

기상위험 조기경보를 위한 웹기반 표출시스템 구현

Implementation of a Web-Based Early Warning System for Meteorological Hazards

공인학* · 김홍중** · 오재호*** · 이양원****

Kong, In Hak · Kim, Hong Joong · Oh, Jai Ho · Lee, Yang Won

要 旨

호우, 폭염, 한파와 같은 기상재해를 미연에 방지하기 위해서는 기상예측이 매우 중요하다. 우리나라 기상청에서는 현재시점의 기상특보를 제공하고 있고, 농촌진흥청에서는 농장재해에 대한 2일 예보를 일부 지역에 대해 시범서비스 하고 있다. 이러한 기상위험 조기경보 시스템의 발전을 위해서는 전국적인 고해상도 예측자료와 Web GIS가 통합될 필요가 있다. 본 연구는 1시간 간격, 1km 해상도의 수치예보 자료와 Web GIS가 통합된 형태의 기상위험 조기경보 서비스의 프로토타입 개발을 목적으로 한다. 이를 위하여 전지구모델 GME의 다운스케일링을 통해 시공간 분해능이 향상된 기상위험 예측자료가 Web GIS를 통해 표출되도록 하였으며, 오픈소스 기반의 지도 API와 JavaScript 라이브러리의 시각화기법을 결합하여 동적 인터랙션이 가능한 사용자 인터페이스를 구성하였다. 711,504개 격자점에 대하여 1시간 간격의 위도, 경도, 기온, 강수량 등 9개 항목으로 이루어진 대량의 데이터를 관리하기 위하여 오픈소스 기반의 DBMS인 PostgreSQL을 사용하였으며, Spring과 myBatis를 연동하여 전자정부 프레임워크 기반의 웹서비스를 구성하였다. 이 시스템은 현재의 기상위험 상황에 대한 정보뿐만 아니라, 향후 7일간의 호우, 폭염, 한파 등 기상위험 예측정보가 1시간 간격 및 읍면동 단위로 제공된다. 이 시스템이 현업운영 되기 위해서는 수치예보의 정확도 향상과 함께 래스터 및 벡터 자료의 전처리시간 단축이 향후과제로서 해결되어야 할 것이다.

핵심용어 : 웹GIS, 기상위험, 조기경보, 시각화

Abstract

Numeric weather prediction is important to prevent meteorological disasters such as heavy rain, heat wave, and cold wave. The Korea meteorological administration provides a realtime special weather report and the rural development administration demonstrates information about 2-day warning of agricultural disasters for farms in a few regions. To improve the early warning systems for meteorological hazards, a nation-wide high-resolution dataset for weather prediction should be combined with web-based GIS. This study aims to develop a web service prototype for early warning of meteorological hazards, which integrates web GIS technologies with a weather prediction database in a temporal resolution of 1 hour and a spatial resolution of 1 km. The spatially and temporally high-resolution dataset for meteorological hazards produced by downscaling of GME was serviced via a web GIS. In addition to the information about current status of meteorological hazards, the proposed system provides the hourly dong-level forecasting of meteorologic hazards for upcoming seven days, such as heavy rain, heat wave, and cold wave. This system can be utilized as an operational information service for municipal governments in Korea by achieving the future work to improve the accuracy of numeric weather predictions and the preprocessing time for raster and vector dataset.

Keywords : Web GIS, Meteorological Hazards, Early Warning, Visualization

Received: 2016.08.24, revised: 2016.09.26, accepted: 2016.10.17

* 정희원 · 부경대학교 지구환경시스템과학부 석사과정(Member, Master's Student, Division of Earth Environmental System Science, Pukyong National University, zzang1454@gmail.com)

** 부경대학교 지구환경시스템과학부 석사과정(Master's Student, Division of Earth Environmental System Science, Pukyong National University, quern092@gmail.com)

*** 부경대학교 환경대기과학과 교수(Professor, Department of Environmental Atmospheric Sciences, Pukyong National University, jhoh@pknu.ac.kr)

**** 교신저자 · 정희원 · 부경대학교 공간정보시스템공학과 부교수(Corresponding Author, Member, Associate Professor, Department of Spatial Information Engineering, Pukyong National University, modconfi@pknu.ac.kr)

1. 서론

기상재해는 호우, 강풍, 대설, 이상건조, 폭염 등과 같은 기상위험요소에 의해 발생하는 재해를 말하며, 매년 크고 작은 사회·경제적 피해를 가져오고 있다 (Ahn et al., 2015). 이러한 기상재해로 인하여 2005년에서 2014년까지 10년 동안 약 62억 원의 재산피해 및 270명의 사망·실종, 20만 명의 이재민이 발생한 바 있다. 피해 중 50%는 집중호우가 원인이었고, 30%는 태풍, 대설, 풍랑, 강풍 등의 순으로 집계되었다 (KMA, 2015).

