

Google Earth를 이용한 AOD 및 바람장의 웹기반 가시화 기법에 관한 연구

A Study on the Web based Visualization of AOD and Wind Vector using Google Earth

최진우¹, 양영규²

Jin-woo Choi¹, Young-kyu Yang^{2*}

요약

현재 각 지역에서 수집한 환경자료를 효과적으로 공유 및 활용하는 시스템의 부재로 인하여 관련 연구자들의 긴밀한 협업 연구가 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다. 본 논문에서는 GEO 연구자들을 위한 웹포탈 협업 시스템인 GeoNet에서 지구환경자료를 효과적으로 가시화하기 위한 방법을 제시한다. 웹브라우저에 Google Earth를 삽입하고 API와 KML을 이용하여 AOD와 바람장 데이터를 애니메이션으로 표현하였다.

핵심어: 구글지도, KML, AOD, 바람장, 시각화

Abstract

Lack of a cooperative application system for the collected environment data from many areas prevents intimate cooperative studies among the researchers. This paper proposes a method to effectively visualize earth environment data in GeoNet, which is a web-based cooperative system for GEO researchers. The method is to insert Google Earth in a web browser and represent animation of AOD and wind vector data using API and KML.

Keyword: Google Earth, KML, AOD, Wind Vector, Visualization

1 Department Computer Science, Gachon Univ., 1342 Seongnamdaero, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea
e-mail: cjw49@paran.com

2 Department Computer Science, Gachon Univ., 1342 Seongnamdaero, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea
e-mail: ykyang@gachon.ac.kr (Corresponding author)

Received(April 30.2015), Review (June 10.2015), Accepted(June 30.2015)

1. 서론

현재 전 지구는 기온상승으로 인한 해수면 상승 및 자연생태계 파괴로 인류의 건강을 침해하고 에너지를 고갈시키는 등의 많은 부작용을 초래하고 있다[1]. 이에 많은 GEO(Global Earth Observation) 관련 연구자들이 방대한 지구 환경정보에 대한 심도 있고 폭넓은 연구를 하고 있으나, 개별적으로 수집된 환경자료를 효과적으로 공유 및 활용할 수 있는 시스템이 부재하여 관련 연구자들 간의 긴밀한 협업 연구가 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다[1].

이에 경원대학교에서는 대기 미세먼지에 의한 대기 갈색구름(Atmospheric Brown Cloud, ABC) 연구자들을 위한 웹포털 협업환경 시스템(GeoNet)을 구축 중에 있으며, 제주도 고산 지상관측자료 및 위성영상 자료 등을 우선으로 서비스하기 위해 준비 중이다[1].

이러한 GEO 자료는 공간적으로 넓은 영역에서 시간적으로 장기간에 걸쳐 관측되기 때문에 이를 공유하고 서비스하기 위해서는 효과적인 가시화 기법이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 Google Earth와 KML(Keyhole Mark-up Language)을 이용하여 지구환경자료를 웹에서 가시화할 수 있는 방법에 대해 연구하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련연구로써 Google Earth 프로그램과 KML 언어에 대한 분석, 그리고 본 연구에서 가시화 한 GEO 자료인 AOD(Aerosol Optical Depth)와 바람장에 대한 간략한 설명이다. 3장은 본 연구에서 제안하는 Google Earth를 이용한 지구환경자료의 웹 기반 가시화 기법에 대한 연구와 결과이고 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 Google Earth

Google Earth는 위성 이미지, 지도, 지형 및 3D 건물 정보 등 전 세계 지역 정보를 제공하는 세계 최초의 위성 영상 지도 서비스로 2005년 6월 28일 처음 배포가 시작되었다[2]. Google Earth 사이트(<http://earth.google.com>)에서 Windows, Linux, Macintosh 운영체제에서 동작하는 무료 버전을 설치할 수 있다. 표준 해상도는 15m이고 대도시나 특별한 지역은 1m 이상의 고해상도 영상이 제공된다[3].

2008년 5월 28일, Google은 Google Earth의 브라우저용 플러그인과 Javascript API를 공개하였다[3]. 이에 따라 누구라도 자유롭게 자신의 웹사이트에 3차원 지구를 삽입하고 그 위에서 다양한 시도를 해볼 수 있게 되었다. 카메라의 위치를 바꾸거나 선/위치표지/폴리곤 등을 생성하거나 이미지나 3차원 모델을 불러들여 세계 어느 곳이나 중첩시키는 등 여러 가지 작업들이 가능하다. Google Earth 개발자 홈페이지(<http://code.google.com/apis/earth>)에 접속하면 개발관련 가이드 문서와 여러 mash-up 예제 페이지들을 볼 수 있다. Google Earth API는 Object-Oriented Programming 개념을 도입하여 많은 인터페이스와 소속멤버들로 구성되어 있는데, 크게 다음 3가지로 분류할 수 있다.

