

# 기상자원 데이터베이스 및 기상자원정보시스템 설계 연구

안승만\* · 성효현\*\* · 최영진\*\*\* · 최성욱\*\*\*\* · 엄정희\*\*\*\*\*

\*아세아항공 · \*\*이화여자대학교 · \*\*\*국립기상연구소 · \*\*\*\*아주대학교 · \*\*\*\*\*한국환경정책·평가연구원

## A Study on Designing Meteorological Resource Database and Meteorological Resource Information System

Seung-Man An\* · Hyo-Hyun Sung\*\* · Yeong-Jin Choi\*\*\* · Sung-wook Cho\*\*\*\* · Jeong-Hee Eum\*\*\*\*\*

\*ASIA Aero Survey Co., LTD. · \*\*Ewha Womans University ·

\*\*\*National Institute of Meteorological Research · \*\*\*\*Ajou University · \*\*\*\*\*Korea Environment Institute

### 요약

본 연구는 국립기상연구소에서 생산한 기상자원지도 및 기상정보의 원시자료로부터 Web2.0기반의 기상자원정보시스템 설계 및 구축을 목적으로 한다. 세부 목표로는 (1)기상자원 DB의 공간정보화, 통계적 정보 제공에 적합한 DB 서비스 개발 (2)사용자 경험 중심의 RIA 서비스 개발, (3)기상자원 KML 배포 서비스 웹 제공을 통해 사용자가 참여와 기상정보 콘텐츠 창작환경 조성에 있다. 이를 위해 풍력과 태양광 관련 기상자원지도와 원시자료를 이용해 GeoDB 및 웹서비스를 설계 및 구현하였다. 결과로서 구축된 기상자원 GeoDB 및 웹서비스가 Web2.0 패러다임을 지향하는 지에 대해 그 활용성을 평가하였다. 본 연구를 통해 생산된 기상자원 공간/통계 정보 및 RIA서비스는 입지분석, 의사결정지원, 창작활동 등 여러 응용분야에 유용하게 활용될 것이다.

**주요어:** 기상자원정보시스템, 정보공학방법론, Web2.0, RIA, 사용자경험, KML

### Abstract

This study aims to design Meteorological Resource Information System (MRIS) based on Web 2.0. To develop MRIS, this study focus on three aspects: (1)To develop Database services which can provide spatial and statistical information, (2)To develop User eXperience-oriented RIA web services, and (3)To make an user participation and meteorological resource contents creation environment by providing KML web publish service. Wind power and solar power raw dataset were employed in MRIS design and construction. As a result, actual database and web services were evaluated based on Web2.0 paradigm. Meteorological resource spatial and statistical information and RIA services drawn by this study will be useful for location analysis, decision support, and various applications.

**Key Words:** Meteorological Resource Information System, Information Engineering Methodology, Web2.0, Rich Internet Application, User eXperience, Keyhole Markup Language

## I. 서론

태양광 및 풍력에너지는 자연 에너지자원 기술로서 대표적 재생에너지 기술이다. 유럽재생에너지협회는 2040년 전 세계 전기공급량의 82%가 재생에너지로 대체될 것이라고 예상했으며, 국내에서도 저탄소 녹색성장을 위한

중요이슈로서 무형자원이자 고부가가치를 창출할 수 있는 사회 간접자본의 하나인 공공재적 자원으로 보고 있다. 재생에너지는 대상지역의 국지적 바람이나 일조량 등 기상특성에 의해 그 경제성이 결정되므로, 상세한 기상 및 기후분석이 중요하다. 입지선정을 위한 자원량 및 경제성 평가를 위해서는 일사 누적량, 풍향, 풍속 등 사업지

역 주변의 기상자원 조사가 선행되어야 하는데, 이를 위해 기상청에서는 기상관측소에서 수집된 정보를 기상학적 분석을 통해 자원지도로 구축하여 제공하고 있다.

현재, 국내에서는 장기간의 기상자원 요소 관측을 통한 기상조사 분석방법을 많이 이용하나 이 방법은 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라, 관측 지역 범위가 제한적이어서 관측 장비에 의한 측정 범위 바깥의 자료들은 참조할 수 없다. 결과적으로 관측위치의 선점과정에서 적절한 위치를 결정하지 못했을 경우 전체적인 기상자원조사 및 분석 결과에 영향을 미치게 된다. 이러한 취약성을 보완하기 위해 국립기상연구소에서는 수치모의를 통한 균질한 입체적 시계열자료를 활용한 기상자원조사 기법을 적용하여 국가자원지도로써 풍력자원지도 및 태양광지도를 구축하였다(변재영 등, 2010; 이규태 등 2009). 국가자원지도 제작에 사용된 수치모델은 다차원 시계열자료로서 바람 및 태양광의 시계열 모델링 자료에 기반하고 있으며 이들 자료를 공간정보화 하여 지형공간정보와 함께 활용할 수 있도록 함으로써 국가기상자원지도 DB의 활용범위를 확장하고 다양한 사용자가 활용할 수 있게 하였다. 하지만, 기상자원지도 및 수치모델 자료를 시계열적인 공간 현상을 설명하는 자료로 활용하기 위해서는 시계열 모델링 자료와 서비스를 연결하는 방법론의 개발이 필요하다.

이와 관련해서 다양한 관점의 방법론이 이용되고 있는데, 기상자원 DB의 구조적 특성을 반영한 지형공간정보는 비즈니스로직과 달리 서비스체제의 변경이 낫다. 정보공학방법론은 소프트웨어공학 방법론에서 안정적이며, 데이터와 프로세스간의 상호관계를 고려한 서비스 체계 수립(이재학, 2002) 및 요건정의로서 일관적이고 통일된 정보시스템 설계에 적절하다. 특히, 최근에는 지형공간정보서비스에 Web2.0 패러다임이 도입되어 정보 개방과 공유가 이슈화되고, 사용자 참여를 통한 상호운용성(interoperability)이 강조되고 있다. 또한, 기술적으로는 웹 표준 XML(eXtensible Markup Language) 기반 응용, OpenAPI, Mash-up, KML, RIA, 웹서비스 응용 등 차세대 웹 기술과 응용서비스를 통합하여 사용자 경험을 중시하는 인터랙티브한 서비스를 지향하고 있다(강영욱, 2008; 김은형, 2009; 장영범, 2008).

