

GIS와 GPS를 연계한 무선 실시간 하천수질관리시스템 개발

Development of Wireless Real Time River Water Quality Management System with GPS and GIS

이 재 응* / 하 상 민** / 이 종 국***
Yi, Jaeung* / Ha, Sangmin** / Lee, Jongkook***

Abstract

In this paper the development of a real time river water quality management system is described. This system can manage a river water quality fluctuation by finding out abnormal conditions quickly and exactly. The GIS based monitoring system collects various properties of river water quality through the wireless real time network. Tanchun, the first branch of the Han River was selected as the target basin of the system development. This system is composed of three parts - wireless real time field measuring system with a GPS receiver, a server computer and a GIS platform. After the first field test in Tanchun basin, the result showed the many possibilities of measuring various water quality properties in real time and storing the data and analyzing them within the GIS environment in real time in very efficient manners. It is expected that the developed system will contribute to the efficient management of a river water quality control and water quality related disaster prevention purposes.

Key words : River Management System, Wireless Real Time Measuring System, GIS, GPS

요 지

본 연구에서는 하천수질자료를 현장계측하고 무선으로 실시간 전송하여, GIS 상에서 자료를 분석하여 하천수질의 이상을 신속, 정확하게 파악하여 하천의 수질관리를 효율적으로 관리할 수 있는 GIS에 기반한 하천수질 관리시스템을 개발하였다. 시스템을 성능을 테스트할 목적으로 한강의 제1지류인 탄천을 시범구역으로 선정하여 개발된 시스템을 테스트하였다. 하천관리시스템은 크게 GPS 수신기가 탑재된 무선 실시간 계측시스템, 서버컴퓨터, GIS 시스템의 세 부분으로 나뉘어지며 각각의 시스템을 통합, 연계하여 최종 시스템을 개발하였다. 개발된 하천관리시스템을 시험구역에 적용한 결과 탄천 수질자료의 측정이 실시간으로 이루어짐과 동시에 서버컴퓨터에 저장되는 자료를 GIS 시스템 상에서 즉시 표출하고 가공할 있게 됨으로서 하천 수질을 실시간으로 관리할 수 있는 가능성을 제고하였으며 수질오염확산예측 및 수질방재등의 목적으로 활용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

핵심용어 : 하천수질관리시스템, 무선 실시간 계측, GIS, GPS

* 정회원 · 아주대학교 공과대학 환경도시공학부

** 아주대학교 공과대학 토목설계공학과 석사과정

*** (주)DATAPCS 대표이사

1. 서 론

최근에 지리정보시스템(Geographical Information System)에 대한 관심이 급속도로 증가하고 이를 이용하여 다양한 분야에서 폭넓은 연구가 진행되고 있다. 지리정보시스템 즉, GIS 기법은 다양한 지형자료를 저장, 분석, 합성, 도시할 수 있는 기능을 가지고 있어 공간적인 구성요소를 포함하는 수공학, 수자원분야에 접목되어 많은 학문적 향상을 가져왔다. GIS 분야의 연구동향을 보면 Schmitt 등(1987)과 Warwick 등(1991)은 HEC-1의 GIS 응용에 대해 연구하였으며, Meyer 등(1993)은 GIS와 SWMM의 RUNOFF를 결합하여 실제유역에 적용하였고, Maidment 등(1996)은 ArcView와 WASP5를 연계하여 수질해석을 실시하는 등 GIS와 기존 모형과의 연계에 대하여 많은 연구가 수행되었다. 또한, GIS를 이용한 강우·유출해석에도 활발한 연구가 진행되었는데 Jenson 등(1988)은 수치표고모형(Digital Elevation Model : DEM)로부터 하천의 특성인자를 추출하는 방법에 대하여 연구하였으며, 함창학(1996)은 GIS를 활용하여 수문지형정보를 추출하였으며, 김정탁(1998)은 GIS를 사용하여 추출한 지형정보를 이용하여 유출모의에 대한 연구를 수행하였다. 하지만 그 동안의 많은 연구는 GIS 기법과 수공학, 수자원분야에서의 기존 모형과의 연계를 통해 GIS의 활용가능성을 제시하는 것과 GIS를 이용한 시각적인 효과를 증대하는 제한적인 연구에 치중되어 왔다.

