국토지리학회지 제54권 4호, 2020 (491~503)
https://doi.org/10.22905/kaopqj.2020.54.4.9

벡터 타일 지도를 활용한 사용자 맞춤형 웹 지도 서비스 제공 방안에 관한 연구: 수치 해도 활용을 사례로*

안재성** · 우승범*** · 송진일**** · 김화환*****

A Study on the User Adapted Web Map Service Using Vector Tile Map: Case of Digital Nautical Chart Application*

Jaeseong Ahn**, Seung Buhm Woo***, Jin Il Song****, and Hwahwan Kim*****

요약: 이 연구는 웹 지도 서비스 활용 시나리오를 근거로 사용자 맞춤형 벡터 타일 지도 서비스를 구현하는 것이 목적이다. 이 연구에서 제시한 활용 시나리오는 스타일 변경, 정보 변경, 매쉬업 지도 설정, 3차원 시각화 설정으로 구분된다. 벡터 타일 지도는 동적 스타일 적용이 가능하고, 속성 정보를 활용한 스타일 적용 및 표출 객체 선택이 가능하며, 벡터 정보를 활용한 3차원 시각화 구현이 가능한 장점을 가지고 있다. 시범 시스템은 사용자 목적에 맞게 동적으로 지도 스타일을 변경하는 기능을 핵심 기능으로 가지는데, 이러한 기능은 벡터 타일 지도의 장점을 구현한 기능이다. 활용 시나리오를 적용해 본 결과, 사용자 맞춤형 스타일을 동적으로 적용할 수 있다는 측면에서 벡터 타일 지도가 래스터 타일 지도 보다 사용자 맞춤형 지도 서비스에 효과적임을 확인하였다.

주요어: 벡터 타일 지도, 타일 지도, 웹 지도, 사용자 맞춤형 지도

Abstract: The purpose of this study is to implement a user adapted vector tile map service based on web map service usage scenarios. The usage scenarios presented in this study are divided into style change, information change, mashup map setting, and 3D visualization setting. The vector tile map has the advantage of being able to apply a dynamic style, apply a style using attribute information, select an object to be displayed, and implement a 3D visualization using vector information. The pilot system has a function of dynamically changing the map style according to the user's purpose as a core function, which is a function that implements the advantages of vector tile map. As a result of applying the application scenario, it was confirmed that vector tile map is more effective in user adapted web map services than raster tile map in terms of dynamically applying user-customized styles.

Key Words: Vector Tile Map, Tile Map, Web Map, User Adapted Map

I. 서론

웹 지도 서비스는 웹 브라우저를 활용하여 지도 정보를 전달한다. 오늘날의 대중적인 웹 지도 서비스는 이미지 형식으로 지도 정보를 전달하는 방식을 채택하고 있다. 이미지 형식의 지도 전달 방식은 최초의 웹 지

* 이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(경기씨그랜트)
** 경일대학교 국토정보학부 부교수(Associate Professor, Dept. of Land and Information Science, Kyungil University, jsahn@kiu.ac.kr)
*** 교신저자, 인하대학교 해양과학과 교수(Corresponding author, Professor, Dept. of Ocean Sciences, Inha University, sbwoo@inha.ac.kr)
**** 인하대학교 해양과학과 대학원생(Graduate student, Dept. of Ocean Sciences, Inha University, jisong855@gmail.com)
***** 전남대학교 지리학과 부교수(Associate Professor, Dept. of Geography, Chonnam National University, h2kim@jnu.ac.kr)

도에서부터 유래하고 있다. 최초의 웹 지도는 1993년에 등장하였는데, 웹 브라우저에서 단일 이미지로 지도를 보여주는 방식이었다(Sample and Elias, 2010). OGC (Open Geospatial Consortium)에서는 이미지와 객체 정보를 전달할 수 있는 웹 지도 서비스 규격을 각각 제정하기도 하였다. 하지만 2005년 Google에서 미끄러지듯 표현되는 지도(slippy map) 방식을 도입한 지도 서비스를 시작하면서 이미지 전달 방식이 더 많이 활용되고 있다(Netek *et al*., 2020).

Google의 지도 서비스는 이미지 지도를 전달하는 방식이지만, 한 번에 단일 이미지를 전달하는 방식과는 다르다. Google의 지도 서비스는 줌 레벨에 따라서 미리 지도를 일정한 크기의 이미지로 분해해서 저장해 놓은 후, 사용자의 요청이 있을 때 해당하는 지도 이미지를 전송하고 클라이언트에서는 각 이미지를 연결해서 표현하는 방식이다. 이 과정에서 각각의 줌 레벨에 맞게 분해해서 저장한 지도를 타일 방식 웹 지도(tiled web map), 타일 지도(tile map)라고 한다. 보통 타일 지도로는 크기가 일정한 이미지(256 x 256 픽셀)를 사용한다. 일정한 크기의 이미지 지도를 래스터 타일 지도라고 한다.

타일 지도 서비스의 장점은 다음과 같다. OGC의 WMS(Web Map Service)와 같은 웹 지도 서비스 표준은 사용자 요청이 있을 때 마다 서버에서 사용자 요청에 맞는 지도 이미지를 생성한다. 이 방식은 사용자 요청이 있을 때마다 서버에서 이미지를 생성하기 때문에 서버 자원을 많이 필요로 한다. 단일 이미지를 제공하기 때문에 확대/축소, 이동 동작이 있을 때마다 실시간으로 새로운 단일 이미지를 생성해야 하고, 지도 이미지 제작 시간에 따라서 지도 표출이 지체되기도 한다. 타일 지도 서비스는 다양한 지도 이미지를 미리 제작하여 서버에 저장해 놓는 방식이다. 타일 지도 서비스에서는 사용자가 필요로 하는 지도 이미지를 호출하면 되기 때문에 사용자는 상대적으로 좀 더 빠르게 지도 이미지를 전송 받을 수 있다.

서버에 저장된 지도 이미지를 활용하는 래스터 타일 지도 방식은 단점을 가지고 있다. 가장 큰 단점은 미리 제작한 지도 이미지만을 사용하기 때문에 지도 사용자 입장에서 지도 활용의 유연성이 떨어진다는 점이다. 웹 지도 사용자는 지도 스타일을 변경하지 못하고, 필요한 레이어를 추가하거나 필요 없는 레이어를 제거할 수도 없다.

이러한 래스터 타일 지도 방식의 단점을 극복하는 방법으로 등장한 것이 벡터 타일 지도이다. 벡터 타일 지도는 타일에 벡터 정보를 저장한다. 벡터 타일에는 벡터 레이어 정보와 속성 정보가 들어가 있다. 웹 지도 사용자는 벡터 타일 지도를 전송 받아서 자신만이 원하는 정보를 선택하거나, 레이어별로 스타일을 지정할 수 있다. 웹 지도의 원 자료를 이용할 수 있다는 측면에서, 웹 지도 사용자가 벡터 타일 지도를 이용하면 래스터 타일 지도에 비해서 좀 더 유연한 정보 이용이 가능하다.