본 연구에서는 정보공학방법론을 통하여 원시데이터 형태의 기상자원 DB를 기상자원지도 사용자의 요구와 편의

성을 고려하여 공간정보화 할 수 있는 설계 방법론을 마련하고 웹기반 서비스를 구축하여 SOA 환경에서 기상자원 DB의 이용 여건을 제공한다. 특히, 위치기반 정보열람, 통계정보 제공, Web 공간정보 서비스 체계를 구현함으로써, 입지분석과 의사결정, 창작활동, 정보 활용과 웹 표준에 따른 기상자원 정보 공유 및 통합 활용성을 높이고자 한다. 기상자원정보시스템(Meteorological Resource Information System, MRIS) 구축에 정보공학방법론을 적용함으로써 일관성 있고 통일된 시스템 구축이 가능하고, 장기적 발전, 데이터중심 업무절차 및 환경변화에 유연한 대처(허원실, 2006)를 할 수 있을 것으로 기대한다.

## II. 연구방법

### 1. 지형공간정보에서의 Web2.0

Web2.0은 네트워크기반의 ‘개방’, ‘공유’, ‘협력’, ‘참여’ 등과 정보의 소비자를 넘어서 사용자 스스로 지식과 정보를 생산, 공유하는 웹의 환경변화와 방향성을 조화한 패러다임이다. 기술적인 측면에서는 XML, SOA(Service Oriented Architecture), 웹브라우저 확장기술, RIA, 시맨틱 웹 (Semantic Web)등 차세대 응용기술과 응용서비스의 통합을 의미한다. 그림 1은 O'Reilly에 의해 구상된

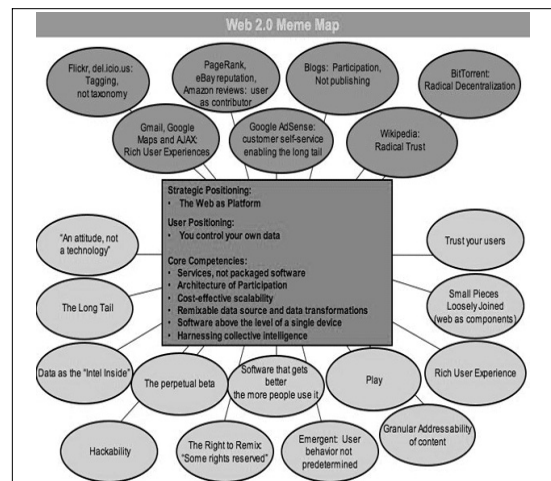


그림 1. O'Reilly Web2.0의 개념

표 1. Web2.0 특징

구분	웹 2.0
서비스 모델	- 웹 서비스
서비스 표준	- http, XML, RSS, REST
재사용성	- 매우 높음
유연성 및 순응성	- 매우 높음 - 단순한 데이터 포맷 - 가벼운 프로그래밍 모델
비즈니스 모델	- 롱테일(Long Tail) 효과 - 네트워크 효과 - 집단지능 활용 - 고객 셀프 서비스
설계 플랫폼	- AJAX,RIA - 신디케이션(syndication) - 멀티 디바이스 소프트웨어
핵심역량	- 서비스로서의 SW(SaaS) - 데이터 소스에 대한 통제 - 집단지능 이용 - 롱테일 효과 - 가벼운(lightweight) UI, 개발모델, 비즈니스모델

Web2.0의 개념이다(오충원, 2007).

Web2.0의 핵심요소를 정리하면 표 1과 같다. 지형공간 정보에서의 Web2.0은 지형 공간정보구축과 활용에 사용자 참여를 강화하여 쌍방향성을 실현하는 융합된 공간정보 서비스로의 발전을 의미한다. 즉, 메타데이터(Meta data)로 위치정보를 활용하는 콘텐츠에서 사용자 중심성을 강화하고, RSS(Rich Site Summary) 및 KML에서 지오타그(Geo Tags)를 기준으로 특정장소에 대해 사용자가 원하는 정보를 주제별로 제공하며, 위치기반서비스의 다양한 융합서비스 개발 및 산업적 활용을 지향한다(조하만, 2010; 장유섭 등, 2007; 김영표, 2008).

## 2. 정보공학 방법론(IEM)을 이용한 설계

표 2는 70년대부터 현재까지 대두된 공간정보시스템 개발방법론의 흐름을 보여주고 있다. 각각의 개발방법론은 목적성에 따른 장점과 단점이 함께 존재한다. 따라서 프로젝트 특성과 규모, 소프트웨어 품질관리 인식제고,

표 2. 70년대 이후 GeoDB 구축 및 서비스 개발 방법론 흐름

기법	설명
구조적 방법론	70년대, 기능중심
정보공학 방법론	80년대, 자료구조중심
객체지향 방법론	90년대, 객체중심
컴포넌트 방법론	00년대, 컴포넌트중심

효과적인 활용가치 등의 개발목적에 따라 개발방법론의 선택 및 적용이 이뤄진다(이재학, 2002). 본 연구에서 기상자원지도를 이용한 GeoDB 및 서비스 개발을 위해 적용하였던 정보공학방법론(Information Engineering Methodology, IEM)은 80년대 중반에 개발된 자료구조 중심의 개발방법론으로서 기존의 구조적인 방법론의 원리를 수용하면서 비즈니스 프로세스에서 효율적 정보사용을 가능하게 하는 아키텍처이다.

