

## Design and Implementation of Mobile 3D Visualization Service System on the Integrated Underground Geospatial Information Map

Sook-Kyoung Cho\*, Yong-Tae Kim\*, Ja-Young Choi\*\*

\*General, System Development Div., DBNtech Co., Ltd., Incheon, Korea

\*General, System Development Div., DBNtech Co., Ltd., Incheon, Korea

\*\*CEO, DBNtech Co., Ltd., Incheon, Korea

### [Abstract]

In this paper, we design and implement a service system for mobile devices to utilize the integrated underground geospatial information map in underground exploration fields. The field utilization service system for mobile devices is designed to visualize tiled maps, 3D terrain information, underground structures, underground facilities, and ground information provided by the Integrated Underground Geospatial Information Map Management System according to current position. And It is designed to reflect the results obtained from field exploration in real time. Also, the proposed system is implemented to transfer and visualize the integrated underground geospatial information map in the form of a glTF format due to constraints on wireless networks and device characteristics of mobile devices. Implemented mobile service systems can prevent accidents in underground exploration field from occurring by providing users with accurate and integrated underground geospatial data by visualizing maps and geospatial objects in three dimensions at underground exploration fields. In addition, updated underground geospatial data is transmitted in real time to the Integrated Underground Geospatial Information Map Management Systems, which can maintain up to date and accuracy.

▶ **Key words:** underground geospatial, integrated information map, mobile service system, tile map, 3D visualization

### [요 약]

본 논문에서는 지하공간 통합지도를 탐사 현장에서 활용하기 위한 모바일 단말기용 서비스 시스템을 설계 구현한다. 모바일 단말기용 현장활용 서비스 시스템은 지하공간 통합지도 관리 시스템에서 제공하는 타일맵, 3차원 지형정보, 지하구조물, 지하시설물, 지반정보 등을 현재 위치에 따라 3차원으로 가시화하도록 설계되었고, 현장 탐사로 얻어진 결과를 실시간으로 반영하도록 설계되었다. 또한, 제안된 시스템은 모바일 단말기의 무선 네트워크 및 기기 특성에 따른 제약 문제로 지하공간 통합지도를 glTF 포맷 형태로 전송 후 가시화 하도록 구현하였다. 구현된 모바일 서비스 시스템은 지하공간 탐사 현장에서 3차원으로 지도 및 공간 객체들을 가시화하여 사용자에게 정확하고 통합된 지하공간 데이터를 제공함으로써 탐사 현장에서의 사고 발생을 방지할 수 있다. 그리고, 갱신된 지하공간 데이터를 실시간으로 지하공간 통합지도 관리 시스템에 전송하여 최신성과 정확성을 유지할 수 있다.

▶ **주제어:** 지하공간, 통합지도, 모바일 서비스 시스템, 타일맵, 3차원 가시화

- 
- First Author: Sook-Kyoung Cho, Corresponding Author: Sook-Kyoung Cho
  - \*Sook-Kyoung Cho (skyoung@dbnt.co.kr), System Development Div., DBNtech Co., Ltd.
  - \*Yong-Tae Kim (ytkim@dbnt.co.kr), System Development Div., DBNtech Co., Ltd.
  - \*\*Ja-Young Choi (jychoi@dbnt.co.kr), DBNtech Co., Ltd.
  - Received: 2020. 12. 04, Revised: 2020. 12. 24, Accepted: 2020. 12. 24.

## I. Introduction

도시 고도화에 따라 지하공간 개발이 활성화되고 있다. 지하공간에 대한 개발이 활발해지며 대형화되어가는 추세에 따라 지하공간 관련 사고가 빈번해지고 있으며 갈수록 대형화 되어가는 특징을 지닌다[1,2,3]. 지하 시설물은 도시 운영에 필요한 기반 시설로 KT 아현지사 공동구 화재나 고양시 열수송관 파열 문제처럼 사고 발생 시 광범위한 영역에 걸쳐 대규모 피해를 유발한다. 또한, 도심 내에서 빈번히 발생하는 굴착, 매설 또는 지하 시설물의 유지 보수 작업은 지하공간 사고를 유발시키는 요인으로 작용한다.

이에 따라 지하공간을 통합한 지도의 신속한 구축 및 관리의 필요성이 증대되어 연구 개발이 진행되고 있는 상태이다[1,2]. 지하공간 통합지도는 지하공간 개발, 지하안전 관리 등의 분야에서 직접적으로 활용되지만 최신성 및 정확성의 보장이 미비한 실정이다. 이러한 문제점은 지하공간 지도에 관한 구축 및 관리 주체가 기관별로 이루어지고 있고, 지하 구조물의 경우 대부분이 준공도면이 아닌 설계도면으로 관리되고 있어 현실을 반영한 지하공간 정보 제공이 어려운 형편이기 때문이다[1,2,3]. 또한, 굴착, 매설, 지하 시설물의 유지 보수 작업을 위해서는 2차원뿐만 아니라 3차원 기반의 지하공간 통합지도의 신속한 구축이 요구되고 있는 실정이다[1,3].

