

# 스마트 IT 기술로 구현된 하천조사 로봇



**하 상 민**  
 (주)데이터피씨에스 부장  
 sm-ha@datapcs.co.kr

## 1. 머리말

홍수를 포함한 수자원 관리, 수공구조물의 설계와 시공, 수환경 관리 등의 기초자료로서 하천의 수위, 유량, 하상변동, 수질 등을 정확하게 측정하고 해당 자료들을 효과적으로 전산화하는 일은 매우 중요하다. 이러한 중요성을 인식한 정부에서는 국토해양부의 국가 수문조사 선진화 5개년 사업과 수자원 장기종합계획을 통해 하천 조사에 필요한 모니터링 인프라를 확충하고 자료의 신뢰도를 향상시키기 위한 노력을 기울여왔다. 또한, 수집된 하천조사 자료를 효과적으로 전산화하고 이를 공학적으로 표출하기 위해 국내의 우수한 IT 기술을 적극 활용한 실시간 하천자료모니터링 시스템 구축 연구에도 상당한 진전이 있었다. 성공적인 사례로서 수자원 자료의 활용도를 높이기 위해 각 기관에 산재되어 있는 하천 수량정보 자료를 정리, 가공, 분석하여 전국의 유역과 하천에 관한 물정보를 인터넷을 통해 제공하는 국가수자원관리종합정보시스템(Water Management Information System ;

WAMIS)과 국가 하천의 공간정보를 구축하여 관련 정보의 표준화 및 전산화를 통해 국민들에게 다양한 정보를 제공하고 하천 관련 제반 업무를 지원하는 하천관리지리정보시스템(River Information Management Geographic Information System ; RIMGIS)이 있다. IT 기술이 접목된 하천 조사, 자료 관리시스템은 현장에서 관측된 하천 자료를 과거에 비해 정밀하고 신뢰도 높게 전산화할 수 있는 기술적 토대가 되었고 인터넷이 허용된 언제, 어디에서나 자료의 활용과 관리가 가능하도록 지원하는 유비쿼터스 연구 환경 조성의 초석이 되었다.

고품질의 하천자료 측정에 대한 고민은 다양한 산, 학, 연 기관의 연구자들의 과업으로 분류하고 당사에서는 10여 년 전부터 다양한 하천자료를 어떻게 하면 좀 더 많은 지점에서 경제적이고 편리하게 측정, 전송, 관리할 수 있을까?에 주안점을 두고 연구에 매진하여 다수의 연구 성과를 달성한 바 있다. 대표적인 성과로는 ADCP M9 센서가 탑재된 원격조정 하천조사로봇(River Robot for Velocity and Volume ; R2V2)와 수많은 이종(異種)의 하천 자료들을 수신하여 통합된 웹 시스템에서 자료를 효율적으로 관리할 수 있는 Fieldbox를 꼽을 수 있다. 수자원 자료 관리에 대한 전문 지식에 첨단 IT 기술이 투영되어 개발된 두 성과의 사례로부터 효과적인 IT 기술의 활용이 하천 자료 측정

과 관리의 편의성을 얼마나 향상시킬 수 있을가에 대한 해답을 명확하게 얻을 수 있었다.

국내 IT 환경의 패러다임을 변화시킨 2009년 아이폰의 등장 이후 스마트폰, 태블릿 PC와 같은 스마트기기가 급속도로 보급되었다. 한국인터넷진흥원의 보도 자료에 따르면 2012년 12월 기준으로 만 6세 이상 인구의 63.7%가 스마트기기를 보유하고 있으며, 개인당 보유대수는 평균 0.64대로 파악되고 있다. 단순히 보급률만 높은 것이 아니라 지난 대선 관련 콘텐츠와 같이 이슈에 따라서는 포털 사이트에서 일반 PC보다 약 3배 이상 높은 접속 트래픽을 기록한 사례도 조사되었다. 출퇴근길에 지하철과 버스의 수많은 사람들이 스마트폰을 만지작거리는 것은 더 이상 낯선 풍경이 아니듯 스마트기기는 이미 우리 삶의 필수재로 인식되고 있다. 이러한 스마트 IT 환경은 일대일 통신환경과 멀티미디어를 이용한 통신을 가능하게 하여 다양한 정보와 지식의 수집을 용이하게 한다. 손바닥 크기의 화면에서 기존 PC에 준하는 강력한 연산을 수행할 수 있고 고속의 무선 이동 통신이 내장되어 있어 언제 어디서나 누구와도 통신할 수 있게 해준다.