본 연구에서는 수자원 분야의 제한적인 GIS활용을 보다 적극적으로 모색하고자 하천수질관리를 GIS 환경에서 실시간으로 수행할 수 있도록 하는 하천수질관리시스템을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 여기서 하천수질관리시스템이란 하천의 수질 특성자료를 현장계측을 수행하고 측정점의 위치정보를 GPS를 통해 확인하여 무선network를 통하여 실시간으로 수집하고 관리하며 하천수질을 모의하는 GIS 시스템과 연계하여 하천수질의 이상을 신속, 정확하게 파악할 수 있는 시스템을 의미한다. 즉, 도시하천에서 하천수질 오염과 같은 문제가 발생할 경우 이를 현장에서 실시간으로 계측하여 적절한 대책을 강구할 수 있는 판단자료를 제공함으로써 실시간으로 전송하여 피해를 최소화할 수 있는 시스템을 의미한다.

하천수질관리시스템 구축을 위한 시범유역으로 는 한강의 제1지류인 탄천을 선정하였다. 탄천은 경기도 용인에서 발원하여 서울 송파구와 강남구 사이를 흘러 한강으로 유입되는 한강의 지류로 상류지역과 인근에 용인, 분당과 같은 신규 도시들이 급격히 발달한 대표적인 도시하천이므로 수질오염 피해 등이 발생할 여지가 큰 하천이다. 탄천 수계는 정부의 하천정비 기본계획이 수립된 지 상당한 시일이 경과하여 하천개수사업 및 도시화 추세 등으로 인해 많은 지역적 변화 및 수리·수문특성의 변화가 발생하였다. 또한 기존의 치수·이수 위주의 하천정비에서 벗어나 하천의 환경적 기능을 증진시키기 위한 환경개선 및 하천 관리운영의 미비점 보완이 시급한 당면과제로 부각되는 등, 사회적으로도 이슈화되었던 지역이기에 본 연구의 시범유역으로 적절하다고 판단된다.(경기도, 2001)

따라서 본 연구에서는 무선 실시간 계측시스템, GPS와 GIS 기법을 연계하여 하천 흐름의 이상을 신속, 정확하게 판단할 수 있는 하천수질관리시스템을 개발하고 이를 탄천에 적용하였다. 연구에 사용된 소프트웨어는 ESRI사에서 개발된 ArcView 3.2a를 중심으로 사용하였으며, 실시간 계측기는 (주)DATAPCS에서 개발된 PCS 무선인터넷을 이용한 실시간 데이터로거와 수질계측기로는 YSI사에서 개발된 수질모니터링 기기 YSI6600을 사용하였다.

2. 시스템 구성

본 연구에서 개발한 탄천 수질관리시스템은 크게 GPS가 장착된 무선 실시간 현장계측시스템, 서버 컴퓨터, GIS 시스템의 세 부분으로 구성되어 있다. 시스템 구성과 운영을 그림 1과 같이 개략적으로 나타낼 수 있는데, 탄천 관리시스템의 큰 흐름은 다음과 같다. 현장에서 실시간 계측시스템을 사용하여 하천 수질 특성값들을 측정하면 관측 자료는 중앙에 있는 서버컴퓨터로 무선 인터넷을 통하여 전송이 되고, 서버컴퓨터에서 수신된 자료는 변환과정을 거쳐 GIS 시스템의 입력자료로 사용된다.

