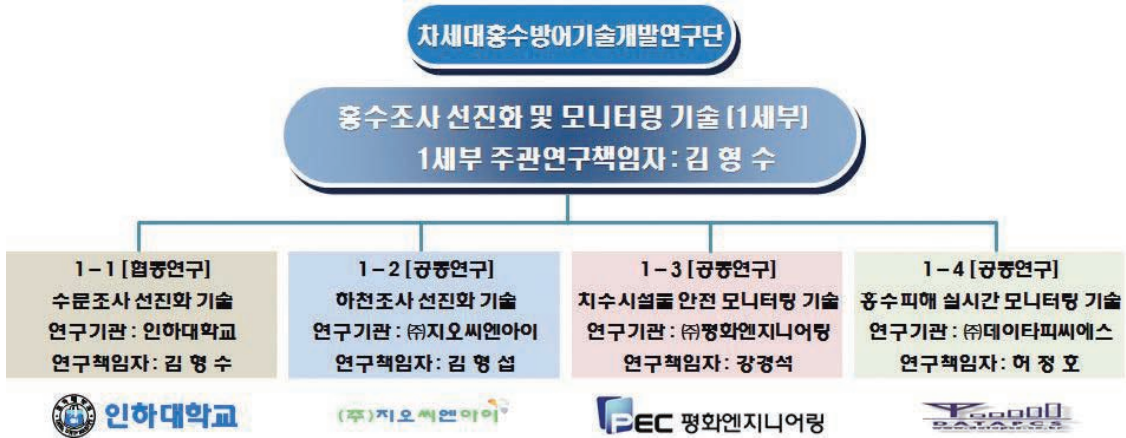


그림 1. 1세부 연구 조직도

2. 공동과제별 연구내용 및 기대효과

2.1 수문조사 선진화 기술(1-1 협동과제)

최근 집중호우(돌발홍수)로 인한 피해가 증가함에 따라 효과적인 대응을 위하여 수문(강우)자료 예측 및 관측의 정확도 확보와 안정적인 수문자료의 DB구축이 이 요구되고 있다. 따라서 본 1-1과제에서는 (1)수문기상자료 및 레이더의 고급화 기술, (2)신기술을 도입한 수문관측체계 정립에 대한 두 개의 단위과제로 나누어 연구를 수행하였다.

(1) 수문기상자료 및 레이더의 고급화 기술

수문기상자료 및 레이더의 고급화 기술 연구는 기상예보를 위한 기상청의 기상레이더 네트워크뿐만 아니라 국토교통부의 강우레이더 네트워크에서 산출되는 레이더자료의 신뢰성을 확보하기 위한 레이더 강우 자료의 품질관리 방안을 정립하고자 하였다. 특히 현재까지 강우레이더 관련 연구는 대부분 레이더 자료 취득, 품질관리(QC:시스템 및 기상학적 측면), 강우량 산출 등에만 집중되어 레이더 강우를 이용한 수문학적 활용 및 적용성 검토에 대한 연구가 부족한 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 레이더를 처음 접하는 수문분야의 실무자

가 강우·기상레이더에 대한 기본지식을 함양하고, 레이더강우 자료를 활용하는데 있어 필요한 개념 및 절차(process)를 제시함으로써 실무자가 겪을 시행착오를 줄일 수 있도록 ‘강우레이더 자료 품질관리 및 수문학적 활용 가이드라인’ 제시 및 ‘레이더강우 자료 보정 및 분석 프로그램’을 개발하였다.

또한, 현재 수문관측기술(장비)는 전기·전자·기계 분야의 첨단기술이 융합된 형태로 발전하고 그 종류 또한 양해짐에 따라 수문관측기술(장비)의 적절성 및 활용에 대한 검토가 중요한 사안으로 대두되고 있다. 이에 본 연구에서는 수문관측기기 결정시 참고할 수 있는 첨단수문관측기술(장비)의 국내 적용검토 및 적용방안에 대한 ‘수문관측 첨단기술(장비) 조사 및 활용방안 가이드라인’을 작성하여 제시하였다.