기상재해를 미연에 방지하기 위해서는 기상예측이 매우 중요하며, 현재 우리나라 기상청에서는 수치예보 모델을 통해 기상예측 자료를 생산하고 있다. 수치예보 모델은 영국 기상청(Met Office)의 UM(unified model)에 기초하고 있으며, 공간규모에 따라 12 km 해상도의 지역예보모델과 1.5 km 해상도의 국지예보 모델로 나뉜다. 3시간 간격으로 전지구 예보모델로부터 경계장을 제공받아, 지역예보모델은 하루 4회 87시간 예측을 수행하고, 국지예보모델은 하루 8회 36시간 예측을 수행하여 1시간 간격의 자료를 생산한다(KMA, 2016).

이러한 기상예측 자료는 정부 3.0 정책에 따라 웹 포털(<https://data.kma.go.kr>)에 공개되어 있으나, 기상예측 자료로부터 호우, 폭염, 한파와 같은 기상위험요소를 도출하여 서비스하는 것은 아직 정적인 이미지 파일 표출에 머물러 있다(Fig. 1). WMS(web map service) 및 매시업(mash-up)에 기초한 웹GIS 형태와는 달리, 확대·축소·이동 등의 브라우징 기능이 없고 사용자와의 인터랙션이 이루어지지 않아 상세한 기

상정보를 확인하기 위해서는 다른 웹페이지로 이동해야 하는 번거로움이 있다. 또 다른 사례로서 농촌진흥청에서 운영하는 농업기상재해 조기경보 시스템이 있다. 시범적으로 광양시, 구례군, 하동군을 대상으로 서비스하고 있으며, WMS와 매시업을 활용하여 농장재해에 대한 2일 예보를 제공하고 있으나, 기상재해의 예측 및 조기경보는 제공하지 않는다.

이러한 점에서 볼 때, 기상위험 조기경보 시스템의 발전을 위해서는 전국적인 고해상도 예측자료와 웹GIS가 통합될 필요가 있다. 현재 우리나라 국지예보 모델이 1시간 간격으로 1.5 km 해상도의 자료를 생산하고 있으므로, 본 연구에서도 이에 준하여 실험적으로 1시간 간격, 1 km 해상도의 수치예보 자료와 웹GIS가 통합된 기상위험 조기경보 서비스의 프로토타입을 개발하고자 한다. 이를 위하여 유럽중기예보센터(European centre for medium-Range weather forecasts; ECMWF)의 전지구모델 GM(global model)과 지역모델 EM(European model)을 결합한 예보모델인 GME(Majewski et al., 2002)의 다운스케일링을 통해 시공간분해능이 향상된 기상위험 예측자료를 산출하여 DBMS(database management system)에서 관리하고 웹GIS를 통해 표출하는 시스템을 구현한다.

동적 인터랙션을 가지는 WMS(Kraak, 2004)를 구현하기 위하여 오픈소스 기반의 지도 API(application programming interface)와 JavaScript 라이브러리를 이용한 시각화기법을 결합하여 사용자 인터페이스를 구성하고, jQuery의 Ajax(asynchronous JavaScript and XML)를 활용하여 사용자 이벤트에 즉각적으로 반응하도록(Garrett, 2005) 웹페이지를 제작한다. 또한 상이한 화면해상도와 브라우저를 가지는 다양한 디바