측정된 자료는 시스템의 최종단계인 GIS 시스템에서 요구하는 양식인 ASCII 파일로 변환되어 지정된 장소에 저장된다. GIS 시스템에서는 탄천모형을 구성하였으며, 서버 컴퓨터에서 구축된 데이터베이스를 탄천모형에 적용, 구성하는 단계를 거쳐

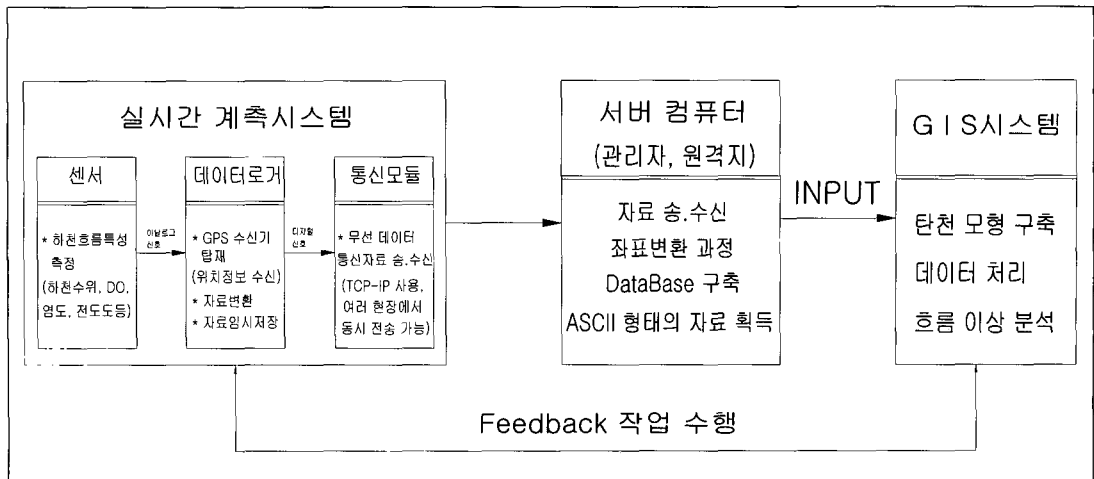


그림 1. 탄천관리시스템의 구성과 운영

며 이때 자료의 이상치를 발견하면 바로 실시간 현장계측시스템에 feedback 작업을 수행하여 양질의 현장자료를 획득하거나 적절한 조치를 취할 수 있는 있도록 하였다. 각 시스템의 구축 과정과 운영 방법을 살펴보면 다음과 같다.

2.1 GPS를 탑재한 무선 실시간 계측시스템

무선 실시간 현장 하천수질계측시스템은 DO, 전도도, 염도, 수온, 탁도, 염록소 등과 같은 하천의 수질특성치를 손쉽게 실시간으로 계측할 수 있는 시스템이다. 본 시스템은 하천의 각종 특성치를 계측할 수 있는 YSI 센서, 데이터로거와 통신모듈을 합한 데이터로거부 그리고 전원모듈로 이루어져 있으며, 데이터로거부에는 자료전송을 위한 PCS 무선인터넷 통신장치와 계측지점의 위치정보를 수신할 수 있는 GPS 수신기가 탑재되어 있다.

수질계측을 수행하는 YSI 센서는 YSI6600-M 모델로서 계측 가능한 항목으로는 온도, 전기전도도, 수위, pH, DO, 탁도, 염록소 등이 있는데 추가장착을 통하여 또 다른 항목도 계측 가능하다. 그중 pH와 DO는 우리나라의 수질 대상 항목으로 수질측정의 일부를 담당할 수는 있으나 BOD, COD, SS, 대장균균수, 총질소, 총인과 같은 나머지 수질 대상 항목들의 계측은 센서를 이용한 신속한 자동계측이 어렵기 때문에 본 논문에서는 현장에서 측정할 수 있는 기본 수질항목만을 대상으로 하였다.

