

지오 포털 구축을 위한 공개 소스 미들웨어 Deegree의 적용

박용재 · 이기원[†]

한성대학교 정보시스템공학과

Application of Deegree of Open Source Middleware to Geo-Portal Implementation

Yong-Jae Park and Kiwon Lee[†]

Dept. of Information System Engineering, Hansung University

Abstract : Recently, new GIS applications such as geo portal and spatial data infrastructure are emerging. These are related to web computing techniques or methodologies based on web 2.0 paradigm, open API of portal, open source GIS, and international GIS standards which are independently on developing. The product of these applications can be realized in the linkage of those components. In this study, a case implementation concerning linkage with Google maps API and open source middleware named Deegree is carried out, and the results are discussed for open source uses in geo portal. Open source middleware supports various levels and types of OGC standards, so that it enables web publishing in the several web standard formats and data exchanges and interoperable uses between external database servers. Also the function extensions and the multi tier-based architecture within geo portal for specific purpose are possible.

Key Words : Middleware, Google Maps API, Deegree, Geo Portal, OGC, Open Source.

요약 : 지오포털이나 공간정보기반구축 등이 최근 공간정보 분야에서 주요한 연구 동향으로 부각되고 있다. 이러한 응용 분야는 Web 2.0과 관련된 다양한 웹 컴퓨팅 기법이나 방법론, 포털에서 제공하는 공개 API, 공개 소스 GIS, 국제 GIS 표준사양 등 부분적으로 발전되어 오고 있는 요소 기술들이 복합적으로 연동되는 성과로 구현이 가능하다. 본 연구에서는 구글 맵 API와 공개 소스 미들웨어인 Deegree를 연동하는 시험 연구를 수행하여 지오포털 구축에서의 공개 소스 적용 가능성을 검토해 보고자 한다. 공개 소스 미들웨어에서는 OGC 등의 국제 표준사양을 지원하므로 다양한 웹 출력 및 외부 데이터베이스 서버간의 자료 호환 및 상호연용이 가능하고 특정한 웹 서비스 구축 목적에 맞는 추가적인 기능의 구현이나 계층적 아키텍처 구현이 가능하게 한다.

1. 서 론

최근 국내외에서 구글(Google) 검색 포털이나 야후

(Yahoo), 다음(Daum) 등과 같은 미디어 포털에서 다양한 지도정보 서비스를 제공하게 되면서 웹 매핑(Web mapping) 분야와 관련된 운영환경과 처리기술에 대한

접수일(2009년 4월 7일), 수정일(1차 : 2009년 8월 8일), 게재확정일(2009년 8월 31일).

[†] 교신저자: 이기원(kilee@hansung.ac.kr)

관심이 증가하고 있다. 또한 이러한 검색 포털이나 미디어 포털의 지도정보 서비스를 위한 비즈니스 모델 개발 전략의 경우도 공간정보 분야의 상업적 활용과 사업적 응용에 많은 영향을 주고 있다. 한편, 공간정보의 기반이 되는 기본지리정보가 구축되고 이를 다루기 위한 운영환경의 틀이 되는 프레임워크(Framework)에 대한 다양한 모델 개발과 표준화 연구가 수행되면서 보다 체계적이고 통합적으로 이러한 정보를 응용할 수 있는 공간정보기반구축(Spatial Data Infrastructure: SDI)에 대한 관심과 실제 이를 구현하기 위한 연구와 기술개발이 여러 나라들에서 수행되고 있거나 계획되고 있다.

이와 같은 개관적인 최근 GIS 분야의 주요 동향을 뒷받침하는 여러 가지 기술적 요소가 있는 데, 공개소스(Open Source) 개발 및 응용을 이러한 중요한 기술 추세의 한 가지로 들 수 있다(Bruce, 2007; Ramsey, 2007; Pick, 2008; Sherman, 2008). 사실 GIS 분야에서 공개 소스 기술 개발은 GRASS 개발 사례와 같이 1990년대 중반부터 진행되어 지속적으로 발전되고 있었으나