본 고에서는 앞서 언급한 원격조정 하천조사보트를 기반으로 기존 IT 기술에 비해 훨씬 강력해지고 사용성이 증대된 스마트 IT 기술을 접목하여 개발된 하천조사로봇(Water roBot ; WaBot)을 소개하고자 한다. 먼저, 국내외에서 널리 활용되고 있는

하천조사보트의 주요 기능 및 현황을 살펴보고 LTE 등의 고속의 통신 인프라와 LBS(Location Based Service) 기술을 손쉽게 이용할 수 있는 스마트 IT 환경에서 하천조사로봇은 어떠한 기능을 수행할 수 있는지, 그러한 기능들은 하천조사에 어떻게 효율적으로 활용되고 있는지에 대하여 기술하였다.

## 2. 하천조사보트(R2V2)

R2V2는 첨단 ADCP 센서를 장착하고 RTK GPS 기능을 탑재하여 하천을 자유롭게 횡단하면서 하천의 하상, 유속, 유량을 측정할 수 있는 하천조사보트이다. 수질 측정을 위해서는 간단한 홀더 장치 변경을 통해 ADCP 센서를 수질 센서를 교체 장착하면 된다. 산업용 배터리로 구동되는 강력한 2축 프로펠러를 이용함으로써 최고속도 2.5m/s까지 구동 가능하여 평수기나 홍수 전, 후의 하천조사에 적합하도록 설계되었다. 2.5m/s 이상의 유속이 예상되는 홍수기의 하천에서는 교량을 이용한 로프법으로 하천조사를 수행할 수 있다. R2V2의 가장 큰 장점은 조사자가 접근하기 다소 힘든 지점의 하천조사도 무선 조정을 통해 자료 취득의 확률을 높일 수 있다는 점이다. 다음 그림 1에서 하천을 자유롭게 횡단하며 조사를 수행하고 있는 R2V2의 모습과

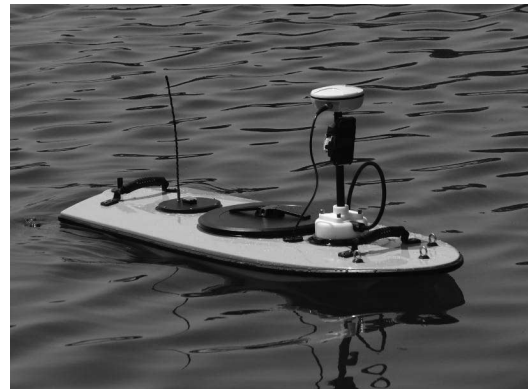


그림 1. R2V2 플세트의 모습(좌) 및 하천조사 모습(우)

RTK GPS가 포함된 R2V2 장비의 주요 구성품을 제시하였다.

R2V2 조종에 사용되는 무선 송수신기는 500m 이상의 거리를 커버할 수 있어 대하천을 포함한 국내 대부분의 하천횡단 조사를 무리 없이 수행할 수 있다. 또한 1회 하천횡단에 소요되는 시간이 약 5분으로서 기존의 유인보트에 비하여 많은 지점에서의 조사가 가능하고 운행상의 자유도가 보장되므로 하천의 상, 하류, 횡단, 종단 등에 구애받지 않고 필요한 지점에서 필요한 하천 정보를 획득할 수 있도록 지원한다. 이러한 경제성과 편리함의 장점을 인정받아 2011년부터 수자원공사의 하천유량 상시계측의 장비로 이용되고 있으며 중국, 영국, 호주, 미국 등지에 수출되어 연구용 및 산업용으로 활용되고 있다.