데이터로거는 현장자료의 획득 및 저장, 그리고 서버 컴퓨터와의 통신 등의 현장 계측의 모든 작업

을 지휘하는 싱글보드 컴퓨터로 이루어져 있다. 또한 센서로부터 전송 받은 전기적인 신호를 디지털 신호로 변환하며, 센서로부터 받은 전기적인 신호에서 노이즈가 발생하거나 신호의 강도가 약할 경우 필터링과 증폭을 하는 역할을 담당한다. 통신모듈은 무선인터넷 데이터모뎀으로서 음성통신을 제외한 CDMA 방식의 데이터통신만을 위하여 개발되었는데, 데이터로거에서 수집된 현장자료를 인터넷 프로토콜을 사용하여 서버컴퓨터로 자료를 전송하는 기능을 한다. 전원모듈은 현장 계측부의 모든 필요한 전원을 공급하는 부분으로 축전지(12V, 7AH) 1개를 기본으로 사용한다.

그림 2는 본 연구에서 개발된 무선 실시간 계측시스템의 외형을 나타낸 것으로서 개발된 시스템은 계측하고자 하는 하천 지점에서 측정 버튼을 누르기만 하면 하천의 수질측정값과 위치정보를 계측할 수 있고, 전송 버튼을 사용하여 언제든지 자료를 서버컴퓨터에 전송할 수 있다. 시스템에 사용된 데이터로거는 (주)DATAPCS 사의 TCP-RT300이며 다음과 같은 특징과 기능을 가지고 있다.

- 다양한 방식의 센서 인터페이스를 지원(digital input 5ch, analog input 16ch)
- 다양한 방식의 통신 방식을 지원(무선 인터넷 통신, RS232 및 RS485)
- 일반 PC와 direct 통신을 지원
- GPS 수신기를 내장할 수 있어 위치측정과 계측을 동시에 수행할 수 있음

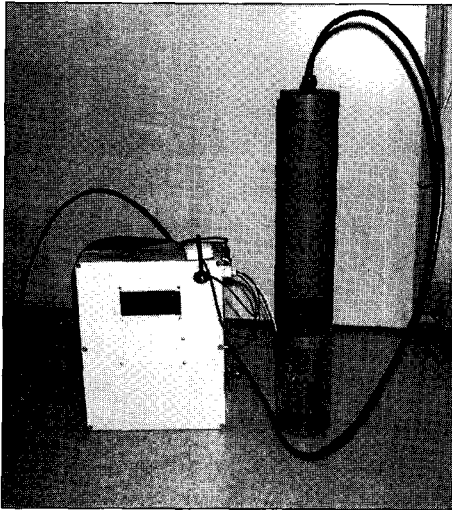


그림 2. 무선 실시간 계측시스템

- 무선 인터넷폰 탑재 가능
- 측정 시간 간격 조절가능, 표준시간 동기화 가능
- DC 12V로 가동되어 최소 전력소비로 현장에서 장시간 사용가능

GPS 수신기가 탑재되어 있는 TCP-RT300 데이터로거에서 수신하는 위치정보를 바탕으로 무선 실시간 계측시스템의 측정위치가 GIS 상에서 손쉽게 추적될 수 있도록 하였다. 즉, 본 시스템 사용된 GPS 수신기는 OEM 제작된 GARMIN GPS 25LP series 로서 RMS 에러가 25m 정도 이기 때문에 하천의 따라 신속하고 광범위하게 현장에서 실시간 수질측정을 수행할 때의 위치측정오차의 에러범위를 만족시킬 수 있다. 그러나 좀 더 정확한 위치정보가 필요할 경우 Differential 기능을 채택하여 RTCM 수정으로 5미터 이내의 측정위치의 정확성을 얻을 수 있다.