일부 시험 개발이나 소규모의 프로젝트에서 소스 일부를 개조하거나 확장하여 부분적으로 적용되는 경우가 많았다. 그러나 포털에서 지도정보 서비스를 제공하면서 동시에 포털에서 제공하는 지도정보를 어플리케이션에 직접 이용할 수 있도록 하는 응용 프로그램 인터페이스(Application Programming Interface)를 경쟁적으로 공개하고 있다. 이러한 공개 API 중 기존 웹 GIS의 중요 요소인 웹 매핑이 Web 2.0 개발 전략으로 대표되는 매쉬업(Mashup) 개발에서 가장 많이 이용되는 정보 자원으로 부각되었다. 포털에서 제공되는 공개 API나 매쉬업 기술 등은 기존의 공간 정보 웹 서비스(Web-based GIS Services)와는 다소 차별화된 요소 기술로 지오 포털(Geo Portal 또는 Geospatial Portal)이나 지오 브라우저(Geo-Browser) 기술 등으로 세분화되는 계기를 제공하고 있다. 현재 대부분의 대규모 데이터베이스를 다루는 매쉬업에 관한 몇 가지 모델 개발이나 구현 사례 연구에서도 지오 포털의 구현이나 공간정보기반구축이 목적인 경우가 많다(Kalberer, 2007; Lowe,

Table 1. Technical considering factors for Geo Portal 2.0 (Holmes, 2007)

Considering Points	Contents
Evaluating Data Sets	<ul style="list-style-type: none"> • Provide statistics and rankings on how many times layers are accessed • Enable commenting, ranking, tagging and reviews by users • Wiki style editing of official metadata records • Amazon style collaborate filtering
Viewing Data	<ul style="list-style-type: none"> • Easily add personal annotations to a view • Easy to start a new data layer • Enable easy online editing, but also editing through GIS with WFS-T • Simple upload of KML created from Google Earth or GPS traces
GIS Data Contributions	<ul style="list-style-type: none"> • Simple form to upload a Shapefile • No required metadata, but prompts for some easy fields to fill out • Set up permissions on who can view and edit • Easy online styling of data for default view
Data Availability	<ul style="list-style-type: none"> • Wide variety of data: WMS, WFS/WCS, GeoRSS, KML, tiled raster • Can be used on Desktop GIS, web-based map, Google Earth, blogs and web pages • Crawlable by Google's Geo Web search
Registering Services	<ul style="list-style-type: none"> • Easy to register a new geographic service • Registered layers gets titled and cached • If back-end service goes down cache lives on
Metadata	<ul style="list-style-type: none"> • No metadata requirement to use the infrastructure • Derive metadata from user's active and passive actions • Enable wiki style editing and metadata records • Recognize users who contribute the most good metadata
Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Future is not about SOA (Service-oriented Architecture) • Enable participation all the way down, software must be open source, should be seeded with as much valuable open data as possible • Technology and community are always linked

2008; Quinn, 2008).

이러한 지오 포털의 구현에서는 AJAX (Asynchronous Javascript and XML), 지오 태깅(Geo-Tagging), 위젯(Widget) 등과 같은 Web 2.0적인 기술이 그대로 적용되고 있다. 이와 함께 GIS 표준(Standards)도 지오 포털에서 중요시하는 중요 요소의 하나로 고려되고 있고 OGC에서도 자신의 표준을 적용하는 지오 포털 구축의 참조 모델(Rose, 2004)을 제시한 바 있다.

한편 Table 1에서는 Holmes (2007)에 의하여 체계적으로 정리된 소위 Geo Portal 2.0의 세부 고려사항을 제시하고자 한다. Geo Portal 2.0에서는 데이터의 평가, 데이터의 가시화, 데이터의 기여도, 데이터의 가용성, 서비스 등록, 메타데이터, 기술 요소 등의 구분에 따라 각 항목별로 설계시 고려되어야 할 사항 등을 정리하고 있으며, 이는, 웹 상에서 인식 가능한 다양한 표준 GIS 자료의 지원(Turner, 2008), 사용자 참여의 확대, 공개 소스의 활용 증대 등이 핵심 사항이라고 볼 수 있다.