### 3. 하천조사로봇(Wabot)

#### 3.1 개발 배경

우리나라에서 가장 유명한 수위관측 지점은 한강대교 지점이다. 이 지점은 1천만이 넘는 서울의 홍수피해 가능성을 예보하는 동시에 100년 이상의 수위기록이 있어 해당년도의 홍수피해 규모를 짐작할 수 있기 때문이다. 현재 이 지점의 유량은 조석의 영향을 받고 있기 때문에 노들섬을 중심으로 남쪽과 북쪽 횡단면의 유량을 측정하여 최종 값을 산정한다. 한강에서 조석의 영향은 잠실 수중보까지 미치기 때문에 잠실 수중보 하류의 유량 측정을 위해서는 반드시 전 횡단면에서 유량을 측정해야 조석의 영향을 정확히 반영할 수 있다. 국토해양부에서 운영 중인 2곳의 자동유량측정시설과 보트법을 이용하여 산정된 한강 인도교 지점의 수위-유량 곡선식은 이러한 중요성을 입증하고 있다. 하지만 노들섬이나 각 교량의 피어에 의해서 흐름이 교란되면 그 영향이 최종 유량 측정결과에 영향을 줄 수 있는데도 불구하고 실제 유량측정은 교량에서

이루어지고 있다. 그 영향을 최소화 한다 해도 완전히 배제할 수는 없다. 그러면 교량이 없는 한강을 가로지르며 유량을 손쉽게 측정할 수 있는 방법은 없는가? 고무보트에 몸을 싣고 900m 나 되는 한강대교 지점을 몇 번이고 힘들게 왕복하면서 유량을 측정해야만 하는가? 조석은 낮과 밤을 가리지 않고 변동하는데 낮에만 작업이 가능한 방법을 개선할 수는 없는가? 측정하는 사람에 따라 측정 속도와 품질이 달라지는 방법을 회피할 수는 없는가? 홍수 때는 물론 불가능하지만 평상시에도 측정자의 안전이 우려되는 방법을 개선할 수 없는가? 잠실 수중보 하류 한강의 어느 횡단면에서도 위험을 무릅쓰지 않고 아무런 제한 없이 유량측정을 할 수 있는 방법이 있는가? 물론 고무보트를 타고 한강을 횡단하면서 측정을 해도 되지만 허가를 득하는 문제, 보트를 관리하는 문제 그리고 잠재적인 위험요소 등을 항상 염두에 두어야 한다. 특히 심곡수중보 하류의 저점에서 유량을 측정하려고 한다면 아마도 큰 위험을 무릅쓰지 않으면 거의 불가능한 실정이다.

앞서 소개한 길이 1.35m, 폭 0.45m, 높이 0.2m의 R2V2에 침단의 ADCP 센서를 장착하고 하천의 횡단하면서 수심과 유속을 동시에 측정하는 방식으로 상기의 고민을 일부 해결할 수 있다. 하지만 900m의 거리를 안전하고 효과적으로 조사하기 위해서는 R2V2를 이용하는 방법 또한 교량이 있는 지점을 최우선으로 고려해야 하므로 제한적으로 사용할 수 있다. 이러한 문제의 해결책으로 국토해양부의 건설기술혁신사업 ‘차세대홍수 방어기술개발 연구단’의 지원으로 iFlood-Robot 또는 Wabot으로 명명된 하천조사로봇을 개발하였다.

