

환경·생태분야 e-Science 게이트웨이 설계 - 하천 및 호수 중심으로 -

안부영¹, 정영진¹, 조금원¹, 김범철², 정충교²

한국과학기술정보연구원¹, 강원대학교²

{ahnyoung, yjjung, ckw}@kisti.re.kr¹, {bkim, ckjung}@kangwon.ac.kr²

Design of e-Science Gateway for Environment and Ecology

Bu Young Ahn⁰¹, Young Jin Jung¹, Kem Won Cho¹, Beom Chul Kim², Choong Kyo Jeong²
Korea Institute of Science and Technology Information¹, Kangwon University²

요 약

최근 들어 정보기술의 발전으로 인해 타 연구 분야와 정보기술을 접목하여 새로운 연구를 수행하려는 IT 융합 연구의 비중이 커지고 있다. 지구환경 보호를 위해서 국내외 환경 및 생태학 분야에서도 정보기술을 기반으로 한 연구가 많이 수행되고 있다. 하나의 예로 미국 위스콘신대학교를 중심으로 정보기술자와 생태학자가 협력하여 미국, 뉴질랜드, 대만 등의 호수와 하천의 생태학적 관측 자료를 수집하여 웹기반으로 연구자에게 제공하는 GLEON(Global Lake Ecological Observatory Network) 연구 사업이 진행되고 있다. 국내에서도 강원대학교에서 소양호와 의암호 등지에 센서를 설치하여 고해상도 모니터링을 시도한 사례가 있었다.

이에, 본 논문에서는 하천 및 호수에 설치된 센서에서 수집되는 다량의 데이터를 처리하여 환경 및 생태학자들이 활용 가능하도록 한국과학기술정보연구원(KISTI)이 보유한 사이버인프라스트럭처를 기반으로 환경·생태분야 e-Science 게이트웨이를 설계하고자 한다. 이를 위해 1) GLEON 등의 해외 관련 사이트를 조사하였으며, 2) 강원대학교에서 설치하여 운영 중인 소양호, 의암호 등에서 센서 관측 데이터를 수집하고, 3) 수집된 데이터를 처리하기 위한 메타데이터와 데이터베이스 스키마를 설계하고, 4) 환경·생태학자들이 연구에 활용 가능하도록 웹 기반 e-Science 게이트웨이인 KLEON(Korean Lake Ecological Observatory Network)을 설계하였다.

1. 서 론

IT 강국으로서 사이버인프라스트럭처와 정보기술 전문 인력을 확보하고 있는 우리나라가 향후 전지구적 차원에서 당면할 문제인 기후 및 환경변화로 인한 생태계 변화를 예측하기 위한 환경·생태분야의 네트워크 구축은 매우 필요한 실정이다. 위성과 센서 등을 통해 생태계 관측정보와 기상정보를 수집하고 수집된 정보는 표준화를 거쳐 데이터베이스로 구축한 후, 생태계 변화를 분석·예측하는 모델을 개발하려면 환경·생태학자와 정보기술자의 협력이 매우 중요하다.

본 연구에서는 이와 같이 환경·생태학자와 정보기술자가 협력하여 국내 하천 및 호수의 관측 데이터를 처리하여 분석할 수 있는 e-Science 기반 환경·생태분야 게이트웨이를 설계하여 제안하고자 한다.

2. 해외 사이트 조사

생태학자와 정보기술자가 협력하여 환경·생태분야 커뮤니티를 생성하고 연구를 통해 지구 환경 보호에 기여하는 해외 사이트로는 전지구관측시스템(GEOSS, Global Earth Observation System of Systems), 국가 생태 관측계 네트워크(NEON, National Ecological Observatory Network), 전지구 호수 관측계 네트워크(GLEON, Global

Lake Ecological Observatory Network) 등이 있다.