이와 같은 지오 포털 구축을 위한 세부 요소는 공간 정보기반구축과도 기술적인 연계가 가능한데, 기본적으로 공간정보기반구축은 큰 그림(Big Picture)로 본다면 초기에 고유한 목적으로 설계된 공간 데이터베이스 스키마와 이질적인 GIS 자료 유형으로 구축된 다양한 GIS 데이터베이스 서버와 이 기존 플랫폼에서 구동될 수 있는 웹 서버를 다루게 된다. 이러한 공간정보기반구축 시스템의 사용자는 여러 계층과 단계로 구분될 수 있으므로 각 경우에 대한 사용자 인터페이스를 마련해야 하는데, 지오 포털의 입장에서 공간정보기반구축 시스템을 대하는 사용자 계층도 존재한다. 예를 들어 ESRI의 Geo-Portal-Toolkit을 기반으로 하는 미국 GOS(Geospatial One-stop Service: <http://gos2.geodata.gov/wps/portal/gos>)나 유럽 연합의 INSPIRE 프로젝트(<http://www.inspire-geoportal.eu/>) 등에서 구축된 시스템에서 제공되는 사용자 인터페이스가 실제 사례가 될 수 있다. 이러한 공간정보기반구축 사례에서 GIS 표준 사양을 지원하는 공개 소스 GIS와 포털 API가 GIS의 서버 기능과 클라이언트 기능 구현에 적용되고 있다.

본 연구에서는 이러한 최근의 연구 동향을 반영하여 지오 포털과 공간정보기반구축을 위한 기초설계 및 운영체제 구축에서 공개소스 미들웨어(Middleware 또는

Mediator)의 역할 및 기능을 조사하고 실제 공개 소스를 이용한 간단한 시험 구현을 통한 결과를 제시하고자 한다.

2. 공개 소스 미들웨어 Deegree 개요

본 연구에서는 OSGeo(Open Source Geospatial Foundation)에서 지원하고 있는 공개 소스 프로젝트인 Deegree를 이용하였다(<http://www.deegree.org> and <http://www.lat-lon.de>). Deegree는 독일의 본(Bonn) 대학의 GIS Research Group의 주도하에 연구되고 있는 프로젝트의 산출물이며 Java Framework기반에서 구동되는 공개소스이며, GIS 자료 유형은 OGC와 ISO/TC 211의 표준 사양을 직접 지원한다. Deegree는 5개의 작업그룹으로 나뉘며 각 그룹별 주요 목표는 Table 2와 같다(Fitzke *et al.* 2004; Manso *et al.* 2005).

Deegree는 위에서 언급한 5개의 작업그룹에서 연구, 개발한 결과물로서 크게 여섯 종류의 서버기반 OGC 웹 서비스 모듈과 한 종류의 클라이언트 인터페이스 모듈을 제공하고 있다.

Table 3은 Deegree에서 제공하는 서비스 모듈과 그 내용을 보여주고 있다. Deegree는 상업적 또는 비상업적인 다른 미들웨어와는 다르게 패키지의 형태로 제공되지 않는다. Table 3과 같이 독립적인 서비스 모듈 단위로 제공되기 때문에 사용자의 목적에 맞는 모듈만을 사용하여 사용자 맞춤형 서비스의 구성이 가능하고, 경우에 따라서는 각각의 모듈을 서로 연동한 통합 서비스의 구성도 가능하다. 이러한 Deegree의 구조는 다른 여타의 미들웨어나 상업 소프트웨어가 패키지의 형태로 배포되어 웹 서비스의 구성에 불필요한 요소가 포함되고, 다른 모듈이나 서비스와의 연동 시에 불편한 점을

Table 2. Work Group of the Deegree

Group	Contents
Web Service	Web Service using SDI-based Components
iGeoPortal	Portal Services
iGeoSecurity	SDI Security
iGeo3D	3D Visualization and Storage of Geodata 3D
iGeoDesktop	SDI Desktop GIS

Table 3. Modules provided by Deegree

Side	Service	Contents
Server	Web Map Service(WMS)	On-demand rendering of maps based on standardized styling rules (SLD)
	Web Feature Service(WFS)	Customisable access to vector data and complex schema mappings
	Web Coverage Service(WCS)	Efficient Access to raster data
	Catalogue Service(CSW)	Organizing your spatial meta information standard-based
	Web Terrain Service(WTS)/ Web Perspective View Service(WPVS)	Sophisticated 3D-Views out of distributed sources
	Web Processing Service(WPS)	Standardized interface for analysis and processing of spatial data
Client	iGeoPortal	Browser based Client, handling WMS, WFS and Proxy Service

감안한다면, Deegree를 이용한 웹 서비스의 구성은 상당한 유연성을 부여할 수가 있다.