- google.earth Namespace
 - 인스턴스의 생성이나 이벤트 핸들링 등의 역할을 하는 전역함수들
- Browser Plugin-specific Interfaces
 - Google Earth를 직접 제어하는 인터페이스들
- KML-based Interfaces
 - KML에 기반한 인터페이스들로 대부분이 Browser Plugin-specific 인터페이스들로 상속되어짐

그림 1은 웹페이지에 Google Earth를 삽입하는 코드로 HTML 파일에 몇 줄의 Javascript 코드만 작성하면 웹페이지에서 쉽게 Google Earth를 동작시킬 수 있다.

```
1 <html>
2 <head>
3   <title>Test</title>
4   <script src="http://www.google.com/jsapi?key=여기에 API key를 입력"></script>
5   <script>
6     google.load("earth", "1");
7     var ge = null;
8
9     function init() {
10       google.earth.createInstance("map3d", initCallback, failureCallback);
11     }
12     function initCallback(object) {
13       ge = object;
14       ge.getWindow().setVisibility(true);
15     }
16     function failureCallback(object) {
17       alert('Google Earth 로딩에 실패하였습니다');
18     }
19   </script>
20 </head>
21
22 <body onload='init()'>
23   <div id='map3d_container' style='border: 1px solid silver; height: 600px; width: 800px;'></div>
24   <div id='map3d' style='height: 100%;'></div>
25 </body>
26 </html>
```

[그림 1] Google Earth 삽입 코드

[Fig. 1] Google Earth embed code

2.2 KML

Google Earth는 XML 표준을 따르는 태그 기반 형식의 KML이라는 파일 포맷으로 지리정보를 보를 저장하고 표현할 수 있다. 이는 중첩된 요소들과 속성을 이용해 기술하는 방식으로 이를 이용하면 Google Earth에 정보를 표시하고 공유할 수 있다.

2008년 4월, Google Earth에서 쓰이고 있는 포맷인 이 KML이 OGC(Open Geospatial Consortium: 개방형 지리정보 컨소시엄)에서 세계 표준으로 채택되었다. 이에 앞으로 KML을 유지·관리하고 확장하는 임무는 OGC가 맡게 되었으며 현재는 2.2 버전이 쓰이고 있다[3].

KML을 이용하여 Google Earth 영상 지도 위에 벡터 자료인 바람장 및 래스터 자료로 되어있는 AOD 자료를 오버레이 할 수 있다. KML에 대한 상세한 내용은 OGC 홈페이지(<http://www.opengeospatial.org/standards/kml>)에서 확인할 수 있으며, Google 개발자 홈페이지에서도 관련 문서와 KML을 이용한 많은 샘플들을 볼 수 있다[3, 4].

KML로 지리정보를 표시할 때에는 화면표시 목적에 맞는 이름과 속성이 있는 태그를 사용하면 된다. KML로 가능한 작업들은 다음과 같다.

- 아이콘 및 레이블을 지정하여 지구상의 위치를 표시
- 표시하고자 하는 지형지물에 대한 관찰 위치(카메라 위치) 설정
- 지표면이나 화면에 별도의 영상을 중첩
- 스타일을 정의하여 지형지물의 형태를 지정
- 하이퍼링크 및 영상을 포함한, 지형지물에 대한 HTML 설명문 작성
- 폴더 형식을 이용하여 지형지물의 계층구조를 지원
- 인터넷을 통하여 KML파일을 동적으로 가져오거나 갱신
- Google Earth의 변화에 따른 KML 자료를 가져오기
- COLLADA 방식으로 텍스처 처리한 3차원 객체의 표시

현재 온라인상에는 10만개 이상의 도메인에 수천만 개의 KML 파일이 공유되고 있으며, 수많은 개발자와 제품들이 KML을 지원하고 있고 그 숫자들도 점점 증대될 것으로 보인다. 특히 GEO 분야에서도 과학적 연구 성과를 표현하고 공유하는 데 그 활용도가 높게 나타나고 있다.