초기 벡터 타일 지도에 대한 연구는 벡터 형태의 지리 정보를 웹에서 효과적으로 전송하기 위한 방법을 제시하는 것이 주요 주제였다. 벡터 타일을 이용하지 않은 이전의 연구에서는 벡터 자료를 전송할 때 대략의 지도 정보만을 먼저 전송 한 후, 사용자의 요구에 따라서 좀 더 자세한 지도 정보를 순차적으로 보내는 방식(progressive transmission)을 주로 연구하였다(Bertolotto and Egenhofer, 2001, Yang *et al*., 2007).

이후 래스터 타일 방식의 웹 지도 서비스의 소개되면서 타일 지도의 개념을 벡터 자료에 도입하려는 연구가 진행되었다. 초기 연구에서는 타일 형태의 벡터 지도의 전송 효율성을 높이기 위한 서비스 구조를 제안하고 있다(Antoniou *et al*., 2009, Gaffuri, 2012,). 이후 벡터 타일 지도 활용 사례에 대한 다양한 연구가 소개되었다. Wan *et al*.(2016)과 Zouhar, *et al*.(2020)는 각각 공간 빅데이터를 생성하고 관리하기 위해서 벡터 타일 개념을 적용하는 방안을 소개하였다. Li *et al*.(2017)은 벡터 타일 생성 단계에서 타일 경계어서 기호가 단절되거나 누락되는 문제를 해결할 수 있는 모델을 소개하였다. Netek *et al*.(2020)은 벡터 타일 지도가 래스터 타일 지도보다 웹 클라이언트에서의 데이터 로딩 시간이 많이 소요되지만, 사용자 친화형 지도 서비스에 더욱 효과적임을 강조하였다. 최근, UN에서는 벡터 타일 지도를 활용하기 위한 벡터 타일 툴킷을 개발하는 작업을 진행하고 있기도 하다(Fujimura *et al*., 2019). 선행 연구를 보면, 벡터 타일 지도는 사용자가 웹 환경에서 좀 더 유연하게 공간 정보를 활용할 수 있는 장점을 가지고 있다는

점을 강조하고 있지만, 실제 웹 지도 서비스에 활용할 수 있는 활용 방안에 대한 연구는 부족하다. 벡터 타일 지도를 다양한 활용 사례에 적용하여 유용성을 평가하는 연구는 벡터 타일 지도가 웹 지도 서비스를 개선하는데 기여할 수 있는 방안을 제시할 수 있다.

이 연구는 벡터 타일 지도를 이용하여 사용자 맞춤형 지도 서비스를 제공하는 방안을 제시하는 것이 목적이다. 이를 위해서 웹 지도 서비스 활용 시나리오를 제시하고 각 시나리오를 지원하는 기능이 있는 시범 서비스를 구현한다. 이 연구에서는 활용 시나리오를 지원하는 시범 서비스의 유용성을 분석한다.

II. 벡터 타일 지도 원리와 기술 현황

1. 타일 지도의 원리

타일 지도 제작을 위해서는 공간 자료를 타일 단위로 분해해야 한다. 보통, 타일은 축척에 따라서 피라미드 형태로 만들어진다(그림 1). 타일 제작을 위해서는 줌 레벨을 정하고, 각 줌 레벨에서 필요한 타일의 개수를 정해야 한다. 이후, 타일 개수를 고려하여 타일이 포괄하는 공간 범위를 지정할 수 있다. OSM(Open Street Map)의 경우, 타일 지도의 범위를 경도는 180°W ~ 180°E, 위도는 85.0511°S ~ 85.0511°N 로 하고 있다. 줌 레벨은 모두 20개 인데, 0~19 까지 되어 있다. 줌 레벨 0 에서는 타일의 개수가 1개이고, 줌 레벨 1에서는 타일의 개수가 4개이다. 이런 방식으로 타일의 개수를 정하면, 줌 레벨 n 에서는 $2^n \times 2^n$개의 타일이 필요하다. 가장 대축척인 줌 레벨 19에서는 $2^{19} \times 2^{19}$, 즉 274,877,906,944개가 필요하다. 줌 레벨별 타일의 크기 중 경도와 대응하는 폭은 일정한 비율로 변하지만 위도에 대응하는 높이는 위도별로 달라진다. 줌 레벨 0에서의 타일의 개수는 하나이고 타일이 포괄하는 공간 범위는 360° × 170.1022°이다. 줌 레벨 1에서의 타일의 개수는 4개이고 각 타일이 포괄하는 공간 범위는 180° × 85.0511°이다. 이후 n 레벨에서 각 타일이 포괄하는 공간 범위의 경도는 $360/2^n$이고, 위도는 정사격형이 되도록 포괄할 수 있도록 각 레벨에서 달라진다. 타일 지도 제작에서는 메르카트로 도법을 사용하는데, 이 도법은 위도에 따라 거리의 왜곡이 발생하기 때문에 위도의 공간적 범위를 일관성 있는 방법으로 정할 수 없다. 따라서 경도의 범위를 기준으로 정사격형이 되도록 타일의 크기를 정하기 위해서 위도별로 크기가 달라진다.

타일 지도는 래스터 타일 지도와 벡터 타일 지도로 나눌 수 있다(그림 2). 래스터 타일 지도는 이미지 형태의 타일을 사용한다. 타일 이미지로는 256 × 256 픽셀이 주로 사용된다. 벡터 타일 지도는 벡터 정보가 담긴 타일을 사용한다. 벡터 타일은 벡터 타일 객체를 개별적으로 활용할 수 있는 특징을 가진다.