Fig. 1은 Deegree iGeoPortal의 기능을 도시한 것으로 분산 환경에서 존재하는 공간 데이터베이스나 파일 유형의 GIS 데이터를 데이터 유형에 따라 OGC WMS(Web Map Services), 가젯트(Gazatteer), 카탈로그 서비스(Catalog Services), WFS(Web Feature Services)또는 WTS(Web Terrain Services)으로 웹 서버에서 처리하고, 이를 통합된 웹 서버에서 인식하는 과정을 나타내는 것이다. 이때 Deegree iGeoPortal에서는 OGC 표준사양으로 정의된 XML 기반 공간 객체의 HTTP 리퀘스트(Request)(Fig. 2)를 통합된 웹 서버

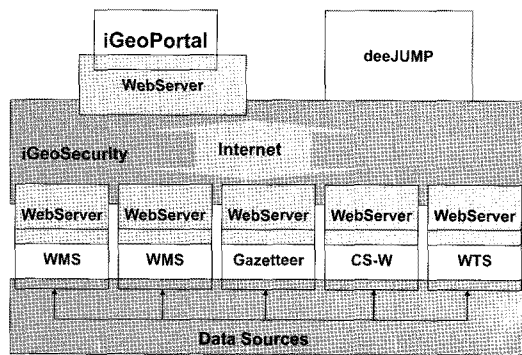


Fig. 1. Basic architecture of Deegree and iGeoPortal (Muller, 2007).

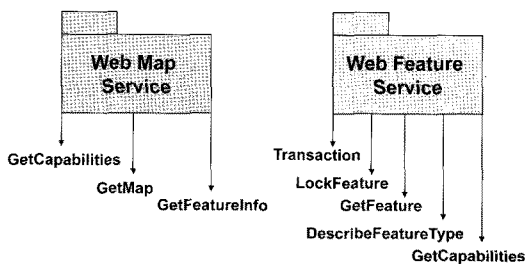


Fig. 2. OGC WMS and WFS supporting from Deegree.

상에서 처리하도록 한다. 또한 WMS, WFS, WCS, WTS 등의 WxS, 가젯트(Gazatteer), 카탈로그 서비스와 같은 각각의 서비스는 통합 서버가 아닌 개별 서버에서 필요에 따라 독립적인 처리가 가능하게 한다. 따라서 개발자는 구축 목적에 맞게 각각의 독립적인 서비스를 구성하고, 이를 iGeoPortal로 통합시킬 수 있다. 또한 Deegree가 제공하는 WxS중에서 WMS의 구조는 외부에서 제공하는 WxS, 웹 서비스내에서 자체적으로 처리하는 WxS의 결과를 포함하여 매핑 서비스를 제공한다 (Fig. 3).

이와 같은 Deegree의 웹 서비스는 Java Framework를 기반으로 한 MVC(Model-Viewer-Controller)구조를 따르고 있다. MVC는 데이터베이스와의 연동을 담당하는 모델(Model)과 사용자와 직접 연관되는 뷰어(Viewer), 모델과 뷰어 사이의 데이터 처리등과 같은 서비스의 주된 처리를 담당하는 컨트롤러(Controller)로 이루어져 있다. Fig. 4는 지오 웹(Geo Web)에서의 컨트롤러의 역할을 도시한 것이다.

한편 Fig. 5에서는 Deegree 공개소스를 적용하는 지오포털 웹 서비스 모델 설계(Torre, 2005)를 도시한 것

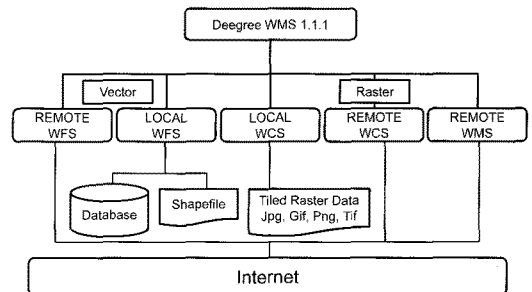


Fig. 3. WxS as data source for deegree WMS (deegree Web Map Service v2.2).