지하공간 통합지도 관리 시스템의 굴착, 매설 등의 현장 지원 시스템은 모바일용 서비스 시스템이 미개발 상태여서 현재 종이 용지에 필요한 지하공간 객체를 출력해 외부 현장을 탐사하는 흐름을 따르고 있다. 지하공간 통합지도 관리 시스템은 기존의 3차원 지도 제공 서비스와는 다르게 우리나라 기반 시설에 대한 지하공간 데이터를 다루기 때문에 보안 유지가 필수적이다[1]. 그래서 지하공간 통합지도 관리 시스템에 적합한 모바일 단말기를 위한 지하공간 통합지도 서비스 개발 또한 필수적이며 시급한 상황이다.

본 논문에서는 내부 망에서만 관리되는 지하공간 통합지도 관리 시스템의 지하지도를 무선 인터넷을 통해 현장 사용자에게 실시간으로 제공하고, 모바일 단말기를 통해 제공된 지하공간 통합지도를 관리하기 위한 현장활용 서비스 시스템을 설계 및 구현한다. 모바일 단말기를 통한 현장활용 서비스 시스템에서는 경제적, 기술적 이유로 데이터 용량을 작게 유지해야 하므로 경량화 및 LoD(Level of Detail)를 적용하여 모바일용 지하공간 통합지도를 독립적으로 구축한다[4,5]. 구축된 모바일용 지하공간 통합지도는 모바일 단말기에 설치된 현장활용 서비스 시스템에서 전송받아 3차원 가시화를 수행한다. 모바일 단말기

에서 가시화된 지하공간 통합지도는 허가기간이 종료되면 모두 삭제하여 보안을 유지하며, 사용 기관 및 사용 내역 관리로 지하공간 통합지도의 유출을 방지한다.

## II. Preliminaries

### 1. Related works

모바일 단말기에서 공간 데이터의 3차원 가시화는 내비게이션에서 사용하는 3차원 지형정보처럼 지상 건물에 한정적이고[6], 지하공간에 대한 연구는 거의 전무한 형편이다. 그러므로 이 장에서는 지상 공간 정보를 3차원으로 가시화하는 방법에 대한 동향을 살펴본다.

우리나라에서 3D GIS에 대한 연구개발은 국가공간정보정책에 따라 2011년 시범구축을 거쳐 2013년부터 고도화 사업을 통해 수행되었으며, 최근 고정밀 3D 공간 정보의 중요성을 인식하고 정부, 주요 통신사, 포털사, 자동차 업체들을 주축으로 고정밀 공간정보 구축 및 갱신 기술의 확보에 나서고 있는 실정이다[1,6].

이러한 실정에 따라, 네이버에서는 3D 지도, VR/AR, 3D 콘텐츠 생산 등에 필요한 3D 매핑 기술을 확보한 상태이며, 자체 개발한 실내 지도 제작용 M1 로봇을 활용해 실내외를 망라한 3D 기술을 2017년 서울 모터쇼에서 선보였다. 국가공간정보 오픈 플랫폼인 브이월드에서는 공공 및 민간 서비스 개발이 가능하도록 3D 공간 정보 플랫폼을 구축하여, 현재 다양한 분야에서 지도 활용을 할 수 있도록 공간정보를 제공하고 있다. 브이월드에서는 제공하는 공간 정보는 영상지도, 3차원 건물 및 지형, 행정경계 및 교통시설, 지적도관련정보, 시설명칭에 대한 3차원 정보이며, 이를 통해 구글보다 최대 5배 해상도를 가지는 고정밀 3D 공간 정보 서비스를 제공한다. 서울시는 3차원 공간 정보 시스템을 기반으로 실내지도를 연동해 서비스를 제공하고 있다[6].

국외에서는 자동차, IT 분야에서 선도하고 있는 글로벌 기업들이 협업 체계를 구축하여 고정밀 3D 공간정보에 대한 수요 증대에 대비해 전 세계적으로 치열한 경쟁에 돌입하고 있으며, 공간 정보 구축 및 서비스 기술 개발을 추진 중이다[6]. Google Maps에서는 구글의 3D GIS를 이용한 지도 및 각종 공간정보 서비스를 제공 중이다. 일반인 및 매쉬업 서비스 제작사에게 지구본 형태의 3D GIS를 이용한 공간정보 제공하고 다양한 공간 관련 정보 매쉬업, KML등을 이용한 콘텐츠 확장, 공간 이동 시각화 등의 기능을 제공한다[1, 7]. 또한, 구글은 무인차를 활용