타일 지도를 식별하는 방법으로는 Google XYZ 스

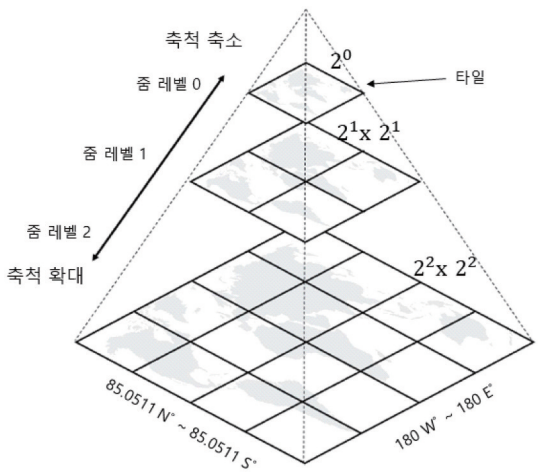


그림 1. 타일 지도의 개념

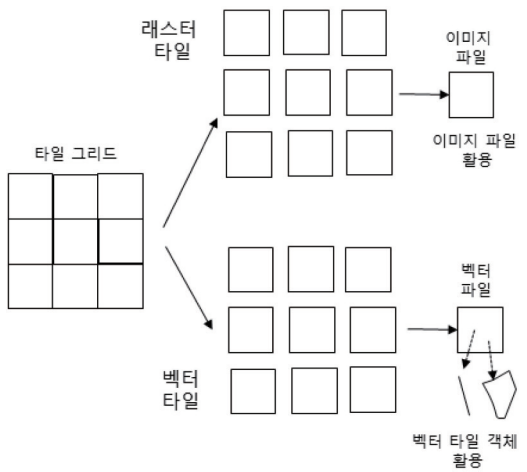


그림 2. 벡터 타일 지도와 래스터 타일 지도

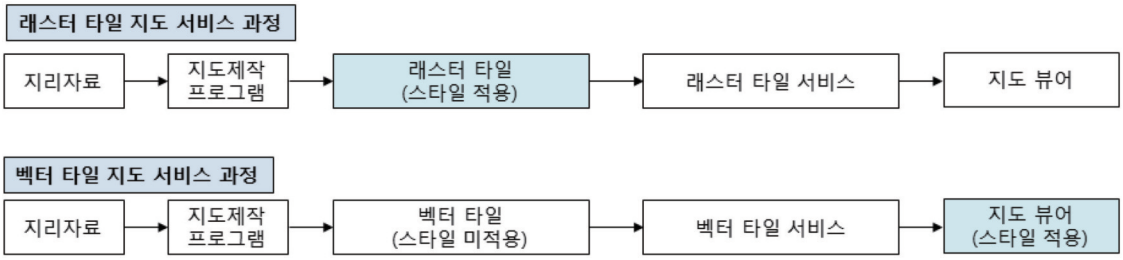


그림 3. 래스터 타일 지도와 벡터 타일 지도를 활용한 웹 지도로 서비스 과정

키마가 있다. 이 방법은 축척 단계 정보와 타일의 위치 식별 정보를 활용하여 필요한 타일을 선택한다. 타일 지도에서는 줌 레벨별로 타일의 개수가 정해진다. 각 줌 레별에 있는 타일에는 좌측 상단을 기준으로 x, y 번호를 할당할 수 있다. 좌측 상단은 (0,0)이고 오른쪽으로 이동할수록 (1,0), (2,0) 로 식별 번호를 가진다. 이 번호는 X Y 방향으로 각각 0에서부터 시작해서 $2^{zoom} - 1$ 까지의 범위를 갖는다. 사용자가 이 정보를 활용하면, 서버에 저장된 타일 중 원하는 타일을 선택할 수 있다. Google XYZ 스키마는 이런 방식으로 서버에 저장된 타일 지도에 접근한다. 보통 '/zoom/x/y.png'형식으로 사용하는데, '/2/0/0.png'는 줌 단계 2에 있는 네 개의 타일 중 좌측 상단인 (0,0)에 있는 타일을 의미한다.

래스터 타일 지도와 벡터 타일 지도을 제작하여 웹 지도로 서비스 하는 과정은 그림 3과 같다. 래스터 타일 지도 서비스는 래스터 타일을 제작하는 과정에서 지도 스타일을 적용한 이미지를 만든다. 그리고 웹 지도 서비스는 사전에 제작한 지도 이미지를 사용자에게 제공하게 된다. 벡터 타일 지도 서비스는 미리 벡터 타일을 제작하지만 스타일을 지정하지는 않는다. 지도 스타일은 웹 지도 서비스를 이용하는 사용자 웹 클라이언트 지도 뷰어에서 사용자가 적용하게 된다.

벡터 타일 지도는 래스터 타일 지도와 비교하여 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 벡터 타일 지도 사용자가 지도 스타일을 수정할 수 있다. 둘째, 벡터 타일 지도는 웹 클라이언트에서 사용자가 사용할 지도 레이어나 공간객체를 선택할 수 있다. 셋째, 벡터 타일 지도는 속성 정보를 활용할 수 있다. 넷째, 벡터 타일 지도는 사용자가 지도 투영법 변화, 지도 일반화와 같은 공간분석 작업을 추가로 수행할 수 있다. 벡터 타일 지도의 이러한 특징은 사용자가 웹 클라이언트에서 원자료 형태를 벡터 형식으로 활용할 수 있다는 특징에서 기인하는 것이다. 래스터 타일 지도의 경우, 서버 측에서 사전에 제작한 이미지만을 사용할 수 있기 때문에 사용자가 지도 이미지를 활용하여 추가 작업을 수행하는 데에는 한계를 가진다.

2. 벡터 타일 지도 기술 현황

벡터 타일 기술을 소개한 사이트[1]에서는 Parsers & Generators, Clients, Applications/Command line tools, CLI Utilities, Mapbox GL JS Plugins, Servers, Low-level utilities를 기준으로 다양한 벡터 타일 관련 프로그램을 소개하고 있다. 이 연구에서는 벡터 타일 지도 제작 작업 내용을 고려하여, 벡터 타일 관련 프로그램을 벡터 타일 지도 제작, 벡터 타일 지도 서버, 클라이언트 도구, 벡터타일 지도 스타일 제작기 및 뷰어로 구분하였다(표 1). 벡터 타일 지도 관련 프로그램 현황을 보면, 벡터 타일 지도 서비스를 구현하기 위한 작업 단계별로 다양한 프로그램을 제공하고 있음을 확인할 수 있다. 벡터 타일 관련 프로그램은 상용과 오픈소스 형식으로 제공되고 있는데, ESRI와 Mapbox와 같은 기업에서도 벡터 타일지도 관련 기술을 지원해 주고 있다.

벡터 타일 지도 서비스를 위하여 활용할 수 있는 규격으로 벡터 타일 포맷, 벡터 타일 지도 스타일 규격, 벡터 타일 호출 스키마가 있다. 벡터 타일 지도 서비스에 사용할 수 있는 벡터 타일 포맷은 GML, GeoJSON, ToppJSON, PBF&MVT 등이 있다(OGC, 2019). 이 중 MVT(Mapbox Vector Tiles)는 벡터 타일 포맷이고 이 파일을 Google의 PBF(Protocol Buffer Format)로 변환할 수 있다. 이 파일 포맷의 장점은 압출율이 높아서 파

표 1. 벡터 타일 관련 프로그램

유형	설명	예
벡터 타일 지도 제작	OSM이나 자체 데이터를 이용하여 벡터 타일 지도 생성	ESRIArcGIS Pro, Mapbox Studio, GDAL/OGR MVT and MBTiles driver, tilemaker, tippecanoe, OpenMapTiles (MapTiler)
	PostGIS DB에서 벡터 타일 지도 생성	ST_AsMVT, ST_AsMVTGeom함수 지원
벡터 타일 지도 서버	벡터 타일 지도를 서버에서 서비스할 수 있음	ESRIArcGIS Online, Geoserver (>=2.11) vector tile extension, MapServer (>=7.2), OpenMapTiles (MapTiler Server)
클라이언트 도구	웹 클라이언트에서 벡터 타일 지도를 표출할 수 있음	Mapbox GL JS, OpenLayers 3, Leaflet.VectorGrid, ArcGIS API for Javascript
벡터 타일 지도 스타일 제작기 및 뷰어	벡터 타일 지도 스타일을 지정하거나 제작할 수 있음 스타일을 지정한 벡터 타일 지도를 표출할 수 있음	Maputnik, Mapbox Studio, QGIS (>=3.14), ESRI ArcGIS Pro