정보공학 설계방법론의 특징으로는 업무 지향적 접근법에 의한 도형(Data Flow Diagram, Entity Relationship Diagram) 중심의 산출물로서 프로세스에 대한 이해가 용이하고, 프로젝트 관리가 가능한 단위로 분할되며 계획-분석-개발-운영단계를 명확하게 구조적으로 정의한다. 이를 본 연구의 수행내용에 따라 단계별로 정리하면 기상자원지도 활용을 위한 (1) 정보화전략계획 수립(서비스 목표/프로세스분석/현행시스템 분석 및 평가), (2)업무영역 분석(데이터/프로세스모델링/CRUD), (3)시스템 설계(업무프로세스 정의/프레젠테이션 설계), (4)시스템구축 단계로 나뉘어 수행될 수 있다. 본 연구에서는 MRIS의 설계 및 개발 목표를 다음의 세 가지로 정하였다.

- (1) 기상자원 DB의 시각화, 시계열화, 공간정보화, 통계적 정보 제공, 향후 Geo-tag 및 시멘틱 웹에 적합한 DB 체계, geo-processing에 의한 기상자원 정보 구축
- (2) 사용자 경험(User eXperience, UX) 중심의 RIA (Rich Internet Application) 기반 MRIS 서비스 환경 구축
- (3) 사용자가 직접 다양한 융합서비스 환경을 접하고 개인 저작물과의 융합을 통해 새로운 기상정보 콘텐츠를 창작할 수 있도록 기상자원 KML 제공 환경 구축

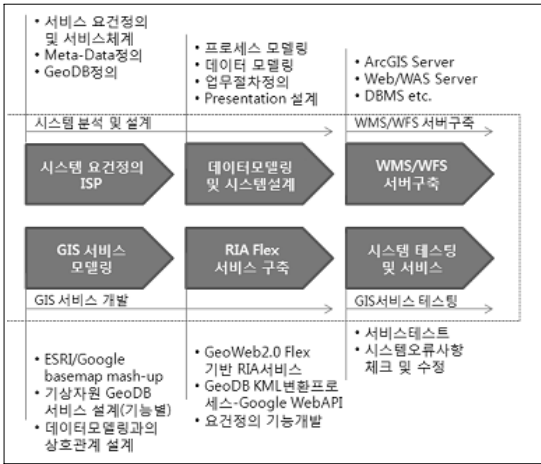


그림 2. MRIS 구축 단계별 작업 흐름

그림 2는 기상자원정보시스템의 구축단계와 각 단계별 과제를 보여준다. (1) 시스템 요건 정의 및 정보화전략계획(ISP) 수립, (2) 정보공합 방법론 데이터모델링 및 시스템 설계, (3) WMS/WFS 서버 구축, (4) GIS 서비스 모델링, (5) RIA 플렉스(Flex) 서비스 구축, (6) 시스템 테스트 및 서비스의 여섯 단계를 거쳐 기상자원 DB 및 기상자원정보시스템을 설계하고, GeoDB 및 웹서비스 환경을 구현하였다.

### 3. 기상자원지도 및 원시자료

기상자원지도는 풍력과 태양에너지 등의 기상자원이 풍부한 시간과 장소를 알려주는 지도이다. 개발 목적은 기후변화에 의한 온실가스 감축의무 부담을 줄이고, 국가에너지 안보에 기여하며, 환경 친화적인 재생에너지 중 풍력 및 태양 기상자원을 국가차원에서 활용하고자함에 있다. 정부의 녹색성장 정책과 CO<sub>2</sub> 배출규제와 같은 국제협약에 따라 기상자원을 기반으로 재생에너지 활용에 대한 산업분야의 관심이 높아짐에 따라, 국립기상연구소에서는 1998~2008년까지 11년간의 관측데이터를 기반으로 기상자원지도 제작에 관한 연구를 수행하였다(김혜중 등, 2009; 변재영 등, 2009). 한반도를 대상으로 태양광과 풍력에 대해 수행된 연구를 통해, 태양광과 풍력 발전을 위한 지역별 최적 입지, 규모, 적정생산량, 운영 효율

표 3. 기상자원지도제작 원시자료

Data Type	시간 간격	자료 포맷	자료 개수	자료출처
WRF	1 hr	NC	730*	국립기상연구소
풍력	1 hr	ASCII (CSV)	8760**	국립기상연구소
태양광	1일	ASCII (CSV)	396***	국립기상연구소

\* 1년자료 : 365일\*a.m./p..m.(2) : Reference Data

\*\* 1년 자료 : 365일\*24시간

\*\*\* 13개월 자료 : 365일+31일 (2008년 5월~2009년 5월)

성 등 경제성 평가를 위한 기초정보를 구축하였다. 또한, 기상자원의 생산적 활용을 위해 평균풍속, 최대풍속, 5m/sec 이상 풍속비율, 주풍향, 주풍향 비율 자료(변재영 등, 2009)를 제공하며, 태양광과 관련해서는 연/월누적 일사량을 지도화하였다. 이러한 자료는 특정 기상자원 수요자를 대상으로 기상사업자들의 컨설팅 수행에 활용된다(이중우, 2008; 김지영 등, 2008).

본 연구에서 기상자원 정의와 내용적 범위는 기상청의 기상자원 정의에 근거하였다. 현재 제공되는 기상자원지도는 월별 및 연간 통계자료에 기반하고 있어 기상자원의 필요성과 활용성을 높이기 위해서는 공간적 해상도와 함께 시간적 해상도와 범위가 향상되어야 한다. 본 연구에서는 표 3에서 보는 바와 같이 국립기상연구소에서 풍력 및 태양광 기상자원지도 생성에 사용하였던 자료를 제공받아 입력 및 참조자료로 사용하였다.