(2) 신기술을 도입한 수문관측체계 정립

신기술을 도입한 수문관측체계 정립 연구는 수문관측소 체계가 점(Point)위주·홍수방어 위주로 설치 및 운영되어 일관성 있는 수문자료의 획득이 어려움에 따라 이를 개선하기 위해 필요한 공간단위 및 일관성을 유지하는 수문 관측 자료를 얻기 위한 기반 기술을 정립하고 이를 통하여 최적 국가

수문관측 체계구축을 목적으로 하고 있다.

기존의 방법은 수문관측소를 개별적으로 고려하기 때문에 수문관측소간의 수문학적 유사성을 반영하지 못하고 있기 때문에 본 연구에서는 유역의 수문자료를 안정적으로 구축하기 위해 유역별 강우·수위관측 대표지점을 엔트로피 이론(Entropy theory) 및 최근린(Nearest neighbor) 지수 등의 이론적인 근거를 바탕으로 수위 및 강우 관측망을 재평가하고 강우·수위관측소 조합을 제시하는 ‘수문관측시설 평가 및 관리기술 마련을 위한 매뉴얼’을 작성하였다.

본 1-1과제의 수문조사 선진화 기술 연구는 레이다자료의 정확도 확보 및 첨단수문관측기술(장비)의 적용성 분석, 수문관측망 평가기술 표준화와 관리개선 방안 마련 등을 통하여 홍수 예·경보시스템의 신뢰도 및 수문자료의 질적 향상과 안정적인 수문자료를 확보하는데 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

2.2 하천조사 선진화 기술(1-2 공동과제)

하천지형조사 선진화 기술 개발 연구는 (1)선진화된 하천제방 및 하천변화 조사, (2)국가하천관리자료와 연계한 하천유지관리기술 연구로 구성된다.

홍수방어를 위한 기초 인프라 구축자료인 하천지형 제작에 대한 선진기술 적용의 필요성 및 다차원 정보제공에 따른 하천정보 서비스의 다양화 요구가 높아지고 있다. 이에 따라 본 1-2과제에서는 항공기 탑재 다중센서기술인 LiDAR(Light Detection And Ranging)와 고해상영상 및 멀티빔 수심측량 융합기술을 접목한 하천지형조사 기술을 수행하고, 다중센서기술 기반의 정밀 하천지형제작 및 관련 지침(안)을 제작 및 제공하고자 하였다. 또한 국가하천 정보관리를 목적으로 운영되고 있는 하천관리지리정보시스템(RIMGIS)의 활용성 증대를 위하여 하상변동 자료관리 프로그램



그림 2. '수문조사 선진화 기술' 연구개요도

을 개발 및 RIMGIS에 시범적용 함으로써 하천유지관리업무 선진화를 지원하는데 본 과제의 목적이 있다.

하천 제내·외지 지형데이터 취득을 위한 항공레이저측량, 항공영상촬영 및 수심측량을 실시하여 측량성과물에 대해 기존의 횡단측량 방법과의 정확도 비교·분석을 수행하였다. 구축된 수심부 및 육지부 데이터의 통합기술 개발을 통해 제내·외지를 연계한 정밀 하천지형을 제작하고, 연구 프로세스를 상세히 소개한 하천지형조사 선진화 운영지침(안)을 도출하였다.

또한 선진화된 방법을 이용하여 획득한 하천지형 조사자료의 활용도 증대연구의 일환으로 하천 DEM 기반의 수면하 하천지형 중·횡단면도 조회 및 하천단면 변화량 산출 등의 기능을 탑재한 하상변동 자료관리 프로그램을 개발하고 이를 활용한 하도유지관리체계 개선방안을 도출하여 하천유지관리 업무에 기초자료로 활용함으로써 시스템의 고도화를 통한 업무지원 능력을 향상시키고자 하였다.

였다.

본 1-2과제의 하천지형조사 선진화 기술 개발을 통해 신규 하천지형조사 분야의 원천기술 확보 및 실 업무지원 능력 향상을 기대할 수 있다.

2.3 치수시설물 안전 모니터링 기술(1-3 공동과제)

현재 IT산업의 급격한 발전으로 인하여 다양한 분야에 USN(Ubiquitous Sensor Network) 등 유비쿼터스의 융합 기술 활용이 증가됨에 따라 치수시설물의 안전모니터링은 새로운 기술의 적극적인 도입과 개발이 필요한 상황이다. 그러나 제방과 관련한 다양하고 구체적인 정보의 획득이 미흡하고, 기 구축된 시스템 DB간의 상호 연계가 어려운 실정이다.