2.2 서버 컴퓨터

2.2.1 자료 송·수신 및 자료양식 변환

서버 컴퓨터는 관리자 또는 원격지의 의미를 지닌 IP를 부여받은 중앙컴퓨터를 말한다. IP 주소를 가지고 있으면 현장 계측자료들을 인터넷 통신 프로토콜인 TCP-IP 프로토콜을 사용하여 지정한 시간 간격마다 자료를 전송 받을 수 있다. 자료를 전송 받기 위해서는 고정 IP 주소를 보유한 컴퓨터와 자료 송·수신을 위한 소켓프로그램이 필요하므로 이를 작성하였고, 그림 3은 Visual Basic으로 짜여

진 소켓프로그램에서 실시간 자료를 수신하는 간단한 예이다. 현장에서 계측된 자료를 수신하기 위해 본 소켓프로그램을 실행시키고 무선 인터넷을 연결하면 현장에서 계측된 자료가 실시간으로 서버 컴퓨터로 들어오게 되며 사용자는 이를 여러 형태로 변환하여 데이터베이스화 할 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 서버 컴퓨터에서는 자료를 송·수신하는 작업 외에

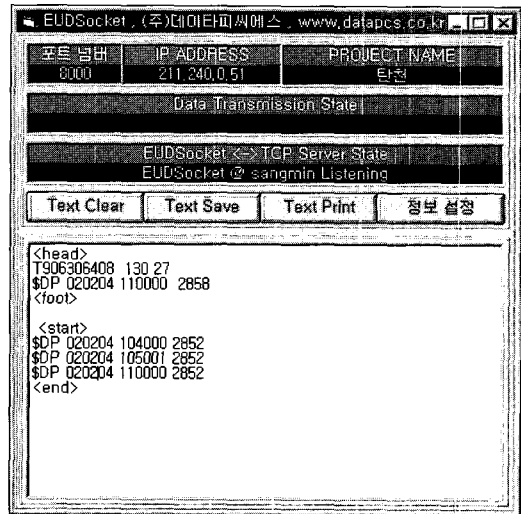


그림 3. 실시간 데이터가 수신되는 소켓 프로그램

도 자료를 특정 양식으로 변환하는 작업을 수행하는데 본 연구에서는 데이터베이스와 GIS 시스템과의 연계를 위하여 자료 중 위치정보를 나타내는 좌표 값을 GIS 시스템과 부합하도록 변환하는 과정과 모든 자료들을 지정된 서버 컴퓨터 폴더 내로 저장하는 작업을 수행한다.

2.2.2 좌표변환

좌표란 지구상의 위치를 확인할 수 있는 중요한 값으로서 좌표변환은 서로 다른 좌표계를 가지고 있는 레이어들을 동일 좌표계로 변환시킴으로써 동일 지역에 대한 다양한 정보의 분석과 자료의 추출을 위한 것이다. 본 시스템에서 수행되는 좌표변환 과정은 데이터로거의 WGS-84 타원체를 준거타원체로 하는 GPS 수신기에서 수신된 측정 지점의 위·경도 자료를 Bessel 타원체를 준거타원체로 하는 TM 투영법의 X, Y 좌표 값으로 변환하는 과정

이다. 이러한 과정을 거치는 이유는 GIS 시스템에서 위치정보를 이용하여 계측 지점을 나타낼 수 있어야 하는데, GIS 시스템 상에서 구축된 탄천의 수계망은 TM 좌표 값을 가지는 수치지도와 수자원 단위지도를 바탕으로 이루어져 있기 때문이다.

2.3 GIS 시스템

GIS는 컴퓨터를 기반으로 한 지리정보의 효율적 생성과 저장, 분석을 위한 시스템이다. 지리정보는 도형정보와 속성정보의 두 가지로 구분된다. 이 중 도형정보는 공간객체의 형상을 2차원의 공간좌표 X, Y 혹은 3차원 공간좌표 X, Y, Z로 표현하여 시각적인 판단의 근거를 제공하고, 속성정보는 도형정보와 같이 시각적인 형태를 갖지는 않으나 지리적 객체와 연관된 다양한 관련 정보를 나타낸다. 도형정보와 속성정보는 공간상에 존재하는 모든 객체에 의하여 발생되는 정보이므로 통칭하여 공간정보라 부르는데 GIS 시스템에서는 공간정보의 구축이 시스템 구성의 핵심이다.(김계현, 1998) 본 연구에서 구축한 GIS 시스템은 탄천 유역의 도형정보와 속성정보를 구축하고 이를 데스크탑 GIS Tool인 ESRI사의 Arcview GIS 3.2를 이용하여 최종적인 탄천 GIS 시스템을 완성하였다. 탄천 GIS 시스템

은 탄천 본류와 여러 지류, 탄천 유역 그리고 한강을 나타내는 도형정보와 각각의 도형정보와 부합되는 속성정보로 구성되어 있다. 시스템 구축을 위해 탄천 유역을 포괄하는 축척 1:25000의 수치지도를 사용하였으며 그림 4에 완성된 탄천 GIS 시스템을 제시하였다.