2.1 GEOSS

지구관측그룹(GEO, Group on Earth Observation)이 2005년 2월에 지구시스템 변화의 이해·감시·예측에 필요한 지구관측을 담당할 조직으로 설립되었다. GEO에서 제안하는 GEOSS는 지구의 변화를 감시, 이해, 예측하는 능력을 향상시킴으로써, 전 세계 사람들에게 다양한 분야에서 편익을 제공하게 될 것이며, GEOSS의 발전으로 지구의 모든 분야에서 환경적 변화를 추적하기 위한 관측 기술이 발전하는 것은 물론이고 환경 변화를 감시·평가하고 예측하기 위한 기술도 함께 발전하게 될 것이다.



그림 1. GEOSS 9개 편익분야[1]

<그림 1>은 GEOSS에서 추구하는 9개 사회 편익 분야이다. GEOSS 구축에 대한 국제협력은 개별국가가 수행하여 이를 수 있는 편익보다 더욱 많은 편익을 가져올 수 있다. GEOSS는 선진국과 개발도상국 간의 지구관측 정보 격차를 줄여 줌으로써, 전 세계 인류의 삶과 환경, 경제에 영향을 미치는 정보를 더욱 많이 공유하게 될 것이고 이러한 정보 공유를 통해 올바른 의사결정을 할 수 있도록 도와줌으로써 사회경제적 편익을 제공하게 될 것이다.

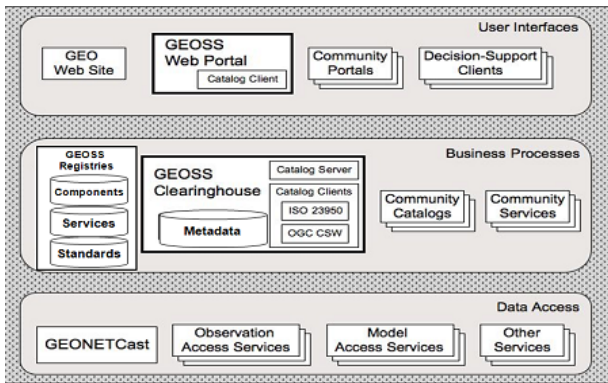


그림 2. GEOSS 시스템 구조도(공학적 관점)[1]

GEOSS는 전 세계에 이미 존재하고 있거나 계획되어 있는 관측시스템들을 포괄하며 현재 존재하는 시스템의 문제점을 개선하기 위한 새로운 시스템의 개발 지원과 기술 표준화를 추진하고 있다. GEO ADC(Architecture & Data Committee)에서는 GEOSS의 상호 운용성을 위하여 <그림 2>와 같은 시스템 구조를 권고하고 있다. GEOSS는 복잡하고 상호 관계를 맺고 있는 사회적 이슈들을 동시에 조정하고 있는데 이는 불필요한 중복을 피하고 정보시스템과 경제, 사회, 환경적인 편익간의 시너지 효과를 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

2.2 NEON

NEON은 미국과학재단(NSF, National Science Foundation)에서 후원하는 장기적인 대륙규모의 생태계 변화에 대한 연구와 교육을 위한 Facility이다. NEON의 임무는 미국 대륙을 대상으로 생태학적 관점에서 기후 변화, 토지이용 변화, 외래종의 침입 등과 같은 생태계 변화에 대해 파악하고 예측하는 분야의 연구를 지원하기 위한 생태계 관측정보의 기반(Infrastructure)을 제공하는 것이다.

NEON이 제공하는 인프라스트럭처는 정보적 측면과 물리적 측면의 두 가지로 구분되며 내용은 다음과 같다.