일 크기를 줄일 수 있다는 점이다. 이외에도 MBtiles라는 포맷이 있는데, 이는 벡터와 래스터 타일을 메타데이터와 함께 저장하며, SQLite라는 프로그램에서 사용하는 바이너리 파일이다. 벡터 타일 지도는 사용자가 스타일을 적용할 수 있다는 측면에서 다양한 스타일 규격을 적용할 수 있다. 벡터 타일 지도 스타일 규격은 Mapbox GL Styles, CartoCSS, Geo Style Sheets, MapCss가 있는데, 이중 Mapbox GL Styles가 개방형 표준으로 널리 사용되고 있다. 벡터 타일 요청 방법으로 OGC의 WMTS에서 정의한 KVP(Key-Value-Pairs), REST(Representational State Transfer), SOAP(Simple Object Access Protocol) 방식과 구글 지도에서 사용한 XYZ 스키마 방식이 있다. 이중 Google의 XYZ 스키마가 간단한 구조를 갖기 때문에 사실상의 표준으로 널리 사용되고 있다. 만약, DBMS에 저장한 레이어를 이용하여 실시간으로 공간 범위를 지정하여 벡터 타일을 제작하는 구조이면, Google XYZ 스키마의 줌 레벨은 1.5, 2.2와 같은 실수를 가질 수도 있다.

III. 자료와 활용 기술

1. 자료

이 연구에서 사용하는 자료는 수치 해도이다. 수치 해도 레이어 중 표 2와 같은 레이어를 선택한 후, 벡터 타일 지도 기반의 웹 지도 서비스를 구현하였다. 이 연구에서는 1:25,000 축척을 가지는 가덕도 지역의 항만도를 사용하였다. 수치 해도의 레이어 선택과 스타일 적용을 위해서는 S-57 표준(IHO, 2000)을 참조하였다. S-57은 수로데이터 교환 표준으로, 실세계 사물을 객체 및 공간정보로 구분하여, 이를 레코드 단위로 저장하는 것에 관한 표준이다(이희용, 2010).

2. 활용 기술

벡터 타일 지도 서비스 시범 구현을 위해 활용하는 기술은 클라이언트와 서버로 구분할 수 있다. 각각은 웹 지도 분야에서 사실상의 표준(de facto standard)으로 받아들여지고 활용되는 기술을 선택하였다.

클라이언트는 Mapbox GL JS[2] 라이브러리를 활용하였다. Mapbox GL JS 라이브러리는 웹 브라우저에서 벡터 타일 지도 렌더링을 지원하는 자바스크립트 라이브러리이다. Mapbox GL JS는 또한 WebGL 기반의 3차원 시각화를 지원해 준다. 벡터 지도 스타일 지정을 위해서는 Mapbox GL 스타일 규격[3]을 사용하였다. Mapbox GL JS 라이브러리는 Mapbox GL 스타일 규격에 맞게 지도를 표출할 수 있다.

서버에서는 벡터 타일 지도를 저장하고 제공한다. 먼저, 벡터 타일 지도 제작을 위해서 tippecanoe 라는 유틸리티 프로그램을 이용하였다. 이 프로그램은 여러 개의 GeoJSON 파일을 이용하여 /z/x/y 디렉토리 형식으로 벡터 타일 지도를 저장한다. 이 때 사용한 파일 포맷은 압축률이 높은 PBF 형식이다. 웹 클라이언트 사

표 2. 활용 레이어 종류 및 설명

레이어명	유형	설명	기호
묘박지	폴리곤	일반묘박지	
수심	포인트	실제 위치의 수심	
등심선	폴리라인	등심선	
등심선구역	폴리곤	등심선 폴리곤 영역으로 표현	
장애물	포인트	측심에 의해 최소수심이 알려진 장애물	
저질	포인트	저질의 종류	
건물	폴리곤	주요 건물	
해안선	폴리라인	해안선 유형 구분 없이 사용	
인공해안선	폴리라인	방파제, 방조제 등 표현	
육지	폴리곤	육역 표현	
입표(beacons)	포인트	항로 표지 심볼 표현	

용자는 서버에 디렉토리 형식으로 저장한 벡터 타일에 XYZ 스키마를 적용하여 접근할 수 있다.

이 연구에서 다양한 벡터 타일 지도 관련 기술을 활용하여 벡터 타일 지도 서비스를 구현하는 과정은 그림 4와 같다. 먼저, 수치해도에서 선택한 레이어를 GeoJSON 파일로 변환한다. 파일 변환 과정에서는 지도 스타일 지정에 사용할 속성 정보를 함께 저장하였다. 이러한 작업에는 QGIS를 활용하였다. 다음으로 스타일이 지정되지 않은 벡터 타일을 디렉토리 구조로 생성하였다. 이 작업에서는 tippecanoe[4]라는 유틸리티 프로그램을 이용하였다. 벡터 타일 지도는 Nginx라는 웹 서버 프로그램을 통해 제공하였다. 마지막으로 Mapbox GL JS 라이브러리를 활용하여 웹 클라이언트의 지도 뷰어 프로그램을 제작하였다.

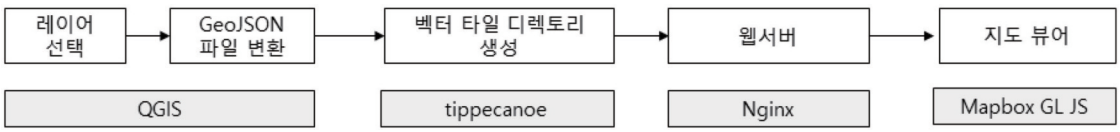


그림 4. 벡터 타일 지도 서비스 구현 과정

표 3. 사용자 맞춤형 지도 활용 시나리오

구분	설명	목적
스타일 변경	레이어 속성 기준 스타일 변경 작업 수행 레이어별 스타일 변경 작업 수행	다양한 스타일의 배경 지도를 활용하는 사용자 고려
정보 변경	레이어 선택 및 축척에 따른 표출 정보 선택 작업 수행	사용 목적에 따라서 필수 정보를 선택하고자 하는 사용자 고려
매쉬업 지도 설정	매쉬업 레이어에 맞춘 레이어 선택 및 스타일 변경 작업 수행	외부 자료 융합을 통한 지도화 작업을 수행하는 사용자 고려
3차원 시각화 설정	WebGL을 활용한 3차원 정보 시각화 작업 수행	WebGL 기반 3차원 시각화 활용 사용자 고려

IV. 사용자 맞춤형 지도 활용 시나리오와 시범 서비스 구현

1. 사용자 맞춤형 지도 활용 시나리오

사용자 맞춤형 지도 활용 시나리오는 웹 지도를 다양한 목적으로 사용하는 경우를 가정하였다. 이 연구에서는 모두 네 가지 시나리오를 제시하였다(표 3). 활용 시나리오는 단순한 위치 정보 확인이 아닌 웹 지도를 활용한 공간 정보 시각화 측면을 고려하였다(오충원, 2011; 강영옥·김현덕, 2014; 김형우 외, 2014; 안재성·김화환, 2018; 최진무, 2019)