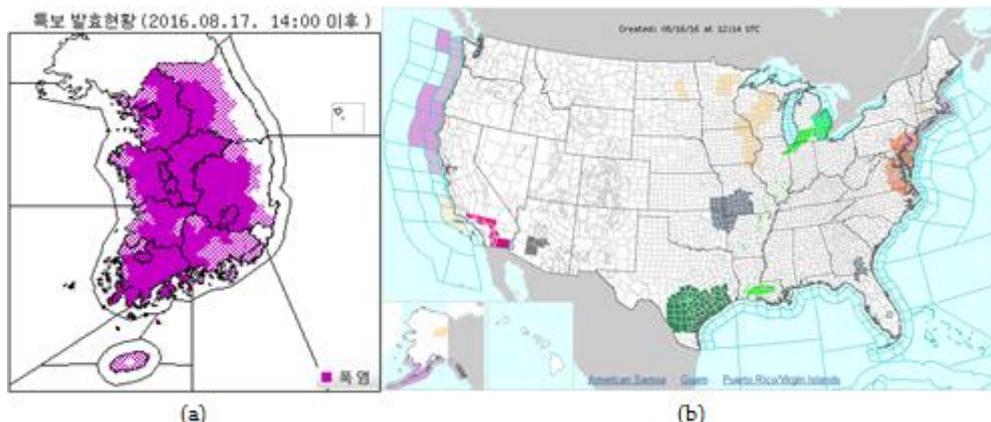


Figure 1. Static web interface of meteorological hazard warning system provided by (a) KMA(Korea meteorological administration) and (b) NOAA(national oceanic and atmospheric administration)

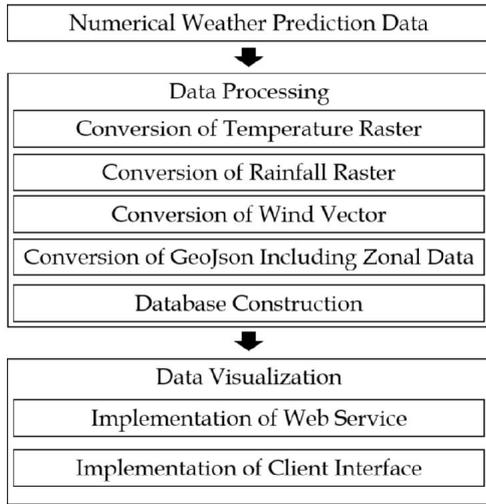


Figure 2. Implementation process of web-based early warning system for meteorological hazards

이스를 지원하기 위하여 HTML5(hypertext markup language 5)에 기초한 크로스브라우징이 가능하도록 한다(Lee and Kim, 2014).

Fig. 2는 시스템 구현의 개략적인 흐름을 보여준다. 수치예보모델 자료를 전처리하여 웹GIS 표준의 래스터 및 벡터 포맷으로 변환하고, 이를 데이터베이스로 구축한다. 그리고 래스터 및 벡터 포맷에 적합한 표출 기법을 적용하여 웹서비스 및 클라이언트 인터페이스를 구현한다.

2. 자료와 방법

2.1 수치예보모델 자료

본 연구에서는 Oh et al.(2010)의 역학적 다운스케일링 기법을 사용하여 고해상도의 수치예보모델 자료를 생산하였으며, 북위 33~39도, 동경 124~133도 사이의 한반도 영역을 대상으로 하였다. 우선 전지구모델 GME를 이용하여 7일간 1시간 간격으로 공간해상도 20 km의 모의를 실시하였으며, 이때 초기장으로는 ECMWF에서 제공하는 MARS(meteorological archival and retrieval system) 재분석자료를 사용하였다. 이러한 GME 모의자료를 고해상도 지역모델인 WRF(weather research and forecasting)에 초기·배경장으로 입력하고 한반도 영역을 동일한 기간에 대해 모의하여 공간해상도 4 km의 자료로 만들었으며, 이때 WRF 모델의 역학·물리학적 설정은 Kim et al.(2015)을 참고하였다. 또한 WRF 모의자료를 정량적 기온진

단모형 및 강수진단모형(Kim et al., 2010)에 초기자료로 사용함으로써, 최종적으로 한반도의 상세지형을 고려한 1 km 해상도의 수치예보 자료를 1시간 간격으로 산출하였다.

2.2 자료 전처리

수치예보모델에서 산출한 기상위험 예측자료는 위도, 경도를 기준으로 기온, 강수량, 바람벡터, 그리고 위험등급으로 구성되며(Table 1), 이때 호우, 폭염, 한파 등의 위험등급은 Table 2와 같은 기준으로 산출하였다. 호우는 6시간 강우량과 12시간 강우량이 각각 일정치 이상일 때, 폭염은 일 최고기온이 일정치 이상인 상태가 이틀 이상 지속될 때, 그리고 한파는 아침 최저기온이 일정치 이하인 상태가 이틀 이상 지속될 때에 해당한다.