- ① 정보적 인프라스트럭처(Information Infrastructure): 연구와 교육을 위한 환경을 제공하는 지속적이며 장기적 차원의 다중 규모 데이터세트(Multi-scaled datasets)
- ② 물리적 인프라스트럭처(Physical Infrastructure): 연

구자 요구에 기반을 둔 센서, 관측소를 위한 연구 플랫폼, 물리적 기반을 제공하는 연습시설, 사이버인프라스트럭처, 전문가 등의 인적자원과 프로그램 운영 및 조정

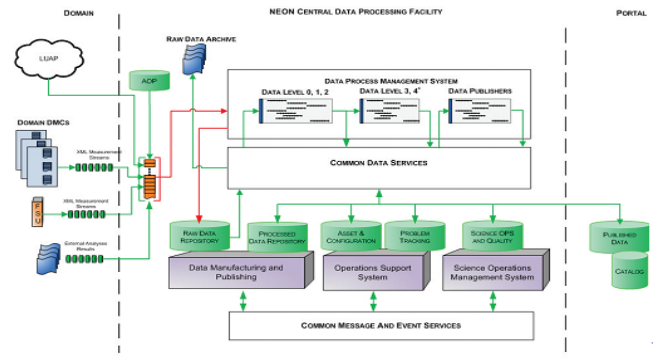


그림 3. NEON 데이터 처리 구성도

NEON은 현재 미국 내 50여개 정부기관과 60여개의 연구조직과 일반 기관들이 참여하고 있으며 NEONinc에 의해서 NEON 프로젝트 사전 설계 작업이 진행 중이다.

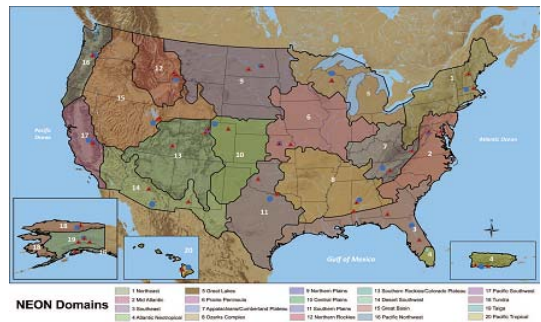


그림 4. NEON 도메인 배치도[2]

2.3 GLEON

GLEON은 지구상의 호수와 저수지에 대한 시계열 관측자료 생산하고 활용하기 위한 연구자, 교육 관련자 그룹들의 자발적 참여로 결성된 국제 민간 네트워크로서 육상에 있는 호수와 저수지 생태계가 자연적 및 인위적 영향에 의해서 어떻게 변하고 있는지를 연구하고 예측하기 위한 목적을 가지고 있다.



그림 5. GLEON 관측지점 및 협력현황

<그림 5>에서 보는 바와 같이 미국을 중심으로 중국, 대만, 뉴질랜드, 이스라엘, 핀란드, 중국 등 25개 국가의 169개의 호수와 저수지가 포함되어 20여개의 관측계(Observatory)와 50여개의 센싱(Sensing) 플랫폼이 참여하여 활동하고 있다. 개별 호수 및 저수지 관측시스템(GLEON)은 하나 또는 몇 개의 측정 플랫폼으로 구성되는데 이러한 플랫폼들은 중요한 육수학적 변수들의 측정과 <그림 6>과 같이 웹 상에서 이용 가능한 데이터를 실시간으로 전송할 수 있으며 웹을 통해 일반인은 물론 연구자들이 정보에 쉽게 접근할 수 있다.

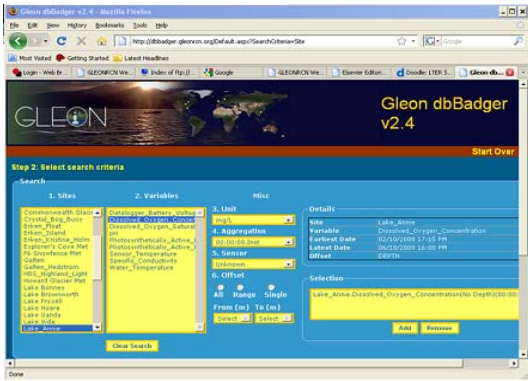


그림 6. GLEON 웹사이트[3]

3. KLEON 설계

국내 하천 및 호수의 관측 데이터를 처리할 수 있는 환경·생태분야 e-Science 게이트웨이(KLEON)는 위에서 살펴 본 GLEON 사이트를 벤치마킹하여 설계하였고 향후 KLEON 시스템이 개발되어 운영 단계에 들어가면 GLEON과도 협력하여 데이터를 공유 및 교환할 계획이다. 이를 위해 설계 단계부터 GLEON 정보기술자들과의 협력 관계를 유지하고자 한다. <그림 7>은 KLEON의 전체적인 개념을 나타내는 그림이다.