사용된 WRF(Weather Research and Forecasting) 모델은 Network Common Data Form(NetCDF) v.2.0 포맷(.nc)의 64bit 자료길이를 가진 651×531 행렬 자료이다. 12시간 단위로 365일의 기상을 수치적으로 모의한 4차원 래스터 집합으로, 공간해상도는 1km×1km 이며 다양한 변수를 포함하고 있어 자료가 크고 복잡하다. 80m 높이 풍력-기상자원지도(1km×1km)는 WRF모델로부터 생성된 80m 높이에서의 풍향 자료를 수직적인 내삽을 통해 산출한 결과로써, CSV(Comma Spaced Value) 형식의 자료구조를 가지며, 경도, 위도, U, V, 풍향(degree), 풍속(m/sec), 토지피복 정보를 가지고 있다(그림 3 좌). 또한, 태양광-기상자원지도(4km×4km)의 공간범위

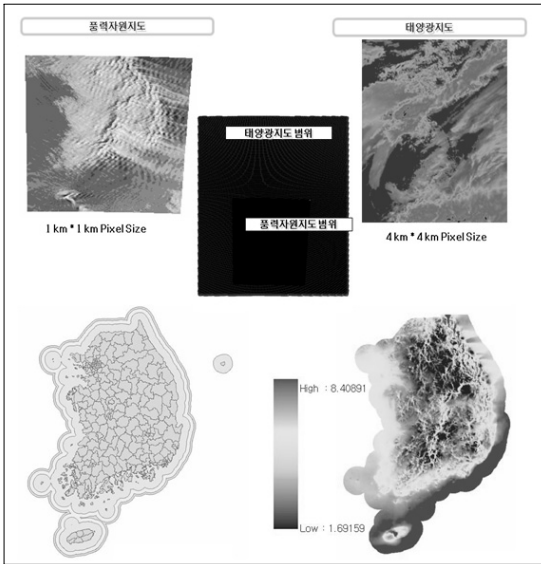


그림 3. 풍력-태양광 원시자료 공간범위

는 위도 32° N ~ 44° N, 경도 123° E ~ 133° E로 한반도와 주변 국가를 포함한다(그림 3 右). 태양광-기상자원 자료 역시 CSV 자료구조를 가지며, 경도, 위도, 일사누적(MJ/m<sup>2</sup>) 정보를 가지고 있다.

풍력 및 태양광 원시자료를 기반으로 정보공학방법론을 통한 서비스 체계를 수립하고 요건정의에 따른 프로세스 모델링(Process Diagram Design과 Data Flow Design) 및 데이터 모델링(Entity Relationship Design)을 통해 시스템을 설계하였다. 또한, 기상자원지도 제작에 사용된 수치모델 및 CSV 형태의 원시자료를 Geo-processing을 통해 GeoDB 형태 (Vector/Raster)로 공간정보화하여 구축하는 모델 프로세스를 설계하여 생성하였다. 공간적 범위를 통일하기 위해 기상자원지도 및 기상 원시자료 모두 남한지역 내륙으로부터 35km 이내 해상영역을 버퍼 분석을 통해 마스킹 영역으로 설정하여 기상자원 DB 구축 범위로 하였으며 바깥 지역은 제외하였다(그림 3 下). 버퍼 35km를 설정한 이유는 도서와 연안지역이 풍력자원의 효율성이 높기 때문에 향후 해상발전단지로서 고려할 수가 있다. 따라서 기상청에서 제시한 35km버퍼 범위를 설정하여 표출하였다.

통계정보 활용 및 공간정보 열람을 위해 경도, 위도 필

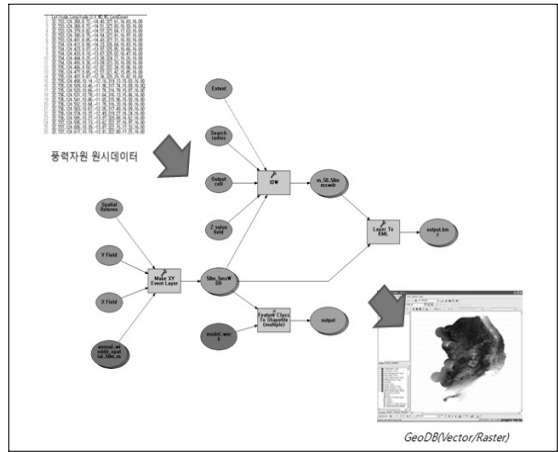


그림 4. 기상자원 Geoprocessing 모델링을 통한 시계열 GeoDB 생성

드 속성을 이용해 공간적 위치를 참조하였고, U, V, WD, WS, LandCover, 일사누적 속성을 가지고 있는 점(Point)형의 Feature GeoDB를 Geoprocessing 모델러를 통해 구축하였다. 이와 함께 기상자원 시계열 시각화 서비스를 목적으로 시간별 풍속과 1일 일사누적량을 시각화 및 시계열화하여 래스터 기반의 풍력 및 태양광-기상자원에 대한 시계열 GeoDB를 생성하였다(그림 4). 기상자원 Geoprocessing 모델설계와 구축을 위해 ESRI社의 ArcGIS Desktop v.10을 이용하였다.

#### 4. Web2.0 MRIS 설계

MRIS 설계 및 개발은 엔터프라이즈 규모의 WMS/WFS 서비스에서 안정성이 입증된 ESRI社의 ArcGIS Server v.10을 이용해서 수행되었다. 또한, ArcGIS Server 기반 SOA(Service Oriented Architecture)를 통해 기상자원 GeoDB 서비스 모델이 재사용 가능하도록 프레임워크를 고려하였다. 구축된 풍력 및 태양광 기상자원 DB를 ArcGIS Server를 통해 Web Map Service (WMS) 및 Web Feature Service (WFS)를 생성하였으며, Web2.0 패러다임을 지향하는 MRIS의 RIA 인터페이스 서비스에는 플렉스(Flex)기술을 적용했다. 그리고, 기상자원 DB의 KML변환과 Google Earth WebAPI 매쉬업 서비스를 설계 및 구현하였다.