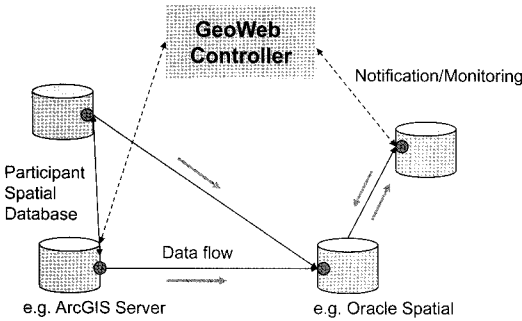


Fig. 4. The relationship of GeoWeb controller and Connectors of Multi-Database servers (Galdos System Inc., 2009).

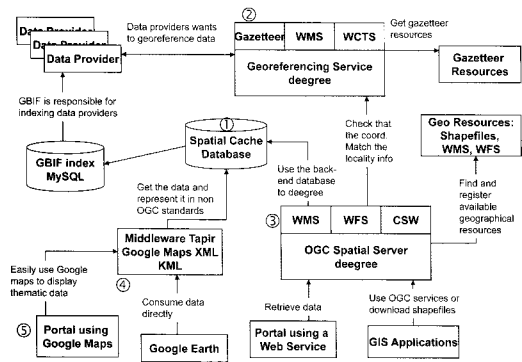


Fig. 5. A web service model design linked Google Earth and Deegree, supporting multi data providers and integrated portal (Torre, 2005).

으로 지구참조 정보처리(Georeferencing Service)와 공간 서버(Spatial Server) 등에 Deegree가 적용되며, 구글 맵 API는 포털과 미들웨어에 각각 적용될 수 있음을 보이고 있다. 이 지오포털 모델에서는 공개 소스가 전체 시스템에서 독립적인 기능을 수행하게 되는 사례로 해석할 수 있다. 본 연구에서는 Fig. 5에 제시된 지오포털 모델에서 ①, ②, ③, ④, ⑤의 처리과정에 대한 공개 소스 적용 및 시험 개발을 목표로 하여 연구를 수행하였다.

3. Deegree 미들웨어 응용 시험 구현

본 연구에서는 지오포털의 구축을 위해 공개 소스 기반의 공간정보처리 미들웨어로 Deegree를 적용하는 시험 구현을 수행하여 향후 적용 가능성을 검토해 보고자 한다. 시험 구현에서 제시하고자 하는 웹 서비스는 기본적으로 클라이언트, 미들웨어, 서버를 연동하는 계층적

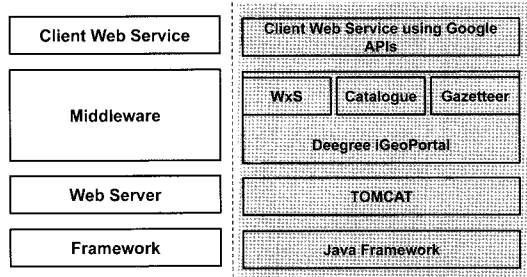


Fig. 6. Deegree application in multi-tier structure.

구조(Multi-tier)를 대상으로 하고자 한다. 자바 프레임워크 기반의 웹 서버 위에 미들웨어가 존재하고 그 위에 클라이언트 기반의 사용자 인터페이스가 위치한다.

본 연구에서는 자바 기반의 프레임워크에 미들웨어로 공개 소스인 Deegree를 사용하였으며(Fig. 6), 클라이언트는 구글 맵 API를 이용한 자바스크립트 기반의 웹 서비스이다. 본 연구에서 미들웨어인 Deegree는 사용자간의 중계자 역할을 한다. 웹 서비스를 통해서 연결되어 있는 각각의 사용자는 Deegree를 통해서 다른 사용자와 연결되게 된다.

본 연구에서는 시험 구현한 Deegree 미들웨어 기반 웹 서비스의 지오포털로서의 역할을 나타내기 위하여 외부의 다중 클라이언트와의 연동 구조를 Fig. 7(A)에 제시하였다. 특히, 본 시스템에서는 구글 맵 API를 Deegree 미들웨어와 같이 통합된 사용자 환경에서 구동되도록 구현하였다. 클라이언트에서는 사용자의 로컬 디스크에 존재하는 파일구조를 지원할 수 있는 경우와