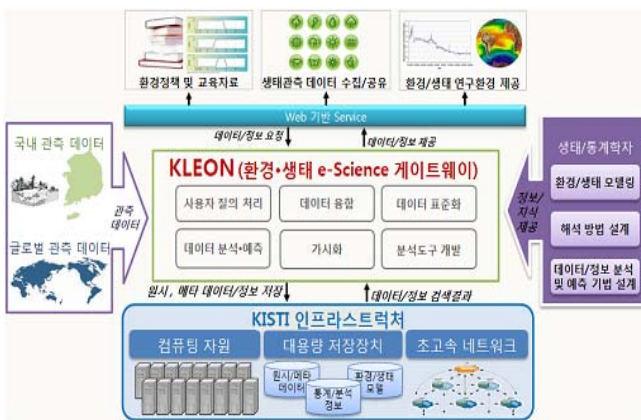


그림 7. KLEON 개념도

강원대학교에서 설치하여 운영 중인 관측센서에서 관측된 데이터를 실시간으로 수집 가능하도록 무선 네트워크를 통하여 데이터센터로 데이터를 전송하도록 하였다.

데이터센터로 전송된 데이터를 형태별, 종류별로 나누어 데이터베이스로 변환하여 저장소에 축적하였다. 축적된 데이터를 검색 또는 활용하기 위한 표준화된 메타데이터 스키마를 설계하였으며 축적된 데이터베이스에 연구자들이 쉽게 접근하여 각자의 연구에서 활용할 수 있도록 웹 인터페이스를 설계하였다.

3.1 센서 네트워크 설계

GLEON 관측 센서는 기온, 용존산소, 용존 이산화탄소, 엽록소 및 피코시아닌과 같은 식물성플랑크톤 색소는 물론 음향 도플러 유속 측정과 같은 유동을 감지하는 장비들이 포함된다. 또한 일사량, 풍속, 상대습도와 같은 호수와 하천에서의 기상학적 매개변수도 측정하고 있다.

이에 따라 KLEON 관측 센서에서도 수온, 전도도, 산소량, 탁도 등을 측정할 것이고 다음과 같이 두 가지 방식으로 데이터를 전송하여 데이터를 수집하려고 한다.

① 데이터 전송방식 Type 1 field station(인터넷 접속이 가능한 사이트를 위한 구성): 인터넷 회선 접속이 가능한 장소에 컴퓨터를 설치하고 센서 모듈과는 전용 무선 링크로 연결한다. 전용 무선 링크로는 ISM 밴드인 2.4GHz 주파수에서 작동하는 주파수도약 대역확산 기술의 모뎀을 사용한다. 데이터 전송 속도는 19.2Kbps, 통달 거리는 150m를 목표로 한다. 컴퓨터가 센서 모듈로부터 자료를 읽어올 때는 ModBus 규약을 사용한다. 컴퓨터는 센서 모듈의 설정을 제어할 수 있으며 이 컴퓨터는 웹 인터페이스를 통해 원격 접속이 가능하다.

② 데이터 전송방식 Type 2 field station(인터넷 접속이 불가능한 사이트): 현장의 센서 모듈을 제어하거나 센서모듈로부터 계측 자료를 읽어와 정리하고 저장하기 위한 컴퓨터를 데이터센터에 설치한다. 각 현장에는 센서 모듈과 CDMA 모뎀을 설치한다. 각 CDMA 모뎀은 고유 전화번호를 배정받으며 수신 전용회선으로 설정한다. 데이터센터에 있는 컴퓨터는 주기적으로 각 현장에 전화를 걸어 자료를 수집한다. 이 컴퓨터 역시 각 현장에 있는 센서 모듈의 설정을 제어할 수 있으며 ModBus 규약을 통해 데이터를 수집한다.