#### 3.2 주요 기능

개발된 하천조사로봇 Wabot의 기본 개념은 스마트폰 어플리케이션 상에서 출발지와 목적지를 정해 주고 측정명령을 내리면 로봇이 목적지로 향해하

면서 자동으로 유량을 비롯한 하천조사 항목을 측정하고 해당 자료는 무선 인터넷을 통하여 관리자의 컴퓨터로 전송하는 것이다. 로봇에는 DGPS가 탑재되어 현재의 측정위치를 정확하게 알려줄 수 있고 전방에 설치에 스마트 캠을 이용하여 진행방향의 실시간 동영상을 전송함으로써 관리자가 현장의 진행 상황을 상세히 파악할 수 있는 기능이 구현되었다. 로봇 제어부인 스마트폰 어플리케이션에서는 이동 시작-정지, 방향설정, 위치정보 송수신, 추진장치의 회전수 설정 등의 기본 제어 명령을 위한 버튼이 구현되어 있고 LBS 기능이 탑재되어 지도상에서 로봇의 위치를 실시간으로 파악할 수 있어 보트의 유실이나 고립의 위험을 최소화 하였다. 로봇의 구동은 자동항법 알고리즘이 구현되어 있는 자체 개발 모듈을 통해 이루어지며 측정자료 및 현장의 동영상 정보는 3G나 LTE 데이터 기간 통신망을 이용하여 언제, 어디서나 확인할 수 있다. 아래 그림 2에서 하천조사로봇의 기본 개념도를 제시하였다.

로봇의 개발에 적용된 주요 스마트 IT 기술을 기술하면 다음과 같다.

- (1) 모바일 어플리케이션 개발 : 로봇 제어부 총괄 (현재, Android OS용 어플리케이션만 개발된 상태임)
- (2) 3G(CDMA), LTE 이동통신망 : 모바일 어플리케이션과 Wabot 간의 통신 구현

- (3) Zigbee 근거리통신 : DGPS와 로봇 구동 모듈간의 통신 구현
- (4) 스마트기기 Tethering 통신 : 영상촬영 스마트기기와 내장 스마트기기간의 네트워크 동기화
- (5) 원격접속 : 최종 조사자 혹은 관리자의 단말기에서 로봇에서 취득되는 실시간 영상과 하천조사 자료를 확인

다음 그림 3은 최종 조사자 혹은 관리자가 소유한 스마트기기에서 원격접속으로 실시간 하천조사 자료 및 동영상을 확인하는 화면이다.