본 GIS 시스템에서는 Avenue를 사용하여 실시간 계측시스템에서 계측된 자료를 분석, 처리하기 위한 스크립트를 구성하였다.(1998a,b, ESRI) Avenue는 Arcview GIS의 매크로 언어로서 사용자가 원하는 기능을 쉽게 설정할 수 있고, 프로그램의 기능을 추가하거나 삭제하여 특정 업무에 맞는 활용 프로그램 개발을 용이하게 한다. 본 개발에서는 아래와 같은 세 가지 기능의 Avenue 스크립트를 개발한 후 이를 프로그램 상에서 실행하기 위하여 세 개의 아이콘을 생성하였다. 세 개의 아이콘이 처리되는 과정은 다음과 같다.

- (1) RUN : 실시간 계측시스템에서 계측된 자료의 위치정보를 GIS 시스템 상에 정확히 나타낼 수 있도록 한다.
- (2) NUMBERING : 계측된 여러 자료들의 계측 순서를 정확히 체크하여 순서대로 일련의 번호를 부여하는 작업을 수행한다.

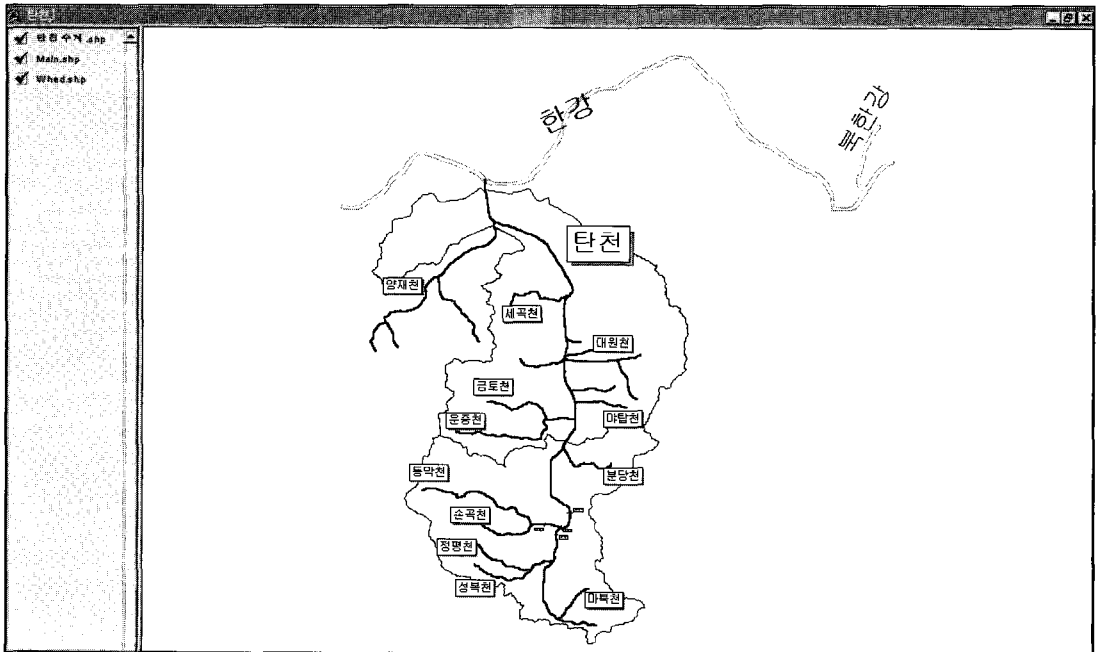


그림 4. 탄천 GIS 시스템

표 1. 계측결과 생성된 데이터 파일

DATE	TIME	X좌표	Y좌표	수온	전도도	염도	DO(%)	DO(mg/l)	PCS강도	전압
020226	161213	426739.53211	209839.28950	11.56	-	-	-	-	-	-
020226	164810	427519.84921	210674.95482	12.68	-	-	-	-	-	-
020226	170003	429118.70424	209511.86549	13.75	-	-	-	-	-	-
020226	170308	429768.15872	209511.13776	9.96	-	-	-	-	-	-