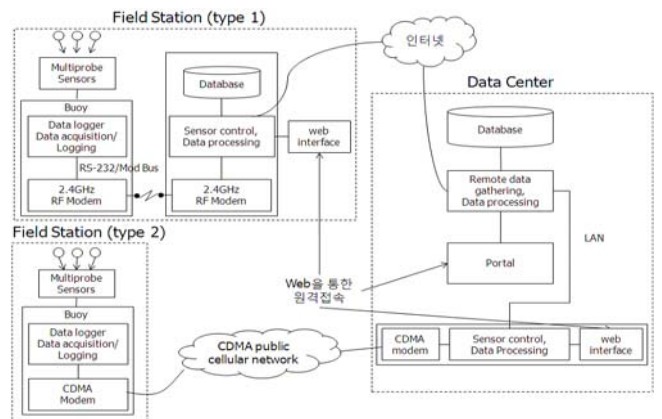


그림 8. 센서 네트워크 구성도

이렇게 수집된 데이터는 <그림 8>에서 보는 바와 같이 데이터센터에 저장되고 변환을 거쳐 데이터베이스에 저장한다. 사용자가 포털을 통해 특정 형태로 가공된 자료를 요구하면 이 요구에 맞도록 데이터베이스에 저장되어 있는 자료를 가공하여 사용자에게 보여준다. 데이터센터는 주기적으로 field station으로부터 갱신된 자료를 읽어와 가공하고 저장한다.

Type 2 field station으로부터 자료를 주기적으로 읽어 오기 위해서는 각 station마다 배정된 전화번호로 전화를 걸어 공중 셀룰러 망을 통해 데이터를 읽어오는 기능이 구현되어야 한다. 데이터센터는 각 field station으로부터 수집된 자료의 정리와 가공, 배포만 담당한다. 각 field station의 각종 파라미터 설정은 해당 field station에 원격으로 접속하여 수행한다.

3.2 데이터베이스 설계

KLEON을 통한 국제협력에 효과적으로 대응하고, 시스템 구축을 성공적으로 수행하기 위해서는 관측지점 센서별 또는 국가별로 운영되고 있는 시스템의 연계성을 높이고 자료의 활용도를 더욱 증대시킬 수 있는 자료 수집·생산·저장·분석·교환의 기반이 마련되어야 한다.