본 1-3과제의 연구 목적은 치수시설물의 효율적 운영을 위한 센서기반 시설물 관리 네트워크 및 DB시스템 개발과 효율적인 표출체계를 구축함으

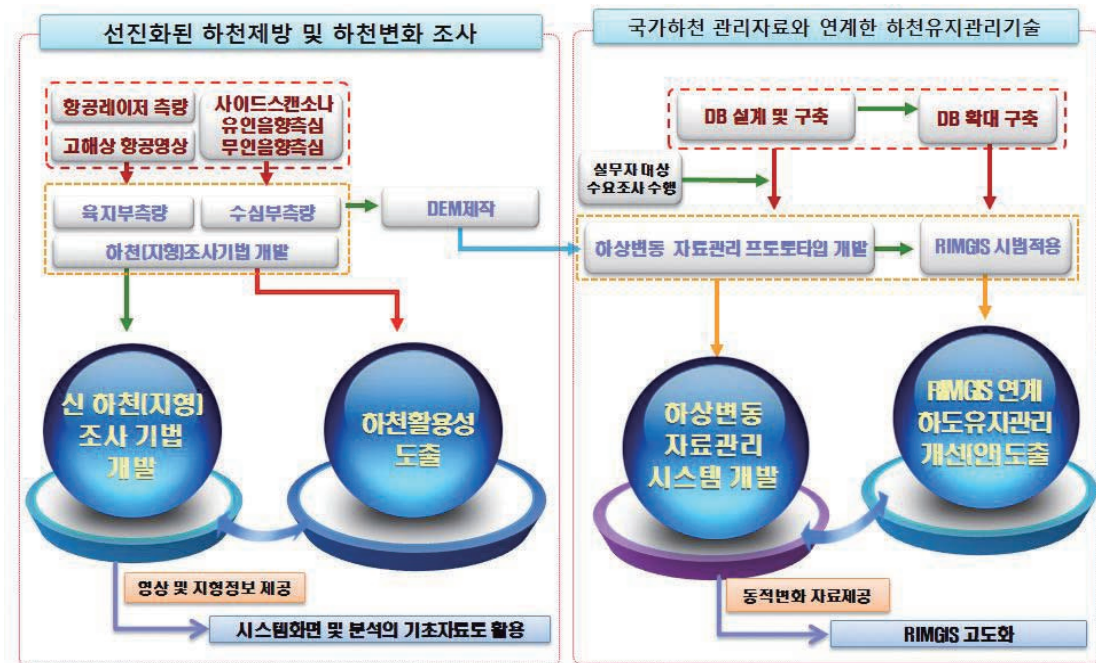


그림 3. '하천지형조사 선진화 기술' 연구 개요도

로써 치수시설물 안전 모니터링 기술을 확보하여 경보기술 및 대처기술을 개발하는데 있다.