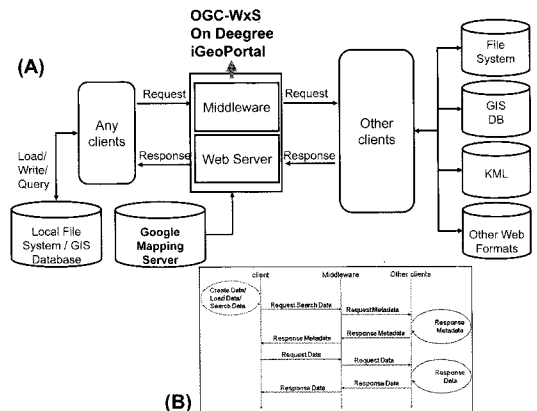


Fig. 7. (A) Multi clients linked to Deegree middleware, (B) Request and response processes regarding geo-data and metadata searching in this system.

GIS 데이터베이스, 구글 어스에서 제작된 KML 서버와 기타 웹 포맷을 지원하는 경우를 모두 포함한다. 즉, 다수의 클라이언트에서 각각 서로 다른 데이터 포맷을 가지고 있을 때 미들웨어 처리 과정을 통하여 OGC의 WxS 유형으로 변환하도록 하고, iGeoPortal의 뷰어에서 가시화 과정을 처리한다.

Deegree를 통해서 연결되어 있는 사용자들 중에 한 사용자가 원하는 데이터의 검색을 하게 되면, 사용자로부터 리퀘스트를 요청받은 Deegree가 연결되어 있는 다른 사용자들에게 메타데이터를 통해서 데이터의 검색을 요구한다. 연결되어 있는 사용자들은 Deegree로부터 요청받은 데이터 검색요구에 대해서 각자가 가지고 있는 지오 데이터를 검색하고 그 결과를 반환한다. 사용자들로부터 반환된 결과를 Deegree가 검색을 요청한 사용자에게로 전송한다. 검색을 요청했던 사용자가 Deegree로부터 전달받은 결과를 토대로 원하는 데이터를 요구하게 되면, Deegree는 데이터를 검색했던 것과 같은 방식으로 데이터를 다른 사용자들로부터 가져오게 된다(Fig. 7(B)).

Fig. 8은 Deegree 미들웨어의 가시화를 위한 iGeoPortal과 구글 맵 API를 연동하여 하나의 통합 인터페이스에서 제공하는 사례를 구현한 것이다. OGC WxS 처리를 위하여 내부 모듈 들을 통합하는 iGeoPortal의 클라이언트를 위한 사용자 인터페이스와 구글 맵 API를 이용한 매쉬업의 일종으로 볼 수 있다. 구글 맵 API로 구현된 사용자 인터페이스에서는 사용자가 직접 구글 영상자료를 이용한 온라인 디지털라이징 과정(Park and Lee, 2008)을 통하여 공간 데이터를 수정, 편집하도록 하고, Deegree 미들웨어에 대한 iGeoPortal 사용자 인터페이스에서는 사용자가 외부의 서버에서 공간 자료를 검색하는 경우 서로 다른 타입의 자료들을 OGC의 WxS 유형으로 가시화 또는 웹 출력이 가능하도록 한다. Fig. 9(A), (B)는 사용자가 가지고 있는 GIS 자료와 데이터베이스 서버에 있는 속성 테이블에 있는 자료를 SLD(Styled Layer Description) 변환하여 각각 OGC의 WMS와 WFS 유형으로 출력한 결과 예시이다. Fig. 2에서 제시된 바와 같이 LOCAL WFS로 처리된 후 매핑 된 결과를 표현한 것이다. 그래픽 출력에 필요한 스타일을 정의하는 SLD 처리 과정은 May(2008)의 결과를 참조하여 구현에 적용하였다.

4. 결론

본 연구에서는 지오포털과 공간정보기반구축에서 공개 소스의 활용도가 증가하는 연구 동향을 반영하여 미들웨어 공개 소스로 알려져 있는 Deegree의 응용 사례를 바탕으로 하여 Deegree를 구성하는 부분 모듈의 시험 구현을 수행하였고, 이를 통하여 향후 확장 가능성을 분석해 보고자 하였다. 웹 매핑을 주로 하는 클라이언트 중심의 지오포털에서 보다 복합적이고 다양한 서비스를 제공하는 지오포털을 구축하고자 하는 경우에는 다계층 구조로 설계되어야 하므로 미들웨어 기능이 중요한 역할을 담당한다. 지오포털의 아키텍처에서 계층적이고 유연하게 연계되는(Loosely Coupled) 미들웨어를 구성함으로써 사용자 목적에 따른 지오포털 기능의 수정 및 개선이 용이하게 된다. 특히 최근에 개발되는 공개 소스는 대부분 OGC나 ISO/TC 211 표준 사양과 웹 표준 출력 포맷을 지원하기 때문에 적은 노력으로도 표준 인터페이스를 적용한다는 장점이 있다. 또한 이러한 공개 소스는 포털에서 제공하는 웹 매핑 API와의 연동 또는 매쉬업을 통하여 사용자에게 더욱 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