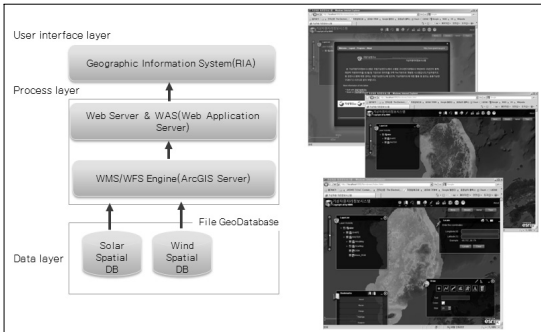


그림 5. MRIS IEM 프로세스 적용 단계

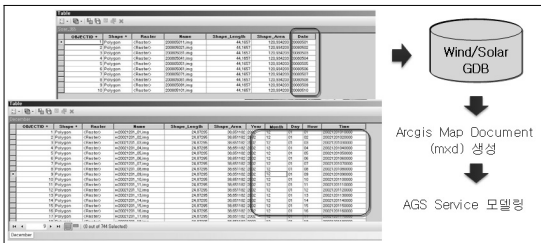


그림 6. Data Layer GeoDB 및 서비스 생성

그림 5는 MRIS IEM 프로세스를 적용한 설계 및 구현 단계를 보여주고 있다. MRIS는 (1) Data Layer, (2) Process Layer, (3) User Interface Layer 의 세 가지 레이어로 구성되어 있다.

그림 6에서 보는 바와 같이 Data Layer에서는 기상자원지도 및 원시자료 IEM 적용 결과가 GeoDB (GDB)로 구축되어 관리된다.

Process Layer는 WMS/WFS 엔진을 이용해서 서비스할 기상자원 DB Layer를 가져와 Web Server 및 WAS (Web application Service)를 통해 기상자원정보를 지형공간정보와 결합하여 웹으로 서비스한다.

User Interface Layer는 기상자원 정보 웹서비스 사용자들에게 편리한 인터페이스 환경을 개발하여 제공한다. 그림 7은 사용자경험(UX)을 위한 Main 화면 구성, 기본 UX 인터페이스 구성, 각각의 기능별 위젯(widget) 레이아웃에 대한 프레젠테이션 구성을 보여주고 있으며 그림 8은 MRIS 메뉴의 인터페이스 구성을 보여주고 있다.

MRIS IEM 프로세스 설계 및 구현을 위한 UX 개발에 FlashBuilder v.4를 이용하였고, 개발언어는 플렉스

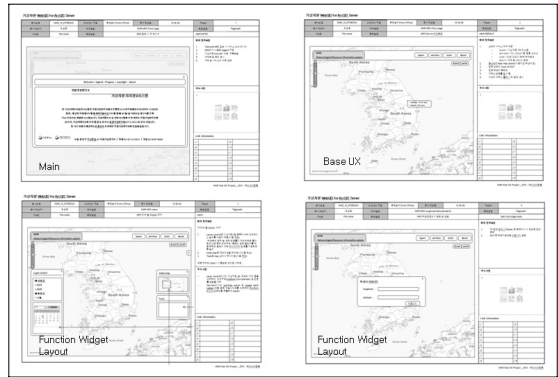


그림 7. MRIS Layout 프레젠테이션



그림 8. MRIS 메뉴 인터페이스 구성

(Flex) 및 Java Script를 사용하였다. 한편, Internet Explorer v.8을 기반으로 하여 Adobe Flash player10을 이용해 기상자원 서비스를 이용할 수 있도록 하였다.

### III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 MRIS 웹서비스 계획을 수립하고 서비스 업무절차 및 시스템 기능구조도를 설계하였다. DFD(Data Flow Diagram)로 프로세스를 모델링 하였으며 논리적/물리적 형태의 데이터 모델링을 ERD (Entity Relationship Diagram)로 수행하였다. 또한, 기상자원정보 웹 표출을 위한 WMS/WFS 구축 후 서비스 목적성에 의거하여 플렉스(Flex) 기반의 인터랙티브한 서비스를 위한 RIA 환경을 구현하였으며, 사용자의 공유·참여 활동과 연계되도록 하기 위해 기상자원 DB 자료를 웹 표준 포맷인 KML로

다운 받을 수 있도록 하여 기존에 구축된 다양한 정보와 창의적인 매쉬업을 통해 서비스 콘텐츠 창출이 가능하도록 하였다.

### 1. 기상자원지도 및 원시자료 Geoprocessing

표 4는 Geoprocessing 모델러를 통해 구축된 기상자원 지도 목록이다. 누적된 시계열 점형(Point Shape) 자료 및 래스터 자료는 균질한 시-공간 바람정보를 가지고 있어 GIS 기반의 기상자원정보 시계열 열람 및 통계정보 제공과 함께 동적시각화(애니메이션/1시간 단위해상도) 서비스를 생성할 수 있다.

#### 1) 정보 열람 및 통계정보 제공

그림 9는 횡성군에 위치한 태기산 풍력발전단지를 대

표 4. IEM 적용 기상자원 DB 구축

자료 유형	자료 항목	자료 개수	기상자원 구축포맷
풍력	년통계	7	래스터
	월평균	12	래스터
	시간	8,760	점형 자료, 래스터 자료 래스터 카탈로그(GeoDB)
태양광	년누적	1	래스터
	월누적	12	래스터
	일누적	386	점형 자료, 래스터 자료 래스터 카탈로그(GeoDB)

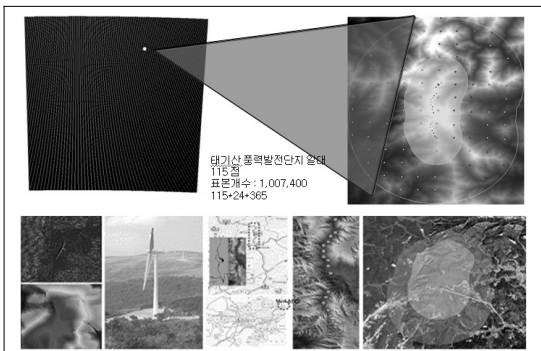


그림 9. 풍력-기상자원 DB 질의 및 조회

상으로 풍력-기상자원 DB 질의를 통한 공간정보 추출 및 조회를 보여준다. 시간단위로 누적된 점형 (point shape) 풍력-기상자원 DB (위도, 경도, U, V, 풍향, 풍속, 토지 피복)는 속성정보 열람 및 통계 정보 생산에 활용될 수 있다. 사용자는 검토할 공간적 범위를 결정할 수 있는데, 1년 (8,760시간)의 바람자원 속성 정보를 질의조회할 수 있다.