020226	172917	435536.88861	210320.78480	8.92	-	-	-	-	-	-
020226	180000	445913.10932	205960.62374	12.07	-	-	-	-	-	-
020226	180110	445910.50299	205936.60798	12.39	-	-	-	-	-	-

(3) CHART : 계측된 하천 특성 값들을 한눈에 파악하여 이상 유무를 판단할 수 있는 그래프를 생성한다.

3. 적용 결과

본 연구에서 개발된 하천수질관리시스템을 탄천 유역에 적용해 보았다. 실시간 계측시스템을 직접 휴대하여 도보와 차량으로 하천을 따라 이동하면서 총 7개 지점에서 계측을 실시하였다. 한번의 계측이 끝나면 자료는 앞의 시스템에서 지정된 형식으로 서버 컴퓨터에 실시간으로 축적되었으며 최종적으로 표 1과 같이 7개 지점에서의 자료가 획득되었다. 표 1에서 수온을 제외한 나머지 항목들은 탄천 유역에 시험 적용시에는 YSI6600 시스템에 수온센서만을 부착하고 수행하였다. 그러나 개발된 시스

템을 실제로 하천수질을 측정하기 위한 목적으로 이용할 경우에는 필요한 모든 센서를 장착하고 매 측정 시마다 표준용액을 이용하여 센서를 보정해야 하며, 이 자료에 따라 센서의 보정인자를 YSI6600 안에서 셋팅하는 과정을 거쳐 현장수질자료를 획득하게 된다.

이렇게 생성이 된 자료를 탄천 GIS 시스템에 적용하여 실시간으로 실행, 분석하였으며, 그 과정을 그림 6에 나타내었다. 실행, 구성 과정은 현장에서 계측된 자료의 수신이 모두 이루어지면 GIS 시스템 상에서 그림 6과 같은 각각의 구성 결과들이 생성되며 자료의 도시와 처리 그리고 그래프 등이 실시간으로 처리된다.