65	Chan[1]	Chan[2]	Chan[3]	Chan[4]	Chan[5]	Chan[16]	Chan[16]	Chan[16]
66	Time	Tempers	Pressure	Barometris	Turbidity	Battery	Rugged DO	Rugged D Conductivity
67	Date	ET (sec)	Celsius	Meters H2Bar	FNU	Volts	microgram/L	%Saturation
68	120000	0	9.23	0.994	0.953	-0.4	3.15	11384
69	11/13/09	1315:10	910	8.9	0.992	0.953	-0.9	3.124
70	11/13/09	1330:20	1820	8.88	0.99	0.953	-0.9	3.124
71	11/13/09	1345:30	2730	16.5	1.433	0.964	2.5	3.124
72	11/13/09	1400:40	3640	16.49	1.526	0.973	3.3	3.124
73	11/13/09	1415:50	4550	16.48	1.796	0.977	2.9	3.098
74	11/13/09	1431:00	5460	16.48	1.966	0.978	2.3	3.124
75	11/13/09	1446:10	6370	16.48	1.901	0.978	2.7	3.124
76	11/13/09	1501:20	7280	16.49	1.983	0.978	2.8	3.124
77	11/13/09	1516:30	8190	16.49	1.996	0.978	2.4	3.15
78	11/13/09	1531:40	9100	16.48	1.278	0.979	2.4	3.124
79	11/13/09	1546:50	10010	16.46	1.277	0.978	2.7	3.124
80	11/13/09	1602:00	10920	16.48	1.274	0.978	2.7	3.124
81	11/13/09	1617:10	11830	16.46	1.29	0.978	3.2	3.124
82	11/13/09	1632:20	12740	16.48	1.277	0.978	2.8	3.15
83	11/13/09	1647:30	13650	16.48	1.293	0.978	2.7	3.124
84	11/13/09	1702:40	14560	16.48	1.28	0.978	2.6	3.098
85	11/13/09	1717:50	15470	16.46	1.269	0.978	4.4	3.124
86	11/13/09	1733:00	16380	16.47	1.255	0.978	2.7	3.124
87	11/13/09	1748:10	17290	16.47	1.274	0.978	2.6	3.124
88	11/13/09	1803:20	18200	16.47	1.274	0.978	2.8	3.124
89	11/13/09	1818:30	19110	16.44	1.273	0.978	2.6	3.098
90	11/13/09	1833:40	20020	16.45	1.274	0.978	2.5	3.124
91	11/13/09	1848:50	20930	16.43	1.276	0.978	2.6	3.098
92	11/13/09	1904:00	21840	16.47	1.272	0.978	2.8	3.124

그림 9. 관측 데이터 샘플(소양호)

<그림 9>는 소양호에서 관측되어 수집되는 센서 데이터의 사례이다. 하천 및 호수에 따라 관측되는 정보가 조금씩 다르기에 표준화된 포맷의 메타데이터 스키마를 설계하기가 어려웠다. 하지만 수집되는 센서 데이터의 요소가 그리 많지 않기에 모든 요소를 만족시킬 수 있는 원시데이터의 데이터베이스 스키마를 설계하고 메타데이터는 원시 데이터의 교환 및 공유를 위한 꼬리표 정보를 가질 수 있도록 간단하게 설계하였다.

메타데이터를 설계하기 위하여 OpenGIS 카탈로그 서비스에서 핵심 카탈로그 스키마와 메시지 내용을 분석하였으며, GEOSS 핵심 아키텍처를 공학적 관점에서 살펴 보았다. 더불어 GEO의 초기가능성 프로그램에서 권고하고 있는 CSW(Catalogue Service for Web) 2.0.2 프로파일을 기반으로 설계된 ebRIM 프로파일, CIM 프로파일,

ebRIM이 없는 ISO 프로파일, EO 프로파일 등을 분석하였다[4]. 향후 GEO 메타데이터와 호환 가능한 더블린코어(Dublin Core) 기반 KLEON 메타데이터 요소를 <표 1>과 같이 설계하였다.

표 1. KLEON Metadata 1.0

명칭	내용
dc:title	자원(resource)의 콘텐츠에 대한 명칭
dc:creator	자원을 만드는데 주요 책임이 있는 개체
dc:subject	자원의 콘텐츠에 대한 주제
dc:abstract	자원의 콘텐츠에 대한 설명
dc:publisher	자원 이용 가능토록 하는 책임이 있는 개체
dc:contributor	자원의 콘텐츠에 기여를 한 개체
dc:modified	카탈로그 레코드의 생성 또는 갱신날짜
dc:type	자원의 콘텐츠에 대한 성질 또는 장르
dc:format	자원의 물리적 또는 디지털 형식
dc:identifier	레코드 식별 가능한 유일한 참조 기호
dc:source	현재 자원이 유래된 자원에 대한 정보
dc:language	카탈로그 레코드의 콘텐츠 표기 언어
dc:relation	참조되는 관련 자원 간에 존재하는 관계명
ows:BoundingBox	관측지점 경계 표시(동서남북 위경도)
dc:rights	자원에 귀속된 권리에 대한 정보