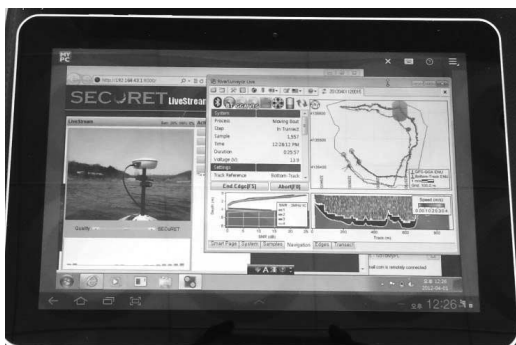


그림 3. 실시간 하천조사 자료 및 동영상을 원격으로 확인할 수 있는 최종 조사자의 단말기 모습

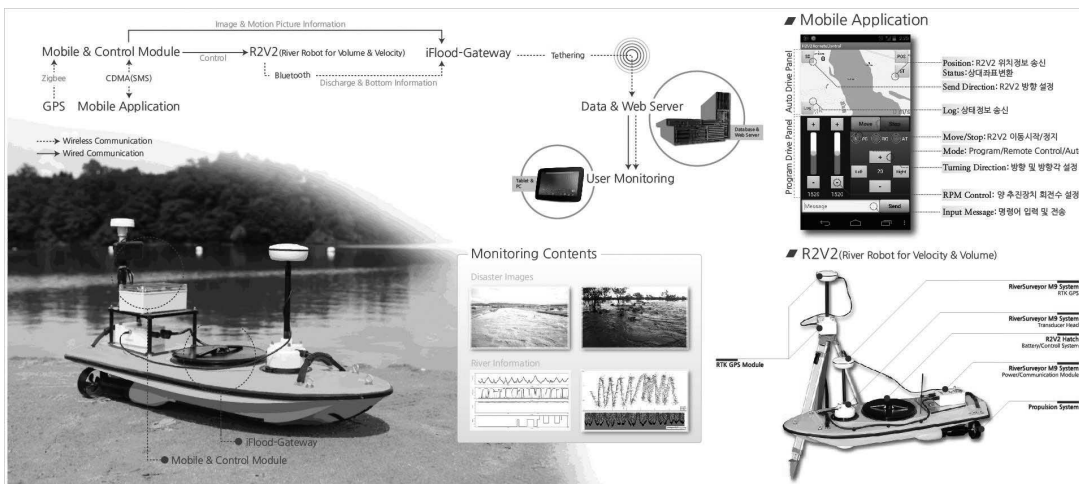


그림 2. 하천조사로봇(Wabot)의 기본 개념



### 3.3 현장적용

완성된 로봇을 이용해서 직접 한강에서 유량측정을 수행하였다. 장소는 한강 유람선이나 윈드서핑 지역이 아닌 잠실 수중보 바로 하단을 택하였다. 잠실 수중보 직 하류는 접근성이 좋고 강의 폭도 900m 이상이며, 잠실 수중보로 인한 하상의 변동이 예상되는 곳으로서 로봇을 이용하여 유량을 측정할 경우 극적인 효과를 거둘 수 있는 지역이다. 로봇을 이용하여 잠실 수중보 하류 남단에서 북단까지의 하상과 연직유속의 크기를 측정하여 각 소단면에서의 유량을 산정하여 전체 횡단면에서의 유량을 계산하였다. 보트의 속도는 흐르는 유속이 크지 않으므로 저속으로 운전하도록 설정하였고 위치 오차는 최대 3m 넘지 않도록 DGPS를 사용하였다.



그림 4. 하천조사로봇을 제어하는 어플리케이션

다음 그림 4는 실제 하천조사로봇의 동작을 명령한 스마트폰 어플리케이션의 실행 장면이다.

로봇이 한강을 스스로 횡단하면서 측정한 유속과 수심 분포는 다음 그림 5와 같다. 잠실 수중보 하류의 수심 분포는 북단쪽 수문이 위치한 부분과 월류부가 시작되는 부분에서 가장 낮은 분포를 보이고 실제로는 수심이 0.6m 정도로 측정되었다. 최대 수심이 약 4m에 달하고 이 수심은 가운데 모래톱을 중심으로 남북으로 깊게 분포한다. 현장에서 만난 한강지킴이 수영클럽회원과 대화해 보면 잠실 수중보 아래에서 한강을 횡단할 경우, 모래톱에서 잠시 수영을 쉬고 간다는 사실로 미루어볼 때, 하천조사로봇에서 수집된 자료가 틀리지 않았음을 확인할 수 있었다. 그림 5에서도 알 수 있듯이 잠실 수중보의 영향으로 물이 역류하는 이곳에서 유인 보트를 이용하여 유량을 측정하려 했다면 지형적인 특성으로 인하여 작업시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 안전상의 위험을 초래하는 등의 난관을 경험했을 것으로 판단된다.

### 3.4 자료처리

하천조사로봇을 통해 수집된 자료들은 그림 5와 같은 센서 제조회사에서 제공되는 기본 소프트웨어에서 표출 가능한 형태로 저장된다. 하지만 수집된 원시자료들을 조사 목적에 부합하도록 몇 가지 IT 어플리케이션을 활용하여 후처리할 수 있다면, 훨씬 더 공학적이고 전문적인 하천조사 자료로 재생산할 수 있다. 먼저, 그림 6과 같이 하천 특정 지점의 세굴을 파악하기 위한 목적으로 Matlab을 이용하여 3D 맵핑하거나 google-earth의 지형정보를 오버랩하는 간단한 조작을 통해 수집된 자료의 가독성을 대폭 향상시킨 예이다.

그림 7은 하천의 퇴적과 침식의 경향을 파악하기 위한 목적으로 수집된 원시 하상자료를 캐드와 GIS 툴에서 속성화 작업을 거쳐 도출된 자료처리의 모습이다.