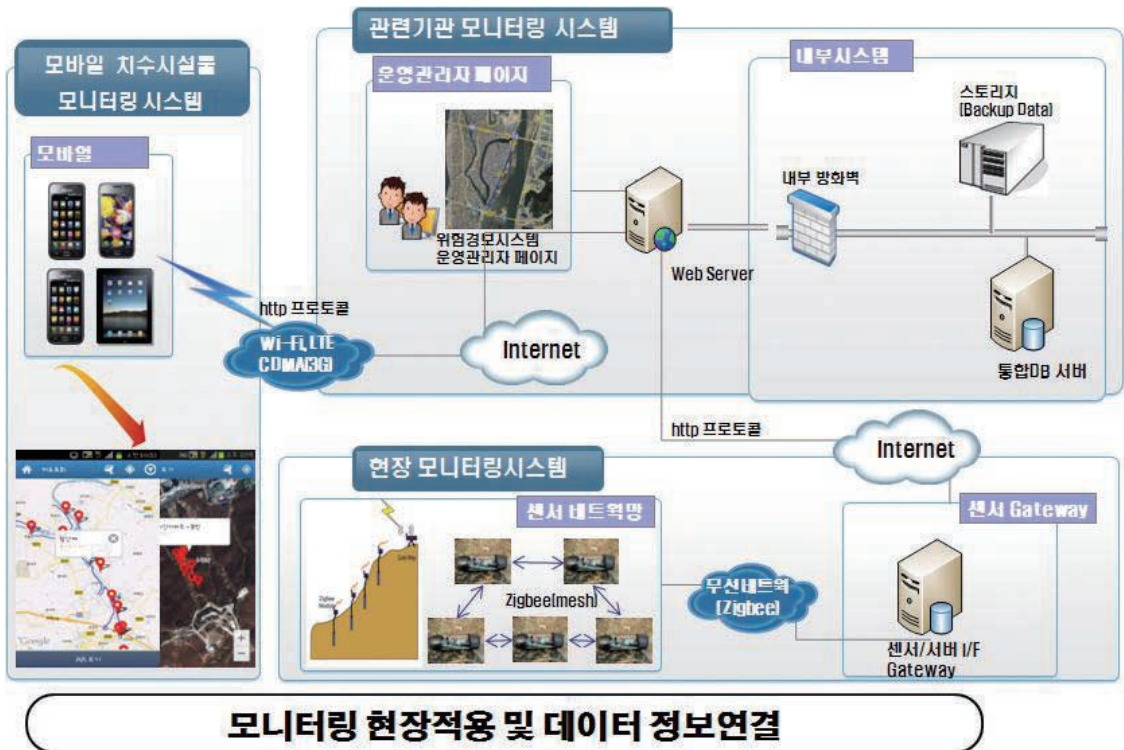
본 1-3과제의 연구개발 연구는 (1)치수시설물 모니터링 시스템의 개선 및 보완, (2)무선센서 네트워크를 활용한 치수시설물 안전 모니터링의 Test-bed 적용, (3)모니터링 가이드라인 작성 및 홍수위험 경보시스템 개발 연구로 구성된다.

치수시설물 모니터링 시스템의 개선 및 보완에서는 제방DB조회 시스템인 스마트 제방정보에 모니터링 정보를 표출하고 개선함으로써, 스마트폰 기반의 치수시설물 모니터링 어플리케이션을 개발하였다. 또한, 광역적이고 실시간으로 모니터링 가능한 무선센서 네트워크를 활용한 치수시설물 모니터링 서비스를 개발하였다.

무선센서 네트워크를 활용한 치수시설물 안전 모니터링의 Test-bed 적용에서는 치수시설물 안전 모니터링의 Test-bed 적용 계획을 수립하였으며,

시스템 안정화를 위하여 센서노드(Sensor node), 게이트 웨이(Gateway), 모니터링 서버(Monitoring server), 스마트 어플리케이션(Smart application)을 활용한 모니터링 정보표출과 같은 치수시설물 안전 모니터링 시스템의 개선 및 보완을 실시하였다. 또한, 이러한 치수시설물 모니터링 시스템의 개선 및 보완을 통하여 치수시설물 안전모니터링을 현장에 적용하기 위한 Test-bed를 수행하였다.

마지막으로, 모니터링 가이드라인 작성 및 홍수 위험 경보시스템 개발에서는 치수시설물 안전모니터링의 구체적인 방법론을 제시하여 기본 가이드라인을 제시하였다. 개발된 제방DB조회 시스템인 스마트 제방정보에 모니터링 정보를 표출하고 개선함으로써, 스마트폰 기반의 치수시설물 모니터링 어플리케이션을 개발하였다. 또한, 광역적이고 실시간으로 모니터링 가능한 무선센서 네트워크를



모니터링 현장적용 및 데이터 정보연결

그림 4. 제방모니터링 시스템 개요도

활용한 치수시설물 모니터링 서비스를 개발하였으며, 운영결과 및 경보기준을 제시하였다.

본 1-3과제의 치수시설물 안전모니터링 기술개발 및 치수시설물 붕괴대비 대처기술은 관련기관의 협조를 통한 시범사업 추진으로 활용 가능할 것이다. 또한, 방재사업 관련 모니터링 활용추진과 모니터링 정보수집 및 보완, 홍수위험 및 보(수문) 붕괴 경보기술 적용이 가능하여 신뢰도 있는 예·경보를 위한 중요한 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

2.4 홍수피해 실시간 모니터링 기술(1-4 공동과제)

최근 우리나라의 강우양상을 보면 기후변화로 인해 연평균 강우량은 증가하나 강우 일수는 감소하는 즉 강우강도가 증가하는 추세이다. 이러한 강우사상의 변화로 유역에서의 인적·물적 홍수피해가 증가하고 있다. 따라서 홍수피해 지역에 대한 종합적이고 실질적인 대책 마련이 필요하다.