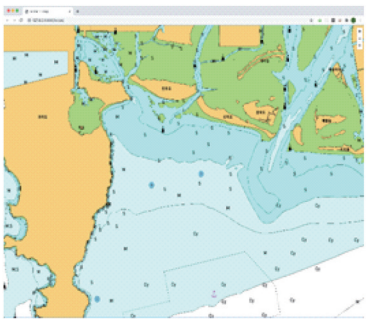
먼저, 스타일 변경 시나리오에서는 클라이언트에서 서로 다른 레이어 스타일을 적용하여 표출하는 작업을 수행한다. 또한 레이어 속성을 기준으로 스타일을 변경하는 작업을 수행한다. 이 시나리오는 다양한 스타일의 배경 지도를 활용하는 사용자를 고려하는 것이 목적이다. 정보 변경 시나리오에서는 필요한 레이어를 선택하거나 축척별 표출 정보 선택 작업을 수행한다. 이 시나리오는 지도 사용자의 활용 목적에 따라서 필요한 정보가 달라진다는 점을 고려하는 것이 목적이다. 매쉬업 지도 설정 시나리오에서는 사용자가 다른 정보를 융합하는 매쉬업 작업에서 배경 지도로 활용하는 지도의 스타일을 변경하는 작업을 수행한다. 이 시나리오는 외부 자료 융합을 통한 지도화 작업을 수행하는 사용자를 고려하는 것이 목적이다. 마지막 3차원 시각화 설정 시나리오에서는 WebGL을 활용한 3차원 정보 시각화 작업을 수행한다. 이 시나리오는 웹 환경에서 3차원 정보를 활용하고자 하는 사용자를 고려하는 것이 목적이다.

2. 시범 서비스 구현

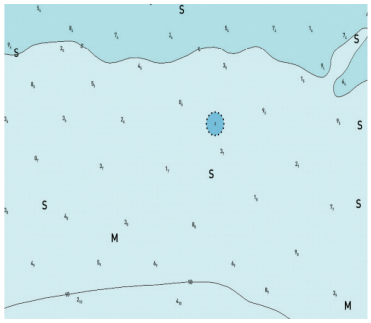
벡터 타일 지도 시범 서비스의 구현 결과는 그림 5와 같다. 전체 화면에서는 레이어별 스타일을 지정하여 표출한 수치 해도를 확인할 수 있다. 실행 화면에서는 S-57의 도식 기호를 적용하여 레이어 객체를 표현하고 있다.

시범 서비스의 핵심 기능은 사용자가 동적으로 지도 스타일을 변경하도록 지원하는 것이다. 벡터 지도 스타일은 Mapbox GL 스타일 규격을 따른다. Mapbox GL 스타일 규격은 JSON 객체로 스타일을 설정할 수 있다. Mapbox GL 스타일에서는 벡터 타일 위치를 지정하고, 벡터 타일에 저장된 레이어별로 다양한 스타일을 지정할 수 있다. 그림 6은 Mapbox GL 스타일을 적용한 JSON 객체 사례를 보여준다. 사례에서 보여주는 JSON 객체는 시범 서비스로 제공하는 벡터 타일 위치를 저장하고, 폴리곤 레이어에 명목 척도 속성에 따라서 각기 다른 스타일을 지정하고 있다. 만약, 사용자가 스타일을 변경하려면 JSON 객체의 정보를 변경하면 된다. 이 연구에서는 시나리오별로 각기 다른 JSON 객체를 제작하여, 시나리오에 맞게 벡터 타일 지도가 표출될 수 있도록 하였다.

각각 다른 JSON 객체를 적용하여 시나리오별로 벡터 타일 지도를 표출한 결과는 다음과 같다. 먼저, 스타일 변경 시나리오는 사용자 지도 스타일 변경 작업을 가정한다. 사용자 지정 스타일을 통한 지도 표출이 가능한 것이 핵심 기능인데, 이 연구에서는 흑백 스타일로 수치 해도를 표출하는 작업을 적용하였다(그림 7). 또한 육역과 해역 구분을 위해서 육지 부분은 그레이 색상을 적용하였다. 시나리오 적용 및 구현 결과를 보면,