2.2 KML

에어로졸은 대기 중에 부유하며 태양빛이 투과되지 못하고 우주 밖으로 반사되도록 하여 지구 냉각효과를 유발하고, 해수면에서 증발량을 감소시켜 강수량과 농업생산량의 감소를 유발하며 호흡기를 통해 인간의 건강에도 영향을 미치는 대기 오염물질이다[5]. 한반도를 비롯한 동북아시아 지역은 중국의 사막지역과 산업지역에서 발생하는 황사와 오염입자로 인해 에어로졸 발생이 빈번한 지역이다[5].

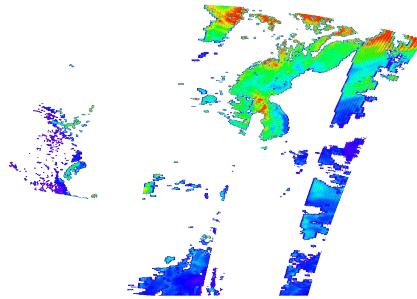
GEO 연구자들은 대기 중 에어로졸의 관측을 위해 인공위성 원격탐사자료를 많이 활용하고 있다. 이에 본 연구에서는 미국의 지구환경관측계획(Earth Observing System, EOS)으로 운영 중인 Terra와 Aqua 위성에 탑재된 MODIS 센서에서 수집된 에어로졸 광학두께(Aerosol Optical Depth, AOD) 자료를 추출하였다.

또한 에어로졸의 이동을 파악하기 위한 바람 자료도 함께 가시화하기 위해 NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research)의 재분석 프로젝트로 만들어진 바람장(Wind Vector) 자료도 확보하였다.

3. Google Earth를 이용한 웹기반 가시화 기법

3.1. 자료 수집

MODIS 데이터는 EOS data gateway 웹 사이트(<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome>)에서 주문한 뒤 FTP를 통해 다운로드 할 수 있다. 이는 분산 환경에서 과학용 데이터를 공유하기 위해 NCSA(National Center for Super-computing Applications)에서 개발한 대중 객체 파일 형식인 HDF4(Hierarchical Data Format 4)의 구조로 만들어져 있다. 다운로드 받은 MODIS 자료를 NASA에서 배포하는 공개 소프트웨어인 HDFView를 통해 AOD를 검출하고 이를 이미지로 표시하면 그림 2와 같은 결과를 볼 수 있다.



[그림 2] AOD 자료의 추출 결과
[Fig. 2] Extraction result of AOD data

바람장 자료의 경우는 NCEP/NCAR에서 재분석한 자료를 웹페이지에서 다운로드 하였다 (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc>). 바람장 자료는 NetCDF(Network Common Data Format) 형태로 되어 있으며 NCAR에서 제공하는 NetCDF 유틸리티 중에 ncdump를 사용하여 그림 3과 같이 CDL(network Common data form Description Language)로 추출하였다. CDL은 C언어에 기반을 둔 데이터 기술언어로 dimensions, variables, data의 데이터 세트를 가지고 있다.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
E:\WKIST\102008\바람장\wind>ncdump -h wind.sig995.2007.nc
netcdf wind.sig995.2007 {
dimensions:
    lon = 144 ;
    lat = 72 ;
    time = UNLIMITED ; // (1460 currently)
variables:
    float lat(lat) ;
        lat:units = "degrees_north" ;
        lat:actual_range = 90.f, -90.f ;
        lat:long_name = "Latitude" ;
    float lon(lon) ;
        lon:units = "degrees_east" ;
        lon:long_name = "Longitude" ;
        lon:actual_range = 0.f, 357.5f ;
    double time(time) ;
        time:units = "hours since 1-1-1 00:00:0.0" ;
        time:long_name = "time" ;
        time:actual_range = 17534272., 17593826. ;
        time:delta_t = "0000-00-00 06:00:00" ;
    short wind(time, lat, lon) ;
        wind:long_name = "4x daily u-wind at sigma level 995" ;
        wind:valid_range = -102.2f, 102.2f ;
        wind:actual_range = -33.7f, 36.3f ;
        wind:units = "m/s" ;
        wind:add_offset = 225.45f ;
        wind:scale_factor = 0.01f ;
        wind:misng_value = 32766 ;
        wind:precision = 2 ;
        wind:least_significant_digit = 1 ;
        wind:GRIB_id = 33 ;
        wind:GRIB_name = "UGRD" ;
        wind:var_desc = "u-wind",
            "u" ;
        wind:dataset = "NMC Reanalysis",
            "2" ;
        wind:level_desc = "Surface",
            "q" ;
        wind:statistic = "Individual Obs",
            "i" ;
        wind:parent_stat = "Other",
            "o" ;