Table 1. Data variables produced by numerical prediction model

Data variable	Description
LAT	Latitude
LON	Longitude
TEMP	Temperature
RAIN	Rainfall
WIND_U	Wind vector(U component)
WIND_V	Wind vector(V component)
HEAT_WAVE	Warning for heat wave
COLD_WAVE	Warning for cold wave
HEAVY_RAIN	Warning for heavy rain

Table 2. Criteria for meteorological hazards

Category	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Heavy rain	70-mm rainfall for 6 hours or 110-mm rainfall for 12 hours	90-mm rainfall for 6 hours or 145-mm rainfall for 12 hours	110-mm rainfall for 6 hours or 180-mm rainfall for 12 hours
Heat wave	Two successive days with daily maximum temperature over 33°C	Two successive days with daily maximum temperature over 34°C	Two successive days with daily maximum temperature over 35°C
Cold wave	Two successive days with morning minimum temperature under -12°C	Two successive days with morning minimum temperature under -13.5°C	Two successive days with morning minimum temperature under -15°C

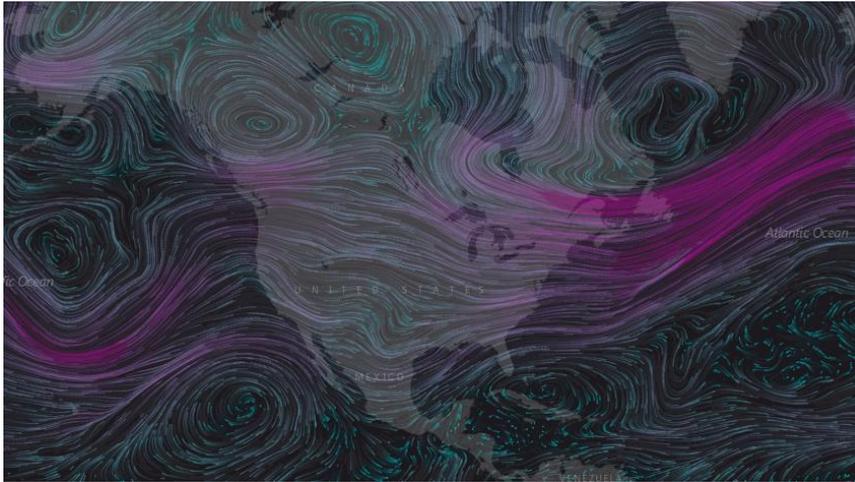


Figure 3. An example of wind vector animation using wind-js library(<https://github.com/esri/wind-js/>)

기온, 강수량, 바람벡터는 1시간 간격, 1 km 해상도의 격자형 자료로서, 기온과 강수량은 이미지파일로 생성하여 웹 지도에 중첩하였고, 바람벡터는 풍속과 풍향의 상황을 직관적으로 파악할 수 있도록 wind-js 라이브러리(Fig. 3)를 사용하여 웹기반 애니메이션의 형태로 구현하였다. 바람벡터의 동서류(U component)와 남북류(V component)는 JSON(JavaScript object notation) 포맷으로 변환하여 관리한다. JSON 헤더에는 자료의 MBR(minimum bounding rectangle) 위도·경도와 자료가 보관될 이차원 배열의 구조 정보가 들어있고, JSON의 데이터 부분에는 가로 732개, 세로 972개로 구성된 이차원 배열에 UV 값을 기록하였다.

호우, 폭염, 한파 등의 위험등급은 격자점 단위로 구성되어 있는 자료를 변환하여 행정구역(읍면동) 단위로 집계하였다. 격자형 자료를 폴리곤 기준으로 집계하기 위해서는 구역연산(zonal operation)이 필요하다. 우선 각 격자점 위도·경도 좌표와 이에 대응하는 행정구역 코드의 조건표를 작성하고, 이를 기준으로 위험등급 수치를 폴리곤 내에서 집계하였다. 행정구역 폴리곤 안에 2개 이상의 격자점이 포함되는 경우에는 0을 제외한 위험등급 값 중에서 최솟값으로 할당하였다. 이러한 위험등급 폴리곤 자료는 웹 지도 중첩을 위하여 GeoJSON 형태로 관리하는데, GeoJSON은 확장된 JSON 포맷으로서 도형정보와 속성정보를 함께 포함하여 벡터 자료의 웹서비스에 유용하게 사용된다(Li et al., 2015).