(1) 전체화면



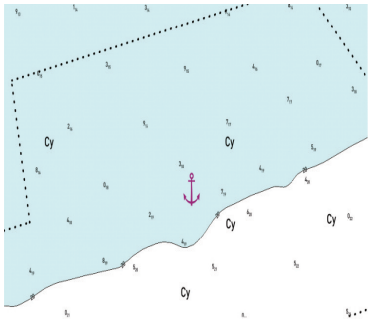
(2) 장애물, 저질



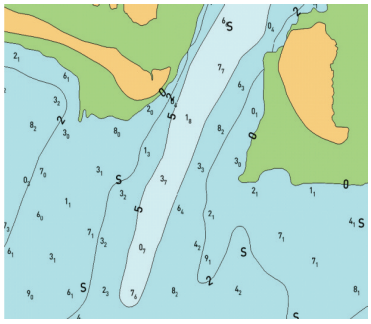
(3) 육지, 해안선,건물



(4) 입표



(5) 묘박지



(6) 수심, 등심선

그림 5. 시범 서비스 구현 결과

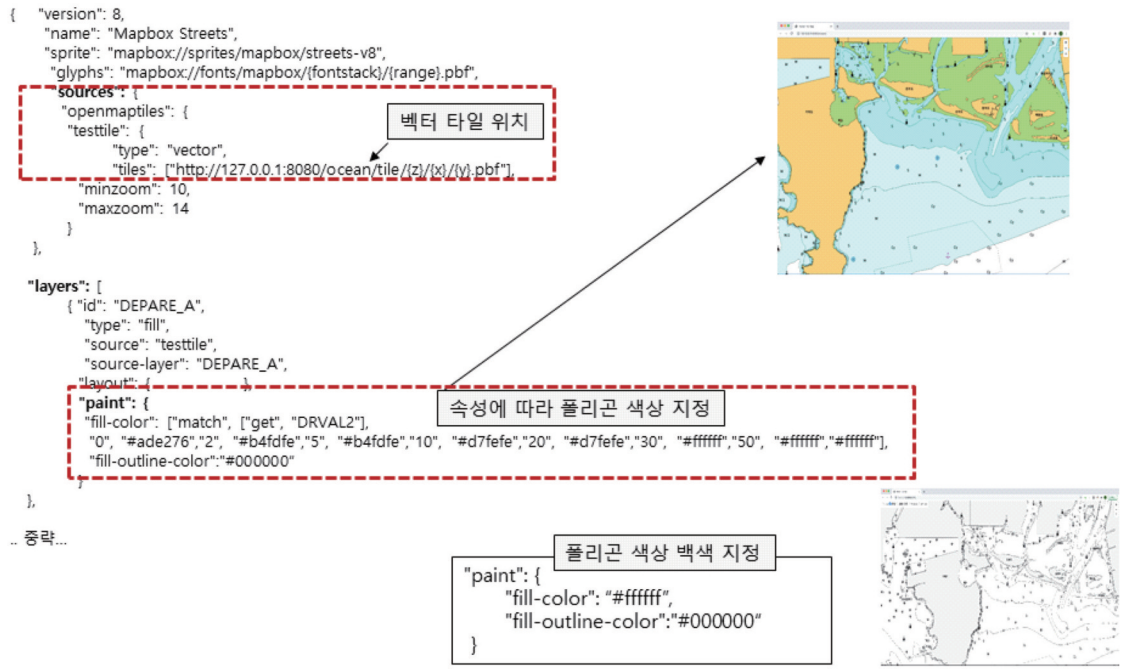


그림 6. Mapbox GL 스타일 사례

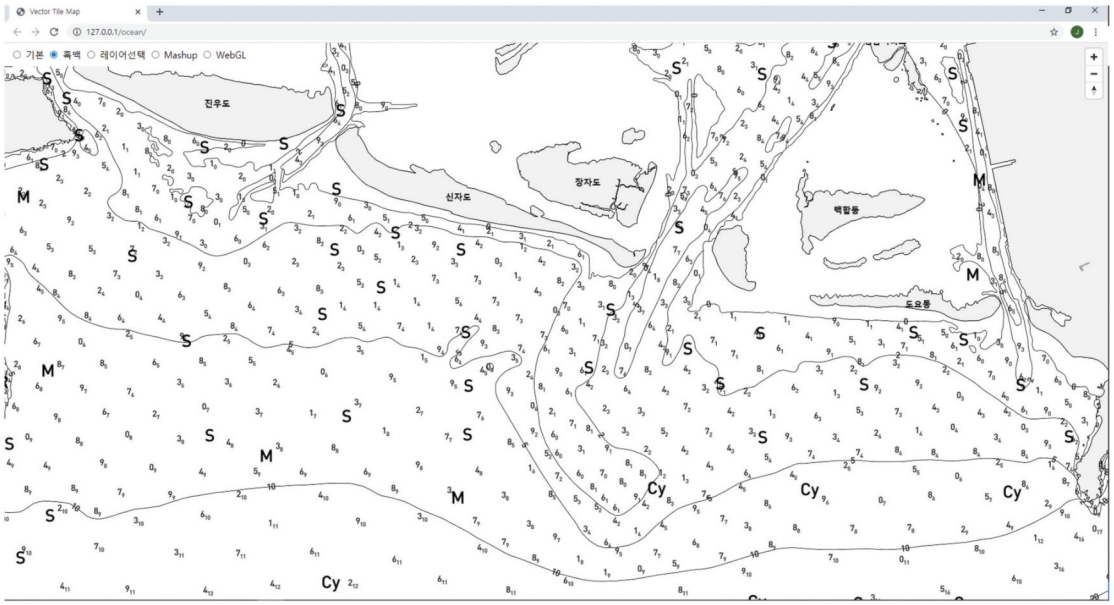


그림 7. 스타일 변경 시나리오 적용

벡터 타일 지도를 활용하면 다양한 스타일의 배경 지도로 활용하는 것이 가능함을 확인할 수 있다. 사용자가 원하는 스타일을 지정하고, 클라이언트에서 해당 스타일을 적용하면 사용자별로 각기 다른 스타일을 적용한 지도를 표출할 수 있다.

정보 변경 시나리오는 줌 레벨에 따라서 표출 정보가 달라지거나 사용 목적에 따라서 표출 레이어를 선택할 수 있는 기능을 적용하였다. 시범 서비스에서는 바다 낚시와 같은 해양 레저 스포츠를 즐기는 사용자를 위한 지도 서비스를 고려하였다. 시범 서비스에 사용한

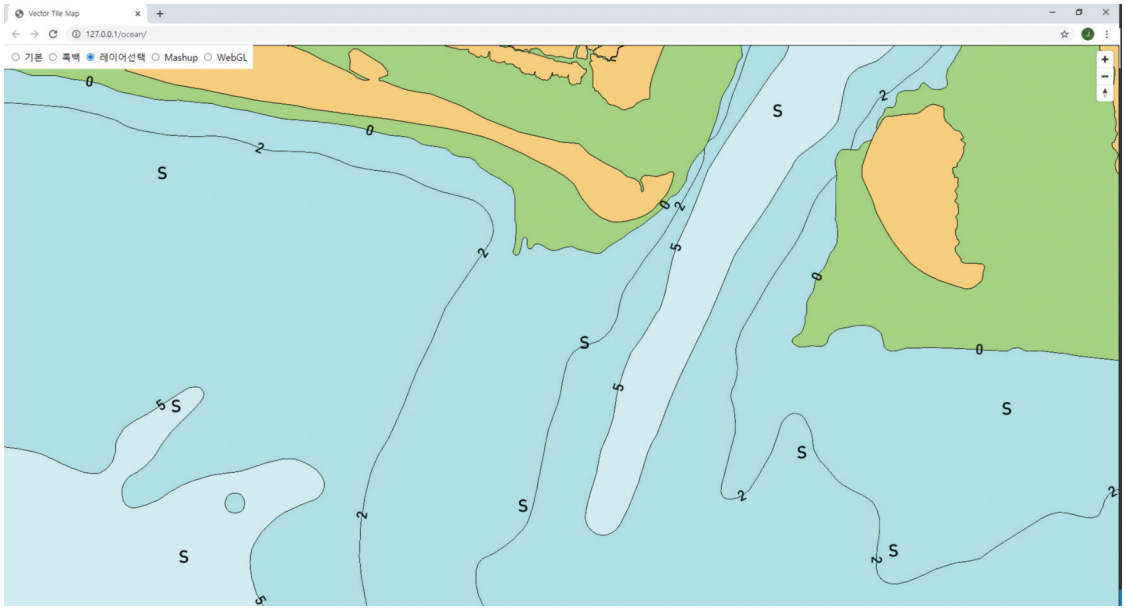


그림 8. 축척에 따른 정보 변경 시나리오 적용

수치 해도 레이어 중 활용도가 낮은 입표 레이어와 묘박지 레이어를 제외하였다. 또한 사용자가 해양 레저 스포츠를 즐기는 좁은 영역의 정보를 찾는다는 점을 고려하여, 수심 레이어를 확인할 수 있는 줌 레벨을 대축척 수준으로 향상 시켰다(그림 8). 시나리오 적용 구현 결과를 보면, 벡터 타일 지도를 활용하면 사용자가 필요로 하는 정보를 원하는 줌 레벨에서 제공할 수 있음을 확인할 수 있다. 서버에 동일한 수치 해도 정보가 저장되어 있더라도 사용자는 바다 낚시를 위한 지도 서비스, 어업 활동을 위한 지도 서비스 등에서 사용 목적에 맞게 레이어의 종류를 선택하거나 레이어 정보 표출 축척을 선택할 수 있다.