// global attributes:
    :Conventions = "CFM2" ;
    :title = "4x daily NMC reanalysis (2007)" ;
    :history = "created 2008-12 by Hong GaeCDF2.3" ;
    :description = "Data is from NMC initialized reanalysis",
        "(4x/day). These are the 0.9950 sigma level values." ;
    :platform = "Model" ;
}
E:\WKIST\102008\바람장\wind>
    
```

[그림 3] 바람장 자료의 헤더
[Fig. 3] Header of wind field material

dimensions 세트를 보면 전지구의 바람 자료가 경·위도 각 2.5°의 grid 간격으로 분석되어 있으며 하루에 4번씩(0, 6, 12, 18시), 총 365일의 자료가 포함되어져 있다. 즉, data 세트는 3차원 배열로 구성되며 전체데이터 수는 다음과 같다.

$$73(\text{위도}) \times 144(\text{경도}) \times 1,460(\text{시간}) = 15,347,520 \text{ 개}$$

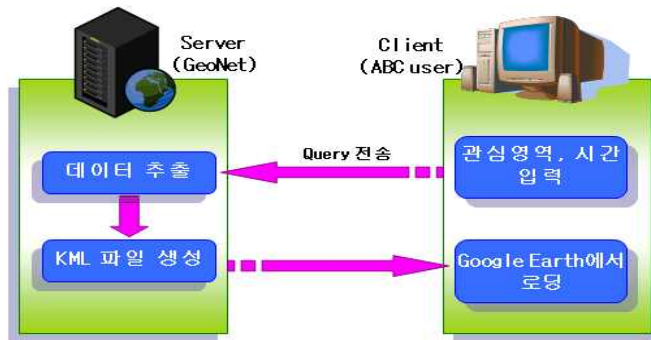
또한, 데이터들은 파일 용량을 줄이기 위해 압축되어 기록되어져 있는데 다음 식에 의해 unpacked value, 즉 실제 값을 얻을 수 있다.

$$\text{unpacked value} = \text{add_offset} + ((\text{packed value}) \times \text{scale_factor})$$

데이터의 단위는 units 변수에서 알 수 있듯이 m/s이고, u-wind의 경우 양수 값은 서풍, 음수 값은 동풍이며 v-wind는 양수 값은 남풍, 음수 값은 북풍을 의미한다. 또한, time 값도 데이터 사이즈를 줄이기 위해 "1년 1월 1일 00:00:00" 부터의 시간(예; 17,584,272는 2007년 1월 1일 0시)으로 나타나 있다.

3.2. 가시화 기법

본 절에서는 Google Earth 브라우저용 플러그인과 Javascript API를 이용하여 수집한 AOD와 바람장 자료를 가시화하는 방법에 대해 설명한다. GeoNet 포털에서 유저들이 관심영역과 시간을 입력하면 해당하는 그림 4의 동작 절차에 따라 AOD 및 바람장 데이터를 애니메이션으로 보여주는 웹페이지를 제작하였다. 유저들과의 인터페이스와 자료 처리를 고려해 JSP 언어를 사용하였다.

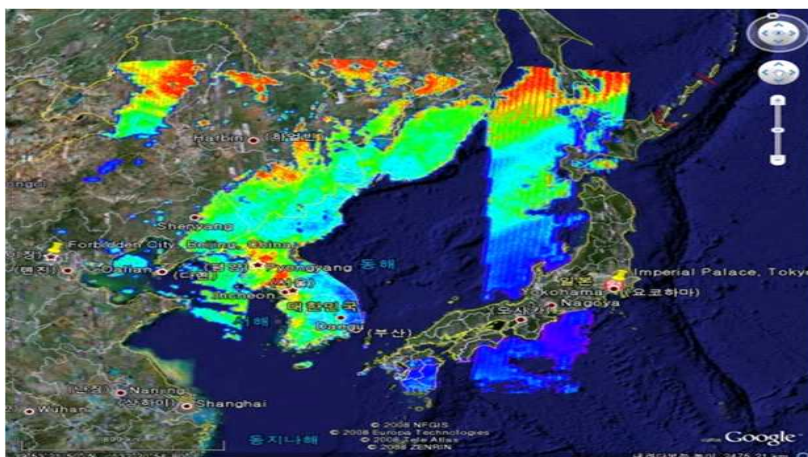


[그림 4] 가시화 웹페이지의 동작 절차

[Fig. 4] Operation procedure of visualization web page