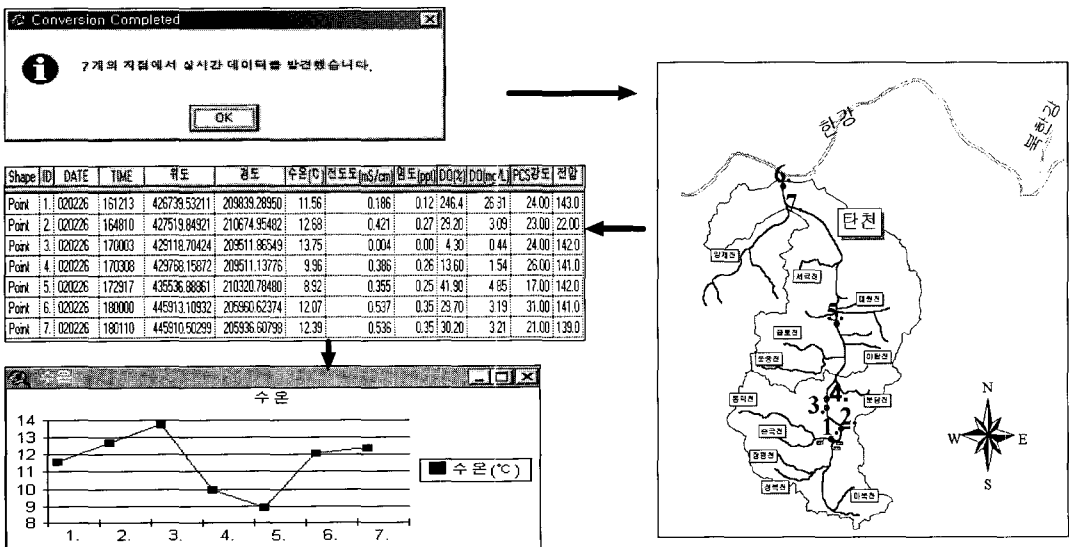


그림 5. 탄천 관리시스템의 모의 결과

4. 결 론

본 연구에서 개발된 하천수질관리시스템은 하천의 수질특성자료들을 실시간으로 계측하고 서버로 전송하며, GIS환경에서 하천의 수질을 감시할 수 있는 시스템이다. GIS시스템과의 연계를 통하여 관측자료의 실시간 위치와 관측순서 등을 도상에서 정확히 파악할 수 있으며 전 하천에 걸쳐 현장계측자료의 품질을 유지하면서 관측할 수 있고 자료의 이상치가 발생할 경우에는 피드백과정을 통하여 재측정과 정밀측정을 실시간으로 수행할 수 있다. 또한 다수의 현장계측 인원이 동시에 계측을 수행할 경우에는 넓은 유역에 걸쳐서 하천의 수질분포를 동시에 측정할 수 있는 우수한 기능을 구비하였기 때문에 하천오염확산의 상태를 실시간 추적하는 것도 가능하다. 이와 더불어 많은 장소에서의 측정자료를 동시에 전송할 수 있기 때문에 여러 대의 계측기를 사용한다면 단기간에 하천 조사를 수행할 수 있고, GIS시스템의 연계되어 실시간 분석이 가능하기 때문에 종합적인 하천환경을 고려하면서 하천수질을 관리할 수 있다.

추후 연구 과제로는 본 연구에서 개발된 하천수질관리시스템을 수질모의 모형과 연계하여 하류의 수질을 실시간으로 모의할 수 있는 시스템을 개선할 예정이며 다양한 하천에서 시스템의 성능과 수질계측결과를 분석한 후 수질과 밀접하게 연관되어 있는 하천흐름의 양적인 조건들, 즉 유속 및 유량, 수심을 동시에 측정할 수 있는 종합적인 실시간 하천관리시스템으로 발전시킬 예정이다.

참 고 문 헌

김계현 (1998), GIS개론. 대영사, pp 2-6.

정기도 (2001), 탄천수계 하천정비 기본계획.

함창학 (1996), 지리정보시스템(GIS)을 이용한 수문지형정보 추출에 관한 기초적 연구, 박사학위논문, 충북대학교

김경탁 (1998), GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구, 박사학위논문, 인하대학교

ESRI (1998a), Introduction to Arcview GIS.

ESRI (1998b), Programming with Avenue.

Schmidt, A.R., Weiss, L.S., and Oberg, K.A. (1987), "Geographic Estimation of Runoff-Model Parameter." *Proc., Symp., Engrg. Hydro*, ASCE, New York, N.Y., pp. 551-554.

Jenson, S.K., and Domingue, J. O., (1988), "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 11, pp. 1593-1600.

Warwick, J.J., Hanes, S.J., and Dickey, R.O. (1991), "Integration of an ARC/INFO GIS with HEC-1." *Water Resour. Plng. Mgmt., and Urban Water Reour.*, Proc. of the 18th Conf., pp. 1029-1033.

Meyer, S.P., Salem, T.H., and Labadie, J.W. (1993), "Geographic Information Systems in Urban Storm Water Management." *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 119, No. 2, pp. 206-398.

Maidment, D.R. et al. (1996), "Modeling of Dissolved Oxygen in Houston Ship Channel Using WASP5 and Geographic Information System." *CRWR Online Report 96-2*.