2.3 데이터베이스 구성

1시간 간격의 711,504개 격자점에 대하여 위도, 경

도, 기온, 강수량 등 9개 항목으로 이루어진 대량의 데이터를 효과적으로 관리하기 위하여 DBMS는 오픈소스 기반의 PostgreSQL을 사용하였다. 데이터베이스의 쿼리(query) 속도는 웹 애플리케이션의 성능에 큰 영향을 미치는데, PostgreSQL은 데이터를 조회하는 Select 연산 속도가 뛰어난 것으로 평가된다(Lee et al., 2015). 데이터베이스 구성은 편의상 1시간 자료가 하나의 테이블에 기록되도록 하였으며, 테이블 이름은 “T_현재시각_미래시각”의 형태로 명명하였다. 예를 들어 T_2014080200_2014080201 테이블은 2014년 8월 2일 0시에 모의한 2014년 8월 2일 1시에 대한 예측자료이고, T_2014080200_2014080202 테이블은 2014년 8월 2일 0시에 모의한 2014년 8월 2일 2시에 대한 예측자료이다.

3. 시스템 구현

3.1 웹서비스 구성

DBMS에서 관리하는 기상위험 조기경보 자료의 웹 서비스는 REST(representational state transfer) 방식으로 구성하였다. 과거의 SOAP(simple object access protocol) 프로토콜은 송수신시 인코딩/디코딩 과정으로 인한 과부하의 문제가 있어 이러한 단점을 보완하여 경량화한 것이 REST 방식이다. Fielding and Taylor(2002)의 웹 아키텍처에 기초한 REST는 부수적인 세션 관리를 추가하지 않고도 HTTP(hypertext transfer protocol)를 통해 데이터를 전달할 수 있으며, 클라이언트/서버 간의 구성요소를 엄격히 분리하여 구현을 단순화하고 확장성을 높인 구조이다(Park et al.,

2010). 본 연구에서는 데이터베이스 쿼리를 함수 형태로 래핑(wrapping)함으로써 URL을 통해 사용자의 요청을 처리하고 응답을 반환하는 구조를 채택하였다. 이러한 웹서비스 구성을 위하여 Spring Framework를 사용하고 myBatis를 통해 PostgreSQL과 연동되도록 하였다.

3.2 사용자 인터페이스

사용자에게 제공되는 정보는 금일 기상개황(Fig. 4), 현재 기상위험 상황(Fig. 5), 시간대별 기상위험 예측(Fig. 6)이다. 금일 기상개황은 1시간 단위로 정보를 제공하며, 기온, 강수량, 바람장이 화면 하단에 표출되고(Fig. 4의 ③), 시군구 이름으로 검색하면(Fig. 4의 ①) 기상위험을 가진 읍면동이 하이라이트 된다(Fig. 4의 ②). 시간대별 위험등급 정보가 기록된 GeoJSON은 운영체제의 파일시스템에서 관리되며 Google

Maps API를 이용하여 웹 지도 위에 중첩된다. 폴리곤이 그려질 때 setStyle 함수가 속성값을 파싱하여 지정된 색상을 반환하면 내부가 색상으로 채워진 폴리곤 객체가 만들어진다. 기온과 강수량은 시간대별로 생성된 PNG(portable network graphics) 이미지가 Open treetMap API를 통하여 웹상에 중첩되어 표출된다. 바람벡터의 JSON 데이터는 jQuery의 Ajax를 이용하여 파일시스템으로부터 읽어들이어 wind-js 라이브러리의 Windy 객체로 생성한다. 격자점 자료는 선형보간법을 통해 애니메이션 형태로 HTML5의 Canvas 객체에 그려져 웹 지도 위에 중첩된다.

Fig. 5에 나타난 현재 기상위험 상황은 Fig. 4의 ②에 나타난 정보를 보다 상세화하여 호우, 폭염, 한파 등 재해종류별 위험등급을 읍면동 단위로 조회할 수 있도록 색채배열한 것이다. Fig. 6은 시간대별 기상위험 예측정보를 나타내는데, 현재 시각(또는 지정된 시