유저가 관심영역과 시간을 입력하면 GeoNet에서는 요청에 따른 AOD와 바람장 데이터를 추출하여 KML 파일을 생성하고 이 파일이 위치한 URL을 사용자의 브라우저에 탑재된 Google Earth를 통하여 이를 로딩할 수 있도록 하였다.

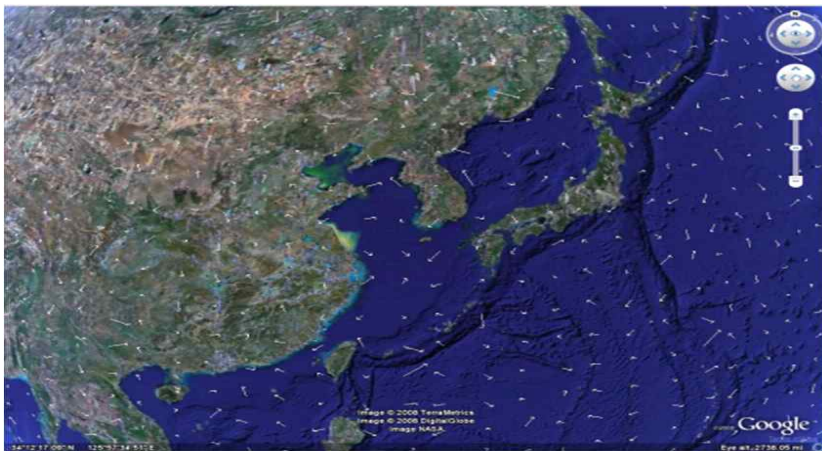
본 시스템에서 생성되는 KML 파일의 구조를 보면, AOD의 경우는 이미지 데이터이기 때문에 이미지를 오버레이 하는 <GroundOverlay> 태그를 이용하였다. <Icon> 태그로 해당 이미지가 있는 URL을 링크시키고 <LatLon Box> 태그로 오버레이 될 경·위도 좌표를 설정하였다. 이 KML 파일 중 하나(2007년 4월 15일)를 Google Earth에서 로딩한 결과가 그림 5에 나타나 있다.



[그림 5] Google Earth에 AOD 영상 오버레이

[Fig. 5] AOD video overlay in Google Earth

바람장 데이터의 경우는 벡터 자료로 되어 있기 때문에 가시화를 위해서는 직접 표현을 해야 했는데, u-wind, v-wind 값의 합을 산출하여 방향과 크기를 가진 화살표 모양으로 표시되도록 하였다. 이때는 KML 태그 중 선을 표시하는 <linestring>과 <linestyle> 태그를 이용하였다. 그림 5에 나타난 AOD 영상과 같은 날인 2007년 4월 15일 0시의 바람장을 나타낸 KML 파일을 Google Earth에서 로딩한 결과가 그림 6에 나타나 있다.



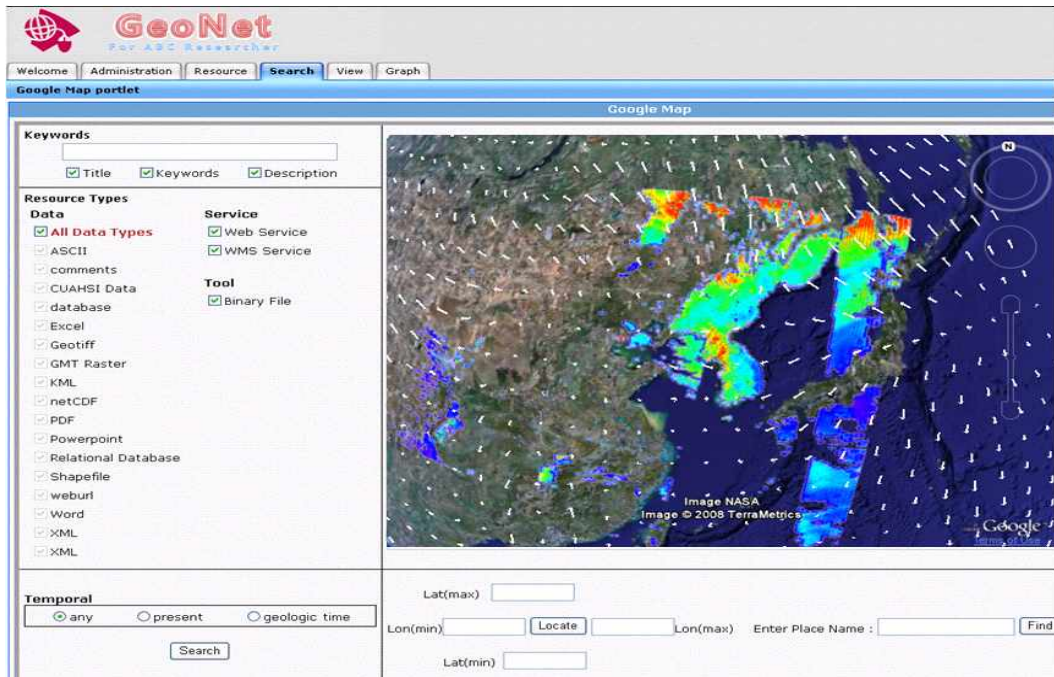
[그림 6] Google Earth에 바람장 데이터 표현

[Fig. 6] Wind field data representation in Google Earth

한편 KML의 태그 중 시간에 따른 애니메이션을 보여줄 수 있는 <timespan> 태그가 있지만 현재까지 출시된 Google Earth 플러그인에서는 아직 지원되지 않고 있다. 따라서 AOD와 바람장 자료의 수집 주기에 맞춰 1일당 AOD는 2개, 바람장은 4개의 KML 파일을 생성하여 순차적으로 Google Earth로 fetch 되도록 하였다.

Google Earth에 KML 파일을 적용시키는 방법은 두 가지가 있는데, 하나는 전역함수인 google.earth.fetchKML()로 웹에 있는 KML 파일의 URL을 파라미터로 넘겨서 이용하는 것이고, 다른 하나는 KML의 내용을 ge.parseKML 객체의 메소드를 이용해 직접 parsing 한 뒤 ge.getFeatures 객체에 전달해 주는 것이다. Google Earth API는 출시된 지 얼마 되지 않아 아직은 Google Earth API에서 제공하는 함수들보다는 KML을 이용하는 방법이 더욱 다양한 작업을 할 수 있고 참고할 문서나 예제도 많기 때문에 본 연구에서는 전자의 경우를 선택하였다.