그림 10은 시간, 풍속, 풍향 등의 동적인 요소들에 대한 그래프 생성 결과로 12월에 태기산 풍력발전단지 일대의 80m 고도 바람자원 정보를 보여준다. 풍향(X)-풍속(Y) 그래프를 통해 12월의 강한 바람이 동풍과 서풍에 집중되어 있음을 볼 수 있다. Day(X)-풍향(Y) 그래프를 통해 12월 11일과 18~21일에 발전 가능한 4m/sec이상의 바람이 동풍에서 서풍으로 바뀐 것을 볼 수 있으며 Hour(X)-풍향(Y) 그래프를 통해 12월 주풍향인 서풍이 오전 6시~8시에 동풍으로 바뀌는 것을 볼 수 있다. Month(X)-풍향(Y)-풍속 그래프에서는 풍력발전에 유용한 강한 바람이 계절적으로 겨울과 봄에 발달되며 겨울에는 서풍이, 봄에는 동풍이 발달함을 볼 수 있다.

그림 11은 풍속계급에 따른 월별 분포비율(%)을 보여주

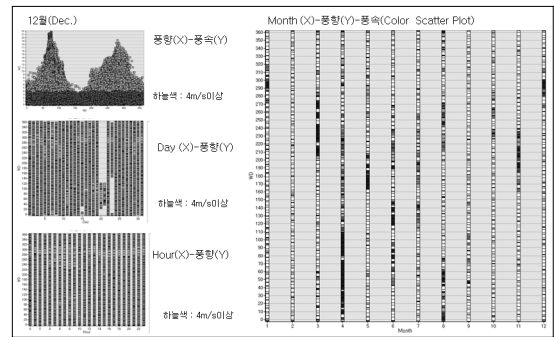


그림 10. 풍력-기상자원 DB 그래프 플로팅

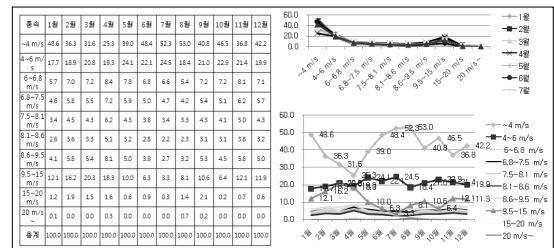


그림 11. 월별 풍속계급 빈도 분석(%)

고 있다. 풍력발전에 고려되어지는 풍속을 계급화 함으로써 풍력발전에 유리한 풍속 계급이 월별로 분포되는 양상을 파악할 수 있다. 풍속의 범례는 미국국가재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory, NREL)에서 제안하고 있는 바람등급(wind class)을 참조하였다. 태기산 풍력발전단지에서 설치된 풍력발전기는 풍속이 최소 4m/s 이상이어야 발전 가능하고, 정격 풍속은 15m/s이며 풍속이 25m/s 이상이면 발전이 중지된다. NREL의 기준은 평균풍속에 근거하고 있어 태기산 풍력발전기의 발전가능 속도를 근거로 4 m/s 이하, 4~6 m/s, 6~6.8 m/s, 6.8~7.5 m/s, 7.5~8.1 m/s, 8.1~8.6 m/s, 8.6~9.5 m/s, 9.5~15 m/s, 15~20 m/s, 20 m/s 초과 등 10개 등급으로 계급화 하여 분석하였다.

그림 11에서는 9.5~15m/sec 풍속계급이 많이 나타나는 것으로 보이나 이는 풍속계급별 간격이 일정하지 않아서 나타난 것이다. 결과적으로 향후 풍력발전의 등급을 척도화 하는데 있어 풍력자원의 활용성과 통계적 분석을 고려한 세심한 고려가 필요함(성효현 등, 2009)을 알 수 있다.

## 2) 기상자원 시계열화 및 시각화

그림 12는 동적인 풍속변화를 시각화하기 위해 설계구축된 1시간 간격의 80M 고도 풍력자원지도의 레스터DB 구축 결과이다.

각각의 레스터 자료는 yyyy-mm-dd-mm-ss 시간형태로 구분되어 Raster Catalog에 의해 월별로 묶여 있으며, 1시간 단위 시계열 애니메이션 풍력-기상자원지도 Mash-up에 활용할 수 있다. 또한, WGS84 회전타원체상의 경위도좌표(Geographic Coordinate)를 이용하고 있어 동일 좌표계를 사용하는 Google Earth/NASA World wind 플랫폼 사용자가 쉽게 Mesh-up 할 수 있다. 그림

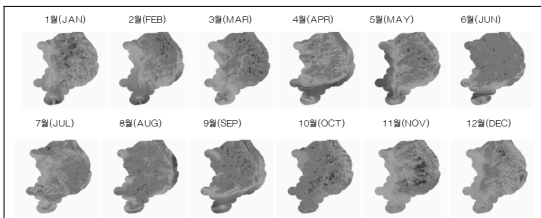


그림 12. 월별 풍속 시계열 DB구축(1km\*1km 해상도; 8,760 레이어)

13은 생성된 시계열 자료와 기상청에서 제공하는 풍력-기상자원지도를 비교한 결과로서, 정적인 월별 통계자료에서 볼 수 없는 동적인 바람의 이동패턴을 시계열 애니메이션을 통해 파악할 수 있다.

## 2. 플렉스(Flex) 기반 MRIS UX

그림 14는 태양광-기상자원지도 GeoDB를 MRIS를 통해 구현한 결과이다. 기상자원DB 사용자는 웹에서 연-월-일의 누적일사량 등 모든 태양광 일사자료(MJ/m<sup>2</sup>)를 검토할 수 있다.