홍수피해가 발생한 경우 정밀 조사를 통해 현장 상황을 파악하고 이 자료를 토대로 피해 복구 및 방지 대책을 수립한다. 홍수피해 발생지역에 대한 정밀 조사를 수행하기 위해 정밀조사 필요 지역을 검토하고 선정된 지역 외 추가로 정밀 조사가 요구되는 지역을 선정하는데 있어 현장의 홍수피해 이력 등의 사전 자료와 실시간 모니터링 자료를 이용한다. 실시간 모니터링 자료는 주로 영상 수집을 통해 의사 결정자에 정성적 자료를 제공하는 것으로 CCTV 등 영상 수집 장치를 포함한 국가 모니터링 망이 설치된 지역은 실시간으로 현황 자료를 수집할 수 있으나 그 외 국가 모니터링 망이 설치되지 않은 지점에서는 실시간 모니터링 자료를 수집하기 어렵다.

따라서 본 연구기관에서는 ‘차세대홍수방어기술개발연구’의 세부 과제인 ‘홍수피해 실시간 모니터링 기술 개발’ 연구를 통해 국가 모니터링망의

보조적 역할을 수행할 수 있는 실시간 모니터링 시스템 구축 연구를 진행하였으며 연구결과로 스마트폰 응용프로그램, 이동 가능한 홍수자료 취득 시스템, 홍수피해 자료취득 무인 원격 자동조종 시스템을 개발하였다.

iFlood-Terminal로 명명한 스마트폰 응용프로그램은 현재 70%에 육박하는 보급률을 보이는 스마트 단말기를 홍수피해 실시간 모니터링에 활용하고 스마트 단말기를 보유한 일반인들이 직접 피해상황을 실시간으로 수집하고 열람할 수 있게 개발한 응용프로그램이다. iFlood-Terminal은 스마트 단말기에 탑재된 카메라, LBS(Location based service), Data 전송 등의 기능을 이용하여 수공학 분야를 전공하지 않은 사용자도 피해가 발생한 위치, 사진, 설명 등의 자료를 입력할 수 있도록 사용자 편의성에 우선순위를 두어 개발한 응용프로그램이다.

이동 가능한 홍수자료 취득시스템(이하 iFlood-Gateway)는 사용자가 이동하면서 원하는 지점의 현황 자료를 수집하고 동시에 관계 서버로 전송하는 시스템으로 홍수피해 발생 가능성이 높은 주요 지역이나 지형적·경제적 여건으로 인해 국가 모니터링 시스템이 구축되지 못한 지점에 근거리 통신이 가능한 지능형 센서를 설치하거나 USN을 구축하여 두고 피해상황이 발생하는 경우 iFlood-Gateway를 현장으로 이동시켜 지능형 센서로부터 계측된 자료를 수집하고 서버로 전송하는 기능을 수행할 수 있으며 iFlood-Gateway 장비에 장착된 웹캠, 무선랜 등의 장치를 이용하여 이동 중에 영상을 서버로 전송하는 기능을 수행할 수 있다.

홍수피해 자료취득 무인 원격 자동조종 시스템(이하 iFlood-Roboat)은 ‘21세기프론티어연구개발 - 수자원의지속적확보기술개발사업단’ 연구개발과제에서 개발한 R2V2에 원격 자동조종 모듈, GPS, iFlood-Gateway, ADCP센서 등의 장비를 장착하여 하천을 따라 상·하류 수km를 이동하며

하천의 상황에 대한 영상, 유속, 하상 등의 자료를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시스템이다. 하천변에 홍수피해가 발생한 경우 수일 내로 현장에 iFlood-Roboat을 투입하여 영상 등의 정성적 자료와 ADCP 센서를 이용한 유속, 하상 등의 자료를 수집하여 정밀 조사 필요 지점을 선정하는데 기초자료를 제공할 수 있다.

그림 5는 iFlood-Terminal, iFlood-Gateway, iFlood-Roboat을 이용한 홍수피해 실시간 모니터링 시스템의 개요이다.