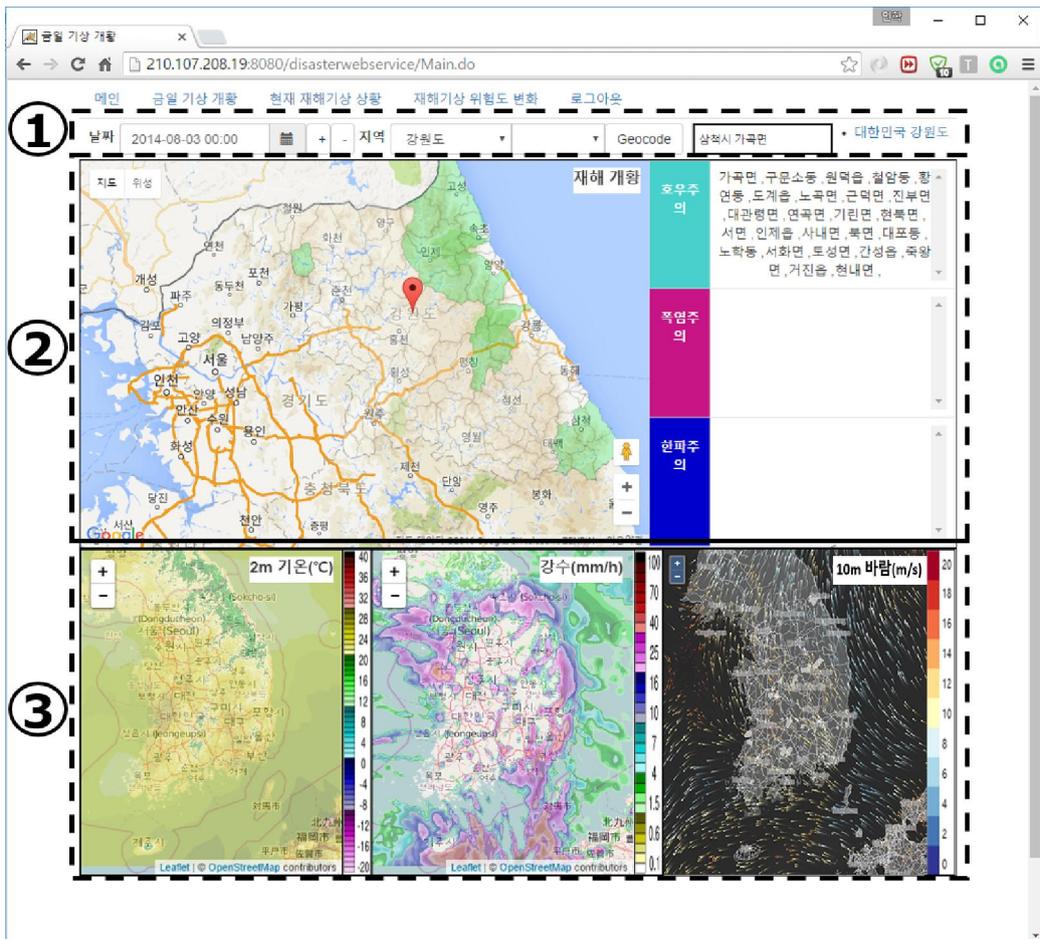


Figure 4. Today's weather conditions

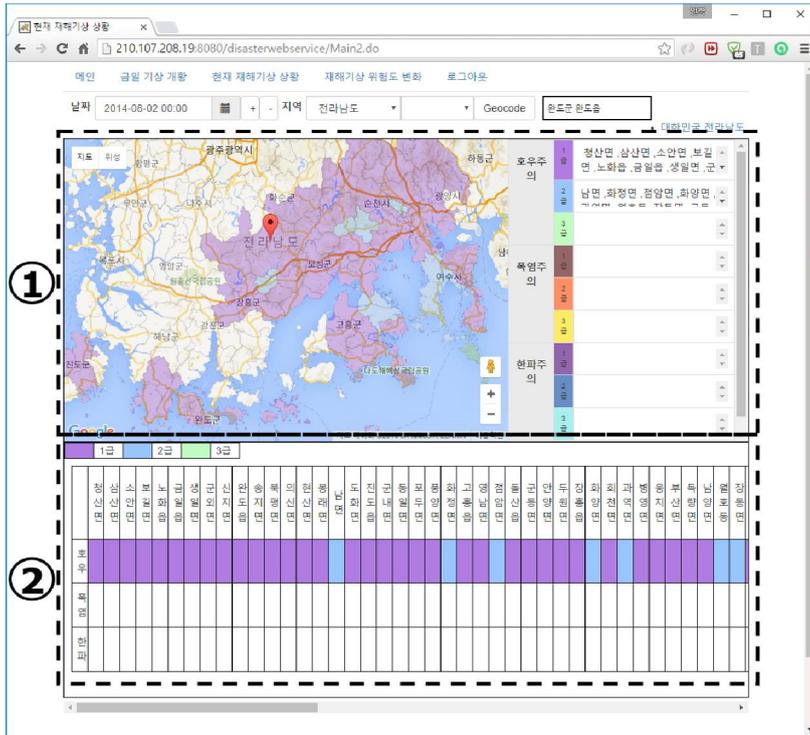


Figure 5. Current status of meteorological hazards

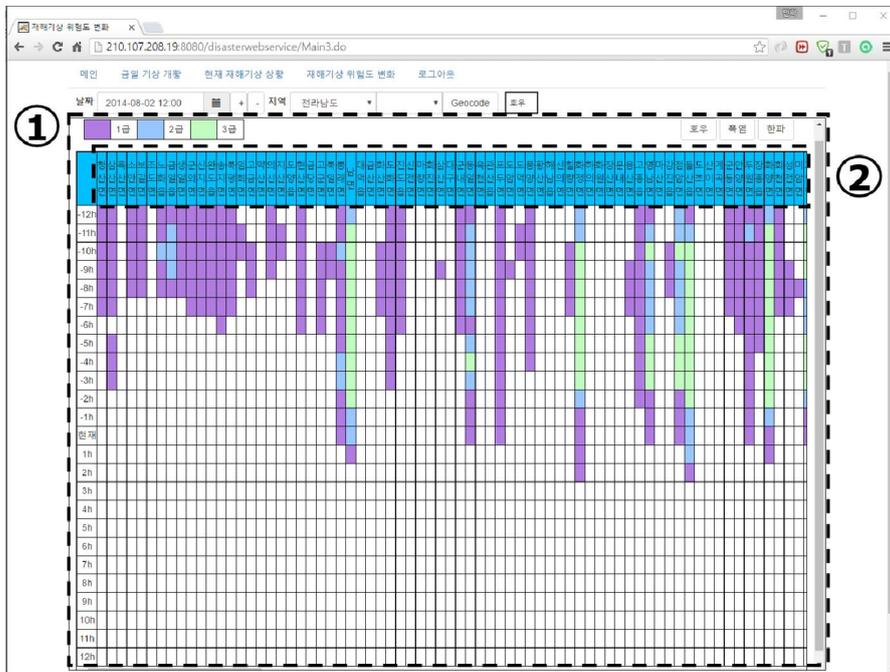


Figure 6. Hourly forecasting of meteorological hazards

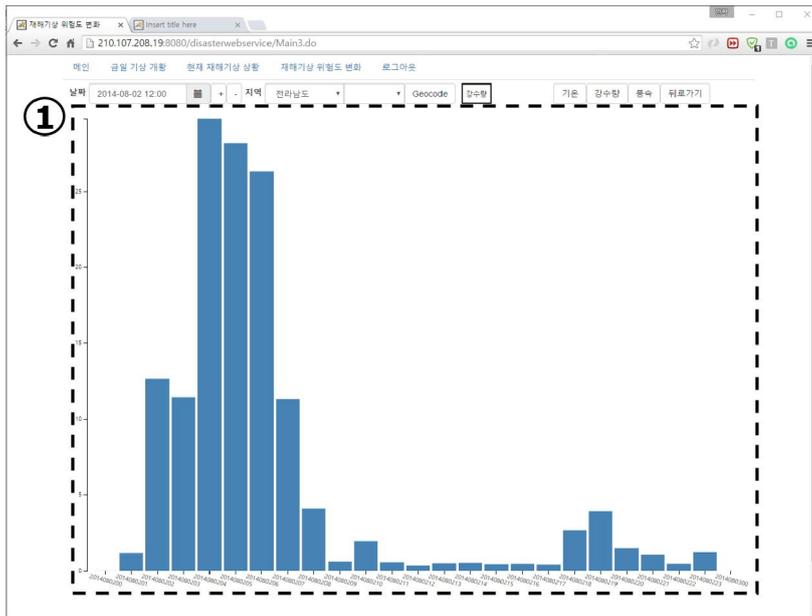


Figure 7. Chart for temperature, rainfall and wind speed in a unit area

각) 기준으로 7일 전후의 위험등급 변화를 1시간 간격의 시계열로 디스플레이 한다. 또한 ②의 읍면동을 클릭하면 그 지역에 대한 12시간 전후의 기온, 강수량 및 풍속의 변화를 알아볼 수 있도록 시계열 차트로 표현하였다(Fig. 7). 이때 격자점의 자료값은 읍면동 단위로 평균화하였으며, 차트 구현에는 D3.js 라이브러리를 사용하였다. 예를 들어, 2014년 8월 2일 12시를 기준으로 볼 때, 전라남도 완도군의 경우 대부분의 읍면에서 호우 위험 1~3단계를 거쳤으며, 일부 읍면에서는 12시 이후에도 한두 시간 정도는 여전히 호우 위험이 있는 것으로 예측되어 각별한 주의가 요구됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 고해상도 수치예보 자료로부터 기상 위험 정보를 추출하여 1시간 간격의 조기경보를 제공하는 웹서비스의 프로토타입을 구현하였다. 이를 위하여 전지구모델 GME의 다운스케일링을 통해 시공간분해능이 향상된 기상위험 예측자료가 웹GIS를 통해 표출되는 시스템을 구현하였으며, 현재의 기상위험 상화에 대한 정보뿐만 아니라, 향후 7일간의 호우, 폭염, 한파 등 기상위험 예측정보가 1시간 간격 및 읍면동 단위로 제공되도록 하였다. 전지구적 기후변동으로 최근 들어 기상위험이 현격히 증가하고 있는 상황에서