<표 2>는 KLEON 관측 데이터의 주(master) 데이터베이스 스키마이다. KLEON 데이터베이스는 CUAHSI ODM(Observations Data Model)을 따른 GLEON의 Vega data model과 호환되도록 하였으며 경우에 따라 데이터 필드는 추가 또는 삭제가 가능하도록 설계하였다. 데이터는 주기를 정하여 실시간으로 데이터베이스에 저장되기도 하고 엑셀 파일 형식으로 FTP 등을 통하여 파일을 업로드하거나, 웹상에서 직접 파일을 업로드 가능하도록 하였다. 센서관리를 위한 센서 데이터베이스는 별도로 설계하여 구축할 예정이며, 이외에도 필요한 데이터 테이블을 설계하여 추가하려고 한다.

표 2. KLEON 주(master) DB 스키마 1.0

명칭	내용
Data_id	데이터 제어번호(식별기호)
Obs_boundary	관측지점 위경도
Sensor_id	관측 센서 ID
Sensor_date	년(yyyy), 월(mm), 일(dd)
Sensor_time	시(hh), 분(mm), 초(ss)
Air_temp	관측지점 온도
Wind_speed	관측지점 바람의 속도
Wind_dir	자원의 콘텐츠에 대한 설명
DO_05m	수중 용존 산소량
DO_Sat	하천의 DO 농도
Water_temp_00m	수면 온도
Water_temp_05m	수중 온도
Water_Tubi_00m	수면 탁도
Water_Tubi_05m	수중 탁도
Elec_cond	전기전도도
Water_ph	수소 이온 농도

메타데이터와 원시 데이터베이스는 기관간, 국가간 교환 및 공유를 위해 <그림 10>과 같이 XML로 작성하려고 한다.

```

<VegaData>
  <MetaList>
    <MetaData>
      <Key>HBS_Weather_ATemp</Key>
      <UTCOffset>0</UTCOffset>
      <Site>HBS_Weather_Station</Site>
      <Source>HBS</Source>
      <Variable>Air_Temperature</Variable>
      <Unit>C</Unit>
      <AggregationMethod>Inst</AggregationMethod>
      <AggregationSpan>00:00:00</AggregationSpan>
    </MetaData>
    <MetaData>
      <Key>HBS_Weather_RHumid</Key>
      <UTCOffset>0</UTCOffset>
      <Site>HBS_Weather_Station</Site>
      <Source>HBS</Source>
      <Variable>Relative_Humidity</Variable>
      <Unit>%</Unit>
      <AggregationMethod>Inst</AggregationMethod>
      <AggregationSpan>00:00:00</AggregationSpan>
    </MetaData>
  </MetaList>
</VegaData>
    
```

그림 10. 메타데이터 XML 기술 예

3.3 웹 인터페이스 설계

KLEON 웹 인터페이스는 <그림 11>과 같이 GLEON 사이트와 유사하게 구성하고 GLEON과 정보 공유 및 교환을 위해 영문 사이트도 구축하려고 한다. 메뉴 구성은 크게 5가지 기능을 구현하여 이용자들이 효율적으로 이용 가능하도록 인터페이스를 설계하고자 한다. 5가지 기능은 KLEON에 관한 소개, 세부 전문 연구 분야별 온라인 커뮤니티, 환경·생태학자를 위한 데이터 업로드/다운로드, 정보기술자를 위한 정보기술 기법, 센서 관리 기능 등이다. 그리고 통합검색 창을 추가하여 사이트에 올려져 있는 데이터, 문서, 이미지를 키워드 검색으로 찾아볼 수 있도록 설계하였다.

Google-earth를 활용하여 관측 센서 지점을 쉽게 찾아볼 수 있도록 설계하였다. 지도상에는 국내외 관측 지점 지리 정보와 주변 정보를 비롯하여 관측 데이터 통계정보를 텍스트와 그래프 등을 활용하여 표현할 예정이다. 예를 들면 수질 오염 수치, 산소량 분포도, 탁도, 지역별 강수량 및 하천 유입량, 하천 온도변화 등을 색상을 입히거나 그래프로 그려서 이용자들에게 보여 줄 수 있을 것이다.