본 1-4과제의 홍수피해 실시간 모니터링 시스템 구축을 통해 비상상황 발생시 홍수피해를 파악하기 위한 정성적 자료 수집에 유용하게 이용할 수 있으며 평수기에도 운영 가능한 모니터링 시스템 구축에 핵심기술로 활용할 수 있을 것으로 판단되며 모니터링 망 구축이 미흡한 지역에 추가적인 인프라 구축 없이 모니터링 망을 강화할 수 있을 것이다.

3. 연구성과 및 활용

“차세대홍수방어기술개발연구단”은 2008년 12월에 발족하여 2013년 12월에 연구가 종료된다. 본 1세부과제는 2010년 8월에 연구단의 일원으로 참가하여 3·4·5차년도(3년 4개월)에 해당하는 기간 동안 연구를 수행하였으며, 비교적 짧은 연구수행기간동안 연구진의 노력으로 <표 1>과 같은 연구 성과를 도출하였다.

본 과제는 1개 대학과 3개의 산업계 기관으로 연구조직이 구성되어 논문에 대한 성과보다는 특허 및 소프트웨어 성과부분에 괄목할만한 성과를 도출하였다. 그리고, 이러한 특허 및 소프트웨어 성과 기술의 보급과 확산을 위하여 기술실시 계약 및 기술지원을 계획하고 있으며 수문/하천 조사기술 및 제방/홍수모니터링 시스템과 관련된 여러 분야에서 본 1-1과제에서 개발된 기술을 활용할 수 있을 것이다.



그림 5. 홍수피해 실시간 모니터링 시스템 개요도

표 1. 제1세부과제의 정량적 연구 성과

성과물 명칭	실적	실적명 및 예시
학술지 게재 논문건수	9편	<ul style="list-style-type: none"> • SCI(E) 논문 : 1편 • KCI 논문 : 8편
학술회의 발표 논문건수	66편	<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 다양한 학술대회 참가/발표 (예정포함)
특허 출원 및 등록	10건	<ul style="list-style-type: none"> • 3차원 하천 경계선 추출 방법(등록번호: 제 10-1199996 호) • 하천제방 붕괴 방지를 위한 실시간 모니터링 시스템 (등록번호: 제10-1204424 호) • 고정밀 하천 유량 측정을 위한 유량 측정용 보트의 최적 제어 시스템과 방법 (등록번호: 10-1238711 호)외 7건
프로그램 및 소프트웨어 등록	16건	<ul style="list-style-type: none"> • 레이더강우 추정&보정 프로그램 • 하상변동 자료관리 프로그램 • 하천제방정보(Smart 제방정보) 프로그램 • iFlood-Terminal V2.0외 12건(예정 포함)
매뉴얼 및 지침 작성	7건	<ul style="list-style-type: none"> • 강우레이더 자료 품질관리 및 수문학적 활용 가이드라인 • 수문관측시설 평가 및 관리기술 마련을 위한 지침서 및 매뉴얼 • 하천지형조사 매뉴얼(항공레이저측량과 수심측량을 중심으로) • 하상변동 자료관리 프로그램을 활용한 하도유지관리지침 • 제방안전도와 연관된 홍수위험 경보시스템 매뉴얼 • 홍수피해 실시간 모니터링 시스템 활용을 위한 사용자 매뉴얼외 1건
기 타		기술이전 및 연구홍보, 인력양성 등 연구 성과 다수

또한, 본 1-1과제의 연구 성과 중 가장 중요한 성과로 각종 매뉴얼(가이드라인)과 지침이 있다. 이 매뉴얼 및 지침 성과는 차세대홍수방어기술개발연구단에서 통합하여 기술보고서의 형태로 발간할 예정이다.

4. 맺음말

과제를 수행해온 지난 3년여의 시간동안 1-1과제 연구진 모두 홍수조사기술의 선진화 및 모니터링 기술 향상을 위해 많은 노력을 기울여 왔으며, 이러한 노력으로 개발된 기술이 국내 홍수재해방지 및 관리 분야에 다양하게 활용될 수 있기를 희

망한다. 또한 본 연구단과업을 마무리함에 있어 1세부 연구진은 개발기술의 사후관리 및 정책반영, 기술이전 및 실시를 위해서 끊임없이 필요한 연구를 추진할 계획이며, 수자원 및 방재분야의 전문가들의 조언과 개발된 기술에 대한 관심이 지속되기를 기대한다.

감사의 글

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