그림 15는 풍력-기상자원지도 GeoDB를 MRIS를 통해

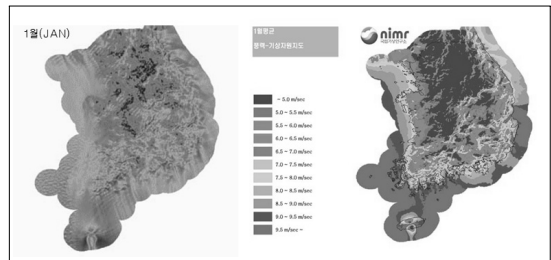


그림 13. 시계열자료와 풍력자원지도의 비교

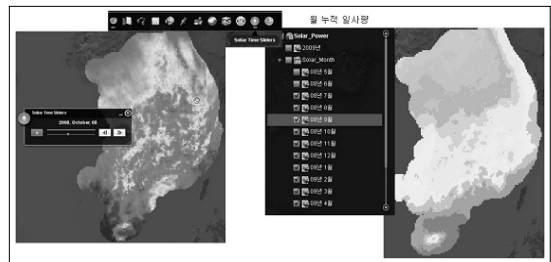


그림 14. 태양광자원 시계열 서비스 [MRIS]



그림 15. 풍력자원 시계열 서비스 [MRIS]

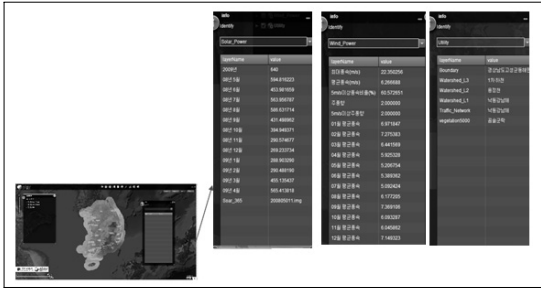


그림 16. MRIS정보조회(태양광/풍력/기타)

구현한 결과이다. 풍력-기상자원의 1년간 누적 통계 자료(평균풍속, 최대풍속, 5m/sec 이상 풍속비율, 주풍향, 주풍향 비율, 5m/sec 이상 주풍향 비율), 월별 평균풍속, 시간별 풍속 분포를 볼 수 있다.

더불어 그림 16에서 보는 바와 같이 MRIS 정보조회(i) 기능을 통해 태양광-기상자원 및 풍력-기상자원 정보를 수계, 도로, 식생 등의 환경자료와 함께 검토할 수 있다.

### 3. KML Mash-up을 통한 Web 2.0 활용

KML(Keyhole Markup Language)은 확장성 생산언어로 웹페이지 등을 제작할 때 사용하는 언어스키마인 XML의 표준화된 하나의 유형이다(Tim Wilson, 2008). KML은 공간정보의 결합 및 분리가 편하여 기상자원 DB 사용자가 손쉽게 DB의 변형 및 가공을 통해서 새로운 창작물을 생산할 수 있다 (Goodchild, 2008). 본 연구에서는 MRIS 사용자가 기상자원 GeoDB를 KML로 변환하여 내려 받을 수 있도록 설계하였다. 그림 17은 태양광의 월별 일사누적 자료를 KML형태 콘텐츠로 제작한 결과로써, 간단한 KML의 결합과 분리로 월별 일사량 변화 설명 자료를 제작할 수 있음을 보여준다.

기상자원지도를 표준화된 KML로 배포함으로써 기상자원정보 이용자는 Google Earth 및 Google Earth WebAPI와 같은 SaaS를 통해 Web2.0 패러다임을 지향하는 사용자 참여 Mash-up을 그림 18에서 보는 바와 같이 간단히 수행할 수 있다.

이영균 등(2009)은 기상자원 KML 시각화 콘텐츠 개발 연구가 Web2.0 서비스 및 다양한 융합서비스 환경으로

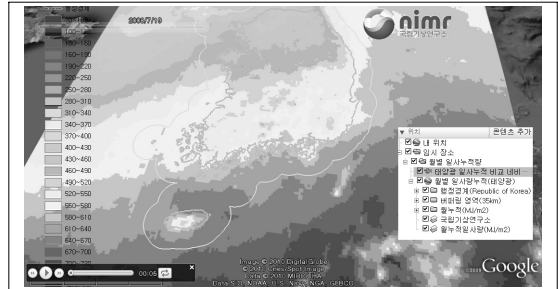


그림 17. 태양광 KML 시계열 콘텐츠

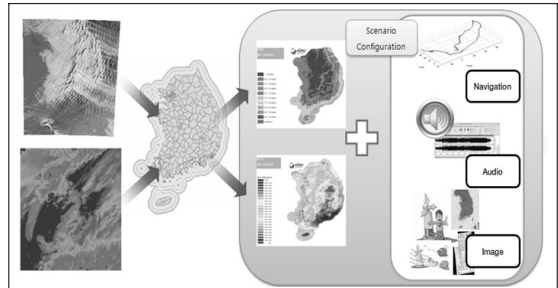


그림 18. KML 융합 기상자원 콘텐츠 생산

확장됨을 지적하였다. 향후 개인 저작물과 기상자원 KML 융합을 통해 교육 등 제반 분야에서 창의적인 기상 정보 콘텐츠가 생산 및 활용될 것이다.

기상 정보의 산업적 활용성에 대한 가치와 수요가 증가하고 있는 현 시점에서 향후 MRIS의 적극적인 활용을 위해서는 우선적으로 기초자료가 되는 관측자료, 수치모델 해상도, 수치모델 예측 정확도와 신뢰성 확보가 선행되어야 할 것이다. 더불어 단기예보모델의 서비스 활용과 같이 수요가 예상되는 기상 콘텐츠와 정보를 적시에 맞추어 효과적으로 제공하는 과정과 시스템이 운영되어야만 지속적으로 성장 가능한 웹2.0 서비스 환경이 조성될 것이며 이를 위해서는 기상자원 수치모델링과 콘텐츠 및 시스템 설계 부분에서 추가적인 연구가 필요하다.