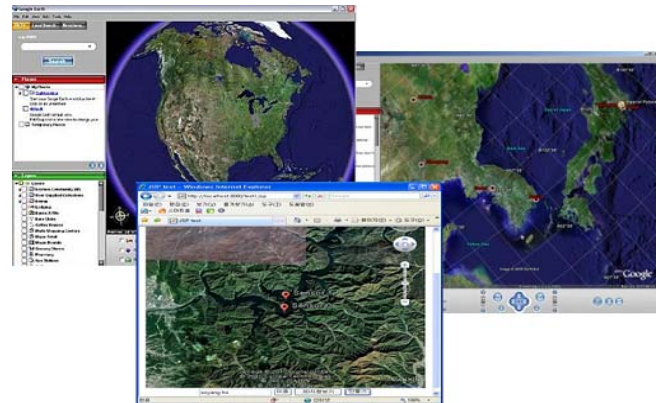


그림 12. Google-earth 활용 센서정보 보기

지금까지 KLEON 웹 포털에서 기능을 구현하여 이용자들에게 전달할 정보의 인터페이스 설계에 관하여 살펴 보았다. 현재 설계된 인터페이스는 관련 연구자 또는 이용자들의 요구분석 조사를 거쳐 최종적으로 완성할 계획이다.

4. 결론

본 연구를 통해 설계된 KLEON은 단주기 변동현상 연구 등 새로운 호수생태학 연구 분야를 개척하는데 큰 기여를 할 것이며, 환경·생태분야 특히 호수생태학 분야에서 센서 네트워크와 센서 데이터 처리 등의 정보기술 융합 연구 활성화에 기여가 클 것으로 기대된다.

KLEON 웹사이트를 통해 호수생태학 분야에서 용존산소의 일주기 변동을 이용한 호수부영양화 평가, 호수수질모델의 정확도 증진, 기후변화에 따른 하천의 수온변화 모니터링 자료 축적, 오염하천의 용존산소 변동에 의한 어류 대량폐사 연구자료 제공 등이 이루어지게 될 것이다. 이런 정보들이 제공된다면 호수 생태 보호 및 환경 정책 수립에 큰 기여를 할 것으로 사료된다.

[참고문헌]

[1] GEO 웹사이트 <<http://www.earthonservations.org>>
 [2] NEON 웹사이트 <<http://www.neoninc.org>>
 [3] GLEON 웹사이트 <<http://www.gleon.org>>
 [4] 안부영, 한정민, 권오경, 조민수, 지구관측자료 메타데이터 설계에 관한 연구, 정보관리연구, 39권, 2호, pp.211-234, 2008

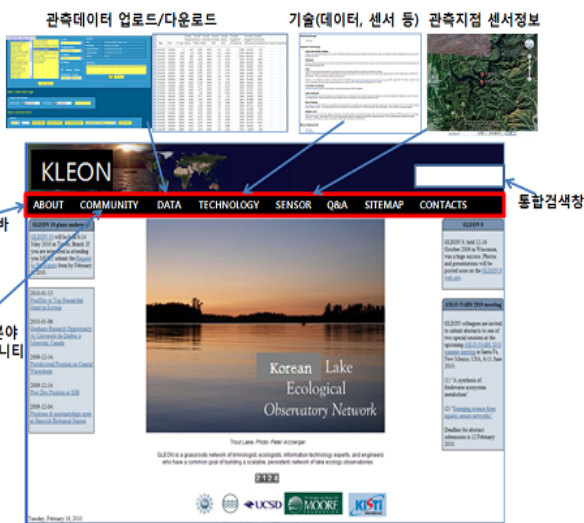


그림 11. KLEON 웹 인터페이스 설계