매쉬업 지도 설정 시나리오에서는 매쉬업 지도 서비스를 위해서 배경 지도로 사용할 레이어를 선택하거나 배경 지도의 스타일을 변경하는 기능을 적용하였다. 사용자는 매쉬업 서비스와 수치 해도 레이어 중 배경지도로 활용하기 위해 필수 레이어만 선택하거나 스타일을 변경할 수 있다. 시범 서비스에서는 해양누리정보시스템에서 제공하는 격자 기반의 수온 정보를 매쉬업 하기 위해서 레이어 스타일을 단순화하고 불필요한 레이어를 제거하는 스타일을 적용하였다(그림 9). 예를 들어, 수심에 따라서 다르게 표현되는 등심선 구역의 색상을 단일 색상으로 지정하고, 해안선, 육역, 등심선 레이어만 선택하여 표출하였다. 시나리오 적용 및 구현 결과를 보면, 벡터 타일 지도는 매쉬업 서비스에 어울릴 수 있는 서비스 지원이 가능함을 확인할 수 있다. 사용자는 매쉬업 하는 정보의 특성에 맞게 지도의 스타일을 변경할 수 있다.

3차원 시각화 설정 시나리오는 높이 값을 적용할 수 있는 폴리곤 레이어 객체를 블록 모델 기반의 3차원으로 시각화하는 기능을 적용하였다. 사용자는 건물과 같은 폴리곤 객체를 3차원 블록으로 표현할 수 있고 퍼스펙티브 뷰(perspective view)와 같은 시점 변경 기능으로 블록 객체를 다양한 측면에서 탐색할 수도 있다(그림 10). 시나리오 적용 및 구현 결과를 보면, 벡터 타일 지도는 벡터 정보를 활용한 3차원 시각화를 지원할 수 있음을 확인할 수 있다. 사용자는 3차원 시각화를 통해서 다양한 측면에서 정보를 탐색할 수 있다.

벡터 타일 지도는 동적 스타일 적용이 가능하고, 속성 정보를 활용한 스타일 적용 및 표출 객체 선택이 가능하며, 벡터 정보를 활용한 3차원 시각화 구현이 가능한 장점을 가진다. 이 연구에서는 웹 지도 활용 측면에서 네 가지 시나리오를 제시하고, 수치 해도를 활용하여 각각의 시나리오에 맞는 시범 서비스를 적용하였다.

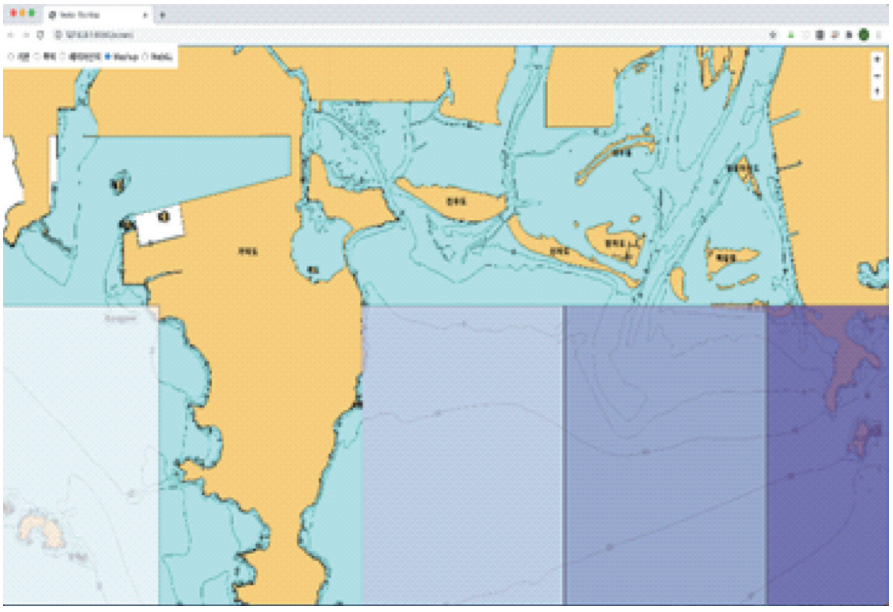


그림 9. 매쉬업 지도 설정 시나리오 적용

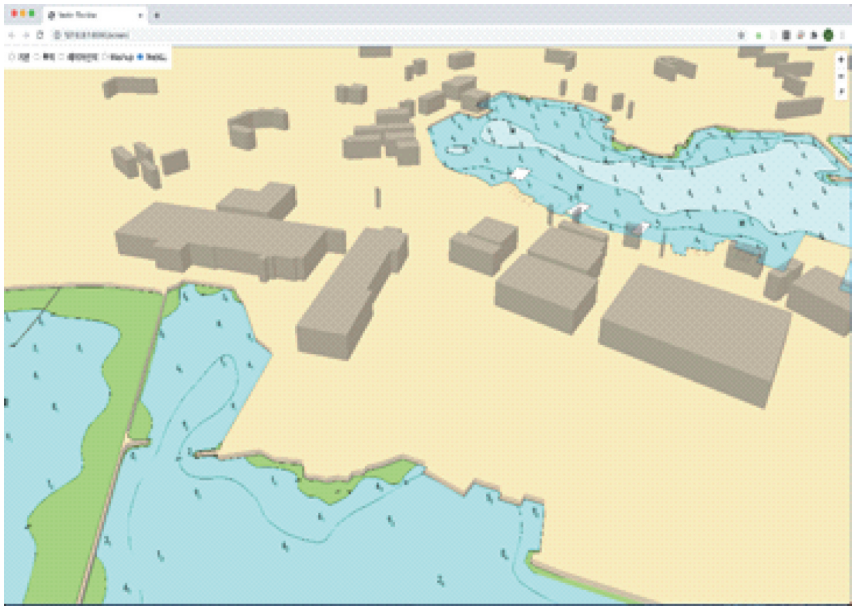


그림 10. 3차원 시각화 설정 시나리오 적용

이 연구에서 제시한 활용 시나리오는 사용자의 활용 목적에 맞는 웹 지도 서비스를 위해서 벡터 타일 지도를 활용하는 방식에 대한 유용성을 확인하는 것을 목적으로 한다. 따라서 각각의 시나리오에서는 사용자의 활용 목적에 맞게 벡터 타일 지도를 서비스 하는 방식의 장점을 확인하도록 한다.

이 연구에서 제시한 네 가지 시나리오에서는 사용자 목적에 맞게 동적으로 지도 스타일을 변경하는 기능을 활용하고 있다. 시범 서비스에서는 지도 사용자가 활용 목적에 맞게 레이어 속성을 기준으로 스타일을 변경할 수 있다. 또한 사용자 활용 용도에 따라서 표출 레이어를 선택하거나 표출 축척을 지정할 수 있다. 또한 웹 환경에서 3차원 시각화 기능의 구현도 가능하다. 이러한 기능은 벡터 타일 지도에서 지원 가능한 기능이다. 만약, 래스터 타일 지도를 이용한다면 지정된 스타일로 제작된 지도만을 이용할 수 있기 때문에 지도 사용자가 지도 정보를 선택하거나 스타일을 변경하는 등의 작업은 불가능 하다. 또한 이미지 형식의 자료를 활용하기 때문에 벡터 기반의 3차원 시각화 기술을 활용할 수도 없다. 활용 시나리오를 적용한 시범 서비스 구현 결과, 사용자 맞춤형 지도 서비스를 위해서는 벡터 타일 지도가 래스터 타일 지도보다 효과적임을 확인할 수 있다.