본 연구에서는 전체 지오포털 아키텍처를 설계하고 이에 대한 활용 시스템을 구축한 것은 아니고 구글 맵 API와 Deegree iGeoPortal을 통합적으로 제공하는 클라이언트 상의 사용자 인터페이스를 제공하는 부분 기능 시험을 주로 수행하였으나 외부 데이터베이스 서버와의 연동이나 웹 표준 자료 출력에는 Deegree 엔진을 구동시키는 방식이므로 사용자 인터페이스의 전환이나 화면 상의 기능 추가가 용이하도록 하였다. 이러한 구조에서 PostGIS와 같은 공개 소스 공간 엔진을 이용해서 OGC WPS(Web Processing Services)와 같은 GIS 서비스 기능을 추가한다면 사용자는 자신이 직접 데이터베이스 서버를 운영하거나 관리하지 않고도 접속 가능한 외부의 모든 공간 데이터베이스의 정보 자원을 연계하여 자신의 목적에 맞는 결과를 얻을 수 있게 된다.

사 사

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능

형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(과제번호: 07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Bruce, B., 2007. A Survey of Open Source Geospatial Software, *presented at MUUG Meeting.*
- Holmes, C., 2007. Towards an Open Geo Web: Linking Open Source's 'Architectures of Participation' to the Global SDI Initiative, *presented at the 9th Conference of Global Spatial Data Infrastructure.*
- Galdos System Inc., 2009. *GeoWeb Vision - Technical Requirements.*
- Fitzke, J., K. Greve, M. Muller, and A. Poth, 2004. Building SDIs with Free Software - the deegree project, *presented at the 7th Conference of Global Spatial Data Infrastructure.*
- Kalberer, P., 2007. Integrating Mashups and Open Source Web-GIS, *presented at FOSS4G 2007 Conference.*
- Lowe, J. W., 2008, Collaborate Semantic Geospatial Applications: Data Sources to Make Mashups Correct, Complete, Relevant and Revisited, *presented at O'Reilly Where 2.0 Conference.*
- Manso, M. A., M. A. Berabe, and R. P. Gomez, 2005. Open Source Components to build A GeoPortal, *presented at the 11th EC GI&GIS Workshop.*
- May, J., 2008. Using SLD definitions to display charts in a deegree WMS, *presented at FOSS4G2008 Conference.*
- Muller, M., 2007. deegree - Building Blocks for Spatial Data Infrastructure, *OSGeo Journal*, 1: 1-3.
- Park, Y. J. and K. Lee, 2008. Mashup Application for Geo-spatial Feature Generation on Web Browser using Google Maps API, *Korean Journal of Remote Sensing*, 24(3): 389-396.
- Pick, J. B., 2008. *Geo-Business: GIS in the Digital Organization*, Wiley, 386p.
- Quinn, T., 2008. Web Mapping with Virtual Earth and Oracle in EPA's Grant Tracking Systems, *presented at 2008 Oracle Spatial User Conference.*
- Ramsey, P., 2006. *The State of Open Source GIS*, Refraction Research Inc., 42p.
- Rose, L. C., 2004. *Geospatial Portal Reference Architecture: A Community Guide to Implementing Standards-based Geospatial Portals*, OpenGIS Discussion Paper, OGC 04-039. 23p.
- Sherman, G. E., 2008. *Desktop GIS: Mapping the Planet with Open Source Tools*, Pragmatic Bookshelf, 345p.
- Torre, J., 2005. *Report of existing GIS standards and software - Deliverable 3.6.1*, Core GIS services-SYNTHESYS NA-D 3.6 report, 11p.
- Turner, A., 2008, Emerging Mass Market Geo Standards, *2008 OGC Technical Committee Meeting.*