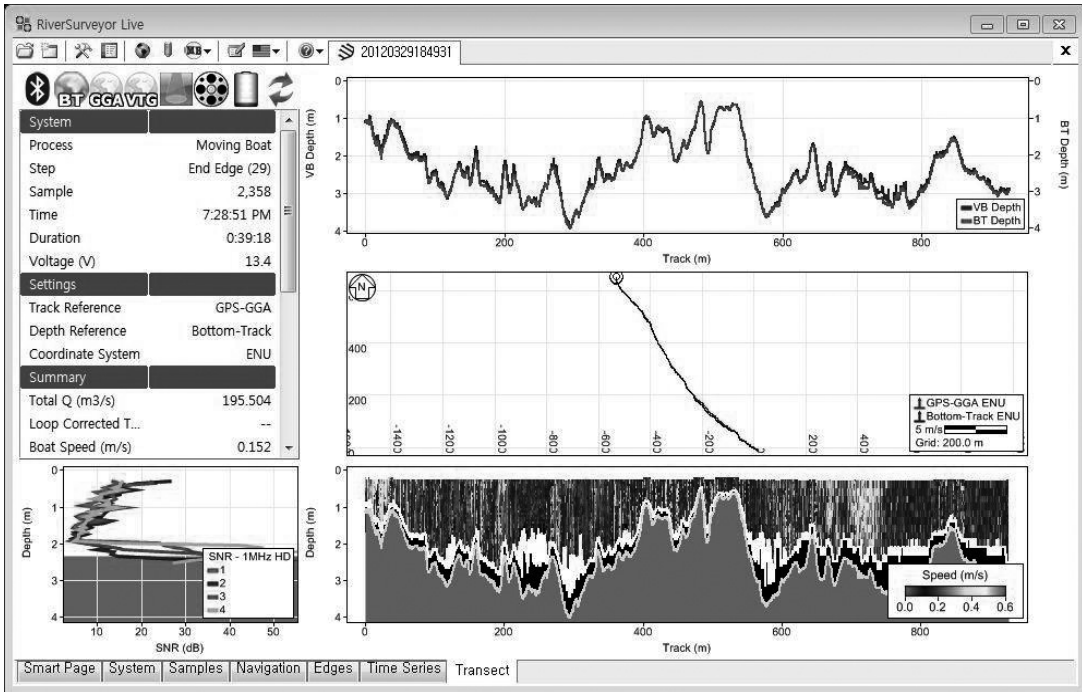


그림 5. 하천조사로봇으로 자동 취득된 하상, 유속분포의 모습

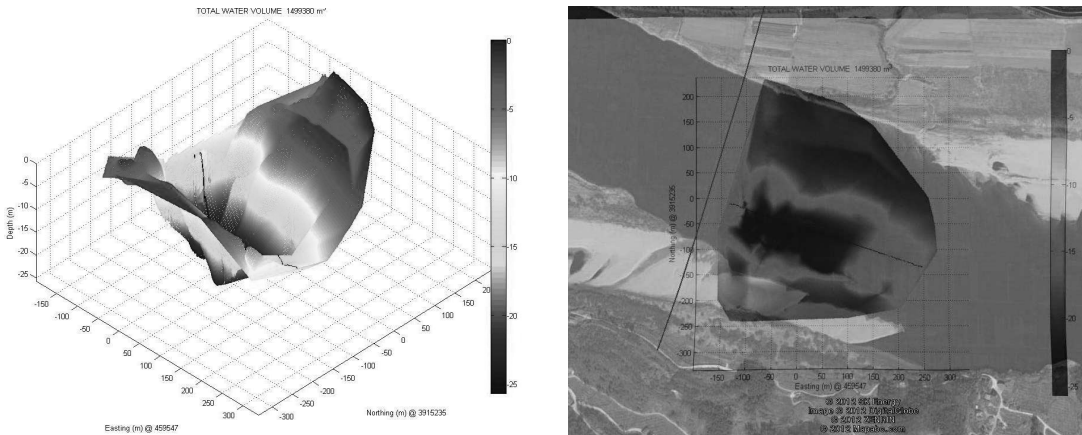


그림 6. 원시자료의 Matlab 자료처리 결과(좌) 및 Matlab-google earth 자료처리 결과(우)