V. 결론

이 연구는 웹 지도 서비스 활용 시나리오를 근거로 수치 해도를 활용한 시범 서비스를 구현한 후, 사용자 맞춤형 지도 서비스에서의 벡터 타일 지도의 유용성을 제시하는 것이 목적이다. 이 연구에서 제시한 활용 시나리오는 스타일 변경, 정보 변경, 매쉬업 지도 설정, 3차원 시각화 설정으로 구분된다. 각각의 활용 시나리오는 웹 지도 활용 측면에서 가능한 시나리오를 모두 포괄한다고 할 수 있다.

벡터 타일 지도 평가를 위해서는 활용 시나리오를 지원하기 위한 웹 지도 서비스를 시범 구현하였다. 웹 지도 서비스는 수치 해도 레이어를 이용하여 활용 시나리오에 맞는 기능을 제공해 준다. 벡터 타일 지도는 동적 스타일 적용이 가능하고, 속성 정보를 활용한 스타일 적용 및 표출 객체 선택이 가능하며, 벡터 정보를 활용한 3차원 시각화 구현이 가능한 장점을 가지고 있다. 시범 시스템은 사용자 목적에 맞게 동적으로 지도 스타일을 변경하는 기능을 핵심 기능으로 가지는데, 이러한 기능은 벡터 타일 지도의 장점을 구현한 기능이다. 활용 시나리오를 적용해 본 결과, 사용자 맞춤형 스타일을 동적으로 적용할 수 있다는 측면에서 벡터 타일 지

도가 래스터 타일 지도 보다 사용자 맞춤형 지도 서비스에 효과적임을 확인하였다. 벡터 타일 지도를 활용하면, 서버에 한 세트의 수치 해도를 저장한 후, 낚시용 서비스, 어업용 서비스 등과 같은 다양한 사용자 맞춤형 서비스를 효율적으로 제공할 수 있을 것이다.

벡터 타일 지도는 사용자 맞춤형 웹 지도 서비스를 제공할 수 있다는 측면에서 장점을 가지지만, 벡터 타일 지도 제작 과정에서 고려해야할 점이 있다. 웹을 통한 타일 자료의 효과적인 전송을 위해서 타일의 크기를 제한하는 것이 일반적인 방법인데, 이 과정에서 지도 일반화 방법을 적용하여 객체 정보를 누락하거나 기학학적인 정보를 단순화 시킨다. 즉, 타일별 정보의 크기를 줄이는 과정에서 정보의 누락이 발생할 수 있다는 것이다. 만약 일반화를 적용하지 않은 타일을 제작하게 되면 타일 용량이 매우 커져서 웹을 통한 자료 전송에 문제가 될 수도 있다. 정보 누락의 문제는 일반도를 제작할 때는 크게 중요하지 않을 수 있으나, 타일별로 원자료 정보를 모두 담아야 하는 특정 주제도를 제작할 때는 문제가 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 사용자가 필요로 하는 정보의 종류와 타일의 크기를 적절하게 조정할 수 있는 타일 지도 제작 방법이 필요하다.

註

1) 벡터 타일 지도 프로그램에 대한 정보를 담고 있는 GitHub 사이트 주소는 https://github.com/mapbox/awesome-vector-tiles
2) 참고 사이트는 https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/api/
3) 참고 사이트는 https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/style-spec/
4) 참고 사이트는 https://github.com/mapbox/tippecanoe

文獻

강영옥·김현덕, 2014, “구글 API를 활용한 공공데이터의 지리적 시각화 연구,” 한국지도학회지 24(1): 1-15.

김형우·구본호·우승범·이호상·이양원, 2014, “웹서비스와 스마트폰앱을 이용한 연안해양모델 예측자료의 시각화시스템 구현,” *Spatial Information Research* 22(2): 63-71.

안재성·김화환, 2018, “다양한 해양 관측 정보 활용을 위한 지리적 시각화 서비스에 관한 연구: 사용자 중심 디자인 접근법 중심으로,” 국토지리학회지 52(4): 515-525.

오충원, 2011, “지구물리자료의 인터넷 지도 서비스 방안 연구,” 국토지리학회지 45(1): 199-210.

이희용, 2010, “차세대 전자해도 표준과 국제 동향,” *TTA Journal* 131: 89-96.

최진무, 2019, “유적 위치정보 기록을 위한 지오코딩 방안 연구,” 국토지리학회지 53(1): 21-30.

Antoniou, V., Morley, J., Haklay, M.M., 2009, Tiled Vectors: A Method for Vector Transmission over the Web, *Proceedings of the International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems*, Maynooth, Ireland, 7-8 December 2009; 56-57.

Bertolotto, M. and Egenhofer, M.J., 2001, Progressive Transmission of Vector Map Data over the World Wide Web, *GeoInformatica* 5(4): 345-373.

Fujimura, H., Sanchez, O.M., Ferreiro, D.G., Kayama, Y., Hayashi, H., Iwasaki, N., Mugambi, F., Obukhov, T., Motojima, Y., Sato, T., 2019, Design and Development of the un Vector Tile Toolkit, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLII-4/W14: 57-62.

Gaffuri, J,. 2012, Toward Web Mappping with Vector Data, *Proceedings of The Annual International Conference on Geographic Information Science*, Columbus, OH. USA. 18-21 September: 87-101

IHO, 2000, *IHO transfer standard for digital hydrographic data: Edition 3.1*.

Li, L., Hu, W,, Zhu, H, Li, Y., and Zhang, H., 2017, Tiled vector data model for the geographical features of symbolized maps, *Plos One* 12(5): 1-26

Netek, R., Masopust, J., Pavlicek, F. and Pechanec, V., 2020, Performance testing on vector vs. raster map tiles-

Comparative study on load metrics, *International Journal of Geo-Information* 9(101): 1-24.

OGC, 2019, *OGC Vector Tiles Pilot phase 2 CFP*.

Sample, J. T. and Elias, L., 2010, *Tile-based geospatial information systems*, Springer US.

Wan, L., Huang, Z., and Peng, X., 2016, An Eective NoSQL-Based Vector Map Tile Management Approach. *International Journal of Geo-Information* 5(11): 1-25.

Yang, B., Purves, R., and Weibel, R., 2007, Efficient transmission of vector data over the Internet, *International Journal of Geographical Information Science* 21(2): 215-237.

Zouhar, F., Senner, I., 2020, Web-Based Visualization of Big Geospatial Vector Data, *Proceedings of the The Annual International Conference on Geographic Information Science*, Limassol, Cyprus, 17-20 June 2019.

접 수 2020년 11월 30일
최종수정 2020년 12월 13일
게재확정 2020년 12월 19일