최종적으로 GeoNet에 완성된 Google Earth를 이용한 AOD와 바람장의 가시화 웹페이지를 그림 7에 나타내었다.



[그림 7] GeoNet의 AOD, 바람장 가시화 페이지

[Fig. 7] GeoNet's AOD, wind field visualization page

지면의 한계로 애니메이션 결과를 삽입할 수는 없지만 본 연구에서처럼 여러 개의 KML을 생성하고 순차적으로 fetch 시키는 방법은 각각의 파일을 로딩할 때 약간의 시간 지연이 발생하였다. 추후 Google Earth 플러그인에서 애니메이션 API가 추가되거나 KML의 애니메이션 태그를 동작시킬 수 있도록 업데이트가 되면 해결될 수 있는 문제이기 때문에 향후 연구로 남겨두기로 한다.

4. 결 론

온난화를 비롯한 환경 문제가 날로 심각해져가는 요즘 많은 과학적 연구들이 진행이 되고 있고, 전 지구를 대상으로 관측되는 환경자료도 점점 증대되고 있다. 대용량이고 방대한 자료를 처

리해야 하는 연구의 특성상 자료의 공유와 협업을 통한 연구가 진행된다면 더욱 효율을 극대화할 수 있을 것이다. GEO 연구자들은 시·공간의 제약을 뛰어넘는 웹기반의 협업시스템을 기대하고 있으며, Google Earth 플랫폼은 GEO 자료와 연구 결과를 가시화하기 위한 도구로써 충분하다고 할 수 있다.

이에 본 논문에서는 Google Earth 브라우저용 플러그인과 API를 이용하여 지구환경자료 중 AOD와 바람장 데이터의 웹기반 가시화 방법을 제시하였다.

References

- [1] Korea Institute of Science and Technology Information, e-Science based establishment of environment and utilization study for GEO, (2008).
- [2] M. C. Brown, Hacking Google Maps and Google Earth, John Wiley & Sons Publishing. (2006).
- [3] Google Earth, <http://code.google.com/apis/earth>
- [4] <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>
- [5] H. K. Min, J. Y. Kim, B. C. Choi, S. N. Oh, Characteristics of Spectral Aerosol Optical Depth Retrieved from Ground-based Sunphotometer Measurements in Seoul, Korea: An Application of Cloud Screening Algorithm(CSA), Korean Meteorological Society, (2002), Vol.38, No.1, pp.25-38.