#### 4. 맺음말

인간의 다양한 행위를 대체할 수 있는 로봇 개발의 욕구는 오랜 기간 존재해왔고 그 원천기술에 대한 연구는 선진국에서 국가지원 하에 쉽 없이 수행될 것이다. PC 기반의 1세대 IT에 이어 스마트기기

중심의 2세대 IT 시대의 도래는 LTE로 빨라진 무선데이터 통신망의 속도처럼 로봇 도입 환경 조성에 필요한 시간을 급속도로 단축시키고 있다. 비록, 현장에서 직접 수행해야 되는 하천조사 업무를 100% 무인화, 자동화한 로봇의 의미는 아니지만 스마트 IT 기술을 적극 활용하여 개발된 하천조사로봇은

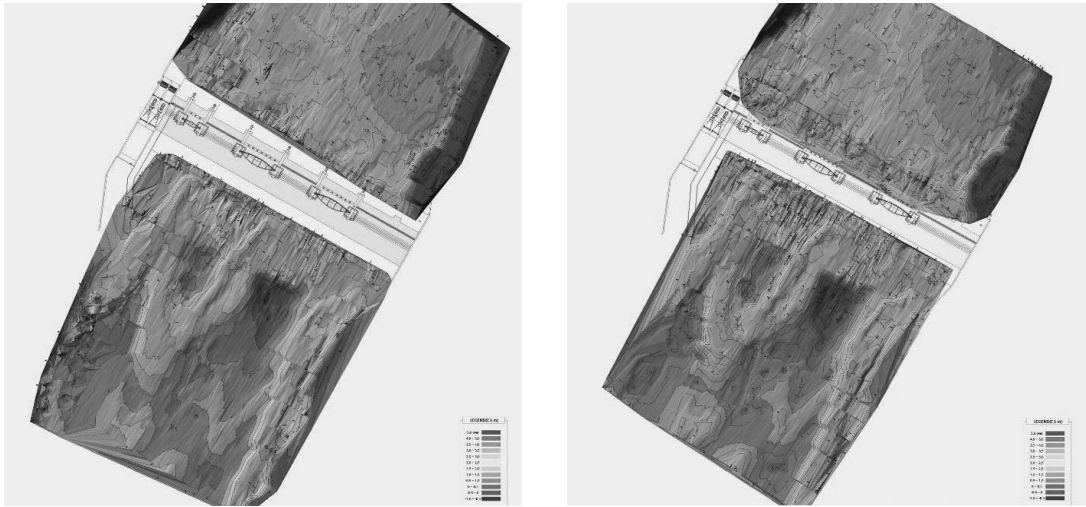


그림 7. 원시자료의 GIS 자료처리 결과

사람 대신에 좀 더 안전하게, 좀 더 정확하게, 좀 더 신속하게 하천조사를 수행하는 로봇의 개념이 상당수 반영된 성과물이다. 그림 8과 같이, 로봇을 적극적으로 활용하게 되면 초기에 장비의 기본 설정만 수동으로 수행한 후 조사자의 차량에서 로봇을 원하는 지점으로 조종하고 원격으로 실시간 수치자료와 동영상을 확인하는 시나리오가 가능하다.

하천조사로봇은 수자원 공학지식 및 계측관련 지식, 스마트 IT 기술, 보드제작에 필요한 하드웨어 기술, 제어방법 설계에 필요한 임베디드 소프트웨어 기술 등이 융복합되어 개발된 것으로서 각 요소

기술들의 수준이 진보하고 관련 연구를 지속한다면 구현하고자 하는 대부분의 기능들은 자동화가 가능할 것으로 판단된다..

### 감사의 글

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



그림 8. 하천조사로봇의 적극적 활용의 예