## IV. 결론

저탄소 녹색성장을 위한 국가적 이슈와 더불어 무형의

고부가가치를 창출되는 재생에너지 산업에 관심이 대두되고 있다. 이러한 산업은 기상특성에 의해 그 경제성이 결정되므로 상세한 기상 및 기후분석이 중요하다.

본 연구에서는 국립기상연구소에서 진행하고 있는 기상자원지도 제작 연구의 일환으로, 기상자원에 대한 수치 통계형태의 원시데이터를 GIS Geoprocessing을 통한 GeoDB 변환 및 서비스 모델 구현 방법론을 제시하였다. 기상자원정보서비스 체제 및 요건에 의거한 프로세스 모델링, 데이터 모델링 등을 통한 시스템 분석 및 설계를 추진하였고, WMS/WFS GIS Sever를 구축하고 이를 RIA 기반의 플렉스(Flex) 프레임워크의 인터페이스로 설계 및 개발함으로써 Web2.0의 기상자원정보서비스를 구축하였다. 또한 기상자원DB를 KML로 제공하고, Google Earth WebAPI를 통해서 서비스함으로써, 사용자 편의성과 개방참여의 정보 활용성을 극대화 시켰다.

본 연구는 지리학적 관점에서의 재생에너지 발전단지 입지선정 및 경제성 평가, 교육 및 홍보 등 기상자원정보를 요구하는 수요자들에게 풍부한 기상자원 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대하며, 나아가 기상자원지도의 Web2.0 패러다임을 구현하는데 기여할 것으로 생각한다.

향후 MRIS의 적극적인 활용을 위해서는 기초자료가 되는 관측자료 및 수치모의 결과의 해상도와 수치모델 모의 과정의 정확도 및 신뢰성 확보가 선행되어야 한다. 컴퓨팅 기술의 지속적인 발달로 고해상도 수치모의 연구가 진행되고 모의과정에 대한 개선 연구들이 좋은 결과를 얻고 있다. MRIS와 GeoDB를 통해 제공되는 기상자료들이 도시기후완화 및 친환경 녹색 성장을 위한 산업기상 분야에서의 활용을 증진시키고, 교육 및 대국민 홍보를 위해 활용하는 등 다양한 웹 2.0 기반 서비스 분야에 기여할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 국립기상연구소 "녹색성장 지원기술 개발연구" 및 2010년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0001906).

## 참고문헌

- 강영욱, 2008, “웹2.0 환경변화가 지리학 연구에 미치는 영향 고찰”, 대한지리학회 43(3), 375-391.
- 김영표, 2008, “GIS와 Google Earth Web을 활용한 바람 분포 시뮬레이션”, 한국산림휴양학회 학술발표회 자료집, 62-68.
- 김은형, 2009, “Geospatial Web 플랫폼 기술 분석 및 기술개발전략” The Journal of GIS Association of Korea 17(2), 171-181.
- 김지영 외 4명, 2008, “우리나라 기상산업의 발전을 위한 정책방향”, 한국기상학회 가을학술대회 논문집, 380-381.
- 김혜중, 정선, 최영진, 김규량, 정영림, 2009, “한반도 바람자원의 TMY(typical meteorological yar) 구축 알고리즘에 관한연구”, 응용통계연구 22(5), 943-960.
- 변재영, 최영진, 서범근, 2009, “중규모 수치모델을 이용한 한반도 풍력자원지도 개발방법에 관한 연구, 한국기후변화학회 정기학술대회”
- 변재영, 최영진, 서범근, 2010, “중규모 모델 WRF로부터 모의된 한반도 풍력-기상자원 특성”, Atmosphere 20(2), 195-210.
- 성효현, 전상희, 안승만, 최영진, 김규량, 구해정, 2009, “풍력자원 표출을 위한 풍속지도 범례의 표준화 방안 연구”, 한국지도학회지 9(2), 81-95.
- 오충원, 2007, “Web2.0 환경에서의 지도의 융합에 관한 연구”, 지리학연구 14(2), 213-223.
- 이재학, 2002, “데이터베이스 디자인과 모델링”
- 이영균, 안승만, 성효현, 최영진, 김규량, 엄정희, 2009, “풍력자원 다차원 시각화를 통한 재생에너지 활용 연구”, 한국지도학회지 9(2), 1-7.
- 이중우, 2008, “기상산업의 중요성과 전략적 위치”, 기상 기술정책 1(2), 5-13.
- 장영범, 2008, “웹2.0 기반 웹사이트의 디자인 특성에 관한 연구 -RIA 구현기술 및 3D SNS와 UCC 전문 웹사이트 중심으로-”, Journal of the Korean Society of Design Culture 14(4), 419-430.
- 장윤섭, 오재홍, 김경욱, 2007 “지리공간 웹 기술 동향”, 전자통신동향분석, 22(3), 124-135.
- 조하만, 2010, “녹색성장과 기상자원지도 활용”, 대한민국정책포털 -정책기고, 기상청.

허원실, 2006, 「시스템 분석과 설계 -효과적인 비즈니스 정보시스템 개발」, 한빛미디어.

Goodchild M. F., 2008, “What does Google Earth Mean for the Social Sciences”. Book chapter in Dodge, M., McDerby, M. and Turner, M., 2008, “Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications”, Wiley.

Tim Wilson, 2008, 「OGC® KML Version: 2.2.0」, Open Geospatial Consortium Inc.  
<http://www.greenmap.go.kr>

<http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>

<http://www.kweather.or.kr>

<http://worldwind.arc.nasa.gov/java/>

<http://www.google.com/earth/index.html>

투 고 일 : 10월 20일  
심사완료일 : 11월 1일  
투고확정일 : 11월 5일