골든타임을 놓치지 않고 기상재해에 대응하기 위해서는 이와 같은 조기경보 시스템의 현업화가 매우 필요하다고 하겠다. 이 시스템이 지방자치단체 등에 의해 현업운용 되기 위해서는 수치예보의 정확도 향상과 함께 래스터 및 벡터 자료의 전처리시간 단축이 향후 과제로서 해결되어야 할 것이다. 또한 모바일 기기에서도 동작하는 반응형 웹 시스템 및 하이브리드 앱을 구현하여 클라이언트의 플랫폼에 구애받지 않는 서비스도 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 기상청 기상산업지원 및 활용기술 개발사업(KMIPA 2013-12190)의 지원으로 수행되었습니다.

References

1. Ahn, S. H., Park, K. J., Kim, J. Y. and Kim, B. J., 2015, The characteristics of the frequency and damage for meteorological disasters in Korea, Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 15, No. 2, pp. 133-144.
2. Fielding, R. and Taylor, R., 2002, Principled design of the modern web architecture, ACM Transactions on Internet Technology, Vol. 2, No. 2, pp. 115-150.

3. Garrett, J. J., 2005, Ajax: A new approach to web applications, Adaptive Path, <http://adaptivepath.org/ideas/ajax-new-approach-web-applications/>
4. Kim, J. Y., Kim, D. Y., Oh, J. H., Kim, S. H., Kim, H. G., Kang, Y. H., Kim, J. J. and Cho, C. H., 2015, Sensitivity evaluation of surface wind simulations by surface drag parameterization and spatial resolution using WRF model, *Journal of the Wind Engineering Institute of Korea*, Vol. 19, No. 3, pp. 77–83.
5. Kim, O. Y. and Oh, J. H., 2010, Verification of performance of the high resolution QPF model for heavy rainfall event over the Korean Peninsula, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, Vol. 46, No. 2, pp. 119–133.
6. KMA, 2015, Meteorological disaster statistics, Korea Meteorological Administration, http://www.kma.go.kr/weather/lifenindustry/disaster_02.jsp
7. KMA, 2016, Meteorological data open portal, Korea Meteorological Administration, <https://data.kma.go.kr/>
8. Kraak, M. J., 2004, The role of the map in a Web-GIS environment, *Journal of Geographical Systems*, Vol. 6, No. 2 pp. 83–93.
9. Lee, Y. H. and Kim, H. S., 2014, A study on Ajax method RIA solution service configuration and using outlook, *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 12, No. 2, pp. 189–195.
10. Lee, Y. S., Kim, Y. H. and Kim, U. M., 2015, Performance analysis on the data query operations of RDBMS, *Proc. of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Seoul, Korea, pp. 370–371.
11. Li, W., Song, M., Zhou, B., Cao, K. and Gao, S., 2015, Performance improvement techniques for geospatial web services in a cyberinfrastructure environment – A case study with a disaster management portal, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 54, pp. 314–325.
12. Majewski, D., Liermann, D., Prohl, P., Ritter, B., Buchhold, M., Hanisch, T., Paul, G. and Wergen, W., 2002, The operational global icosahedral-hexagonal gridpoint model GME: Description and high-resolution tests, *Monthly Weather Review*, Vol. 130, pp. 319–338.
13. NOAA, 2016, Weather-ready nation, National Oceanic and Atmospheric Administration, <http://www.weather.gov/>
14. Oh, J. H. and Kim, O. Y., 2010, A Study on the direction of developing integrated information system of natural disaster for local governments disaster prevention measures, *Korean Review of Crisis and Emergency Management*, Vol. 6, No. 2, pp. 19–30.
15. Park, Y. M, Moon, A. K., Yoo, H. K., Jung, Y. C. and Kim S. K., 2010, SOAP-based web services vs. RESTful web services, *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 25, No. 2, pp. 112–120.
16. RDA, 2016, Agrometeorological early warning system, Rural Development Administration, <http://new.agmet.kr/>