하기 위해 GPS/GNSS와 센서를 융합한 고정밀 측위 기술을 개발 중이다[6]. 이스라엘의 Skyline에서는 3D GIS 분석 프로그램으로 TerraExplorer를 개발하였다. TerraExplorer는 3차원 지형 기반으로 시설물 및 다양한 GIS 데이터를 중첩하여 가시화 및 분석을 지원하는 시스템이다. Image, Feature, 3D model 등의 데이터를 지원하며, 가시화를 비롯하여 객체별 시뮬레이션 지원 및 3차원 GIS 기반의 공간 분석 기능도 제공한다[1]. Bing Map에서는 2차원 배경 지도, 2차원 위성 영상, 3차원 건물, 스트리트 뷰, 교통 정보 등을 지원한다[6]. Here Maps에서는 2차원 배경 지도, 2차원 위성 영상, 지형 정보, 3차원 건물, 스트리트 뷰, 교통 정보 등을 지원하는데 오프라인 맵 성능이 우수하며, WebGL 기반의 3차원 지도 서비스가 가능하다. 또한, 개방형 위치 플랫폼을 기반으로 원시 센서 및 관측 데이터를 활용한 실시간 업데이트, 고화질 맵핑 지도 서비스를 제공한다[6]. 미국 UCLA에서는 버추얼 엘에이 프로젝트를 통해 건설, 도시계획 등의 분야에서 활용할 수 있는 3차원 가상 도시 모델을 구축하는 실시간 시뮬레이션 구현을 진행 중이다[6]. 버텍스 모델링 사에서는 영국 런던, 맨체스터 등을 대상으로 고정밀 Fully Interactive 3D 도시 모델을 구축하여 도시 계획, 가시화, 분석 등 다양한 분야에 활용할 수 있도록 제공 중이다[6].

## 2. Considerations

지하공간 통합지도 관리 시스템에서 관리하는 객체는 기존 3차원 지상 공간 정보가 아닌 지하시설물, 지하구조물, 지반정보이다[1,2,8]. 기존 3차원 지상 공간 정보는 대부분 공개 정보이므로 유무선 망을 통해 누구나 PC, 스마트폰 등을 통해 지도 및 공간 정보를 실시간으로 전송받아 사용가능하다[6]. 그러나 지하공간 통합지도는 상수도, 하수도, 통신, 전기, 난방 등의 국가 기간 시설물 등을 관리하므로 일반인의 접근을 방지해야 하는 객체이다[1].

지하공간 통합지도 관리 시스템은 지하시설물, 지하구조물, 지반정보를 다루고 있다[2,9]. 지하시설물은 상수도, 하수도, 전기, 통신, 가스, 난방의 6가지 지하공간 객체로 구성되어 있으며, 지하구조물은 지하철, 지하차도, 지하보도, 지하상가, 지하주차장의 5가지 지하공간 객체로 구성되어 있다. 지반정보에서는 시추공, 관정, 지질의 3가지 지하공간 객체를 관리한다. 지하공간 객체들은 측량/굴착/매설 작업이 야외에서 발생하기 때문에 모바일 단말기를 통한 작업이 필수적으로 요구되며, 가시화를 위해 각각을 레이어로 관리한다. 모바일 단말기에서는 이러

한 레이어들을 파일 형태로 전송받아 파싱 후 가시화한다. 지하공간 객체를 전송받아 모바일 단말기에서 가시화하는 방법은 지상 건물을 가시화하기 위해 적용하는 방법과 동일하나 사용이 종료된 후에 단말기에서 공간 객체를 삭제해야 하는 점에서 차이가 발생한다. 기존의 지상 건물은 모바일 단말기에서 가시화 후 재사용을 위해 공간 객체들을 보관하는 방법을 사용한다. 하지만, 지하공간 통합지도 관리 시스템의 모바일용 서비스 시스템에서는 사용 기간이 종료된 지하공간 객체 레이어들을 보안 문제로 일괄 삭제한다. 사용 기간이 종료된 지하공간 객체 레이어를 삭제하는 것을 데이터 휘발성이라 하는데, 이러한 특성으로 인해 지하공간 통합지도 관리 시스템의 모바일 단말기에서는 지하공간 객체 레이어들이 필요할 때마다 파일들을 전송받아야 한다.

## III. Design and Implementation of Field Utilization Service System for Mobile Devices

본 장에서는 지하공간 통합지도 관리 시스템에서 현장 지원을 하기 위해 필수적으로 요구되는 모바일 단말기용 지하공간 객체 가시화 관련 기능을 설계하고 구현한다.

### 1. System architecture

무선 인터넷을 통해 현장 사용자에게 대용량의 지하공간 통합지도를 실시간으로 제공하기 위한 시스템 구조도는 Fig.1과 같다.

Integrated Underground Geospatial Information Map Management System(지하공간 통합지도 관리 시스템)[1]에서 구축 및 관리하는 지하지도를 모바일 단말기에 제공하기 위해서는 모바일용 지하지도로 재구축해야 하며 현장에서 탐사한 데이터의 갱신을 처리할 수 있어야 한다. 그러므로 제안한 모바일 단말기를 위한 현장 활용 서비스 시스템은 크게 Integrated Underground Geospatial Information Map Service System(모바일 지하공간 통합지도 서비스 시스템, mobile server)과 Field Supporting Service System(현장활용 서비스 시스템, mobile device)으로 구분된다. 현장활용 서비스 시스템은 현장 사용자가 탐사/굴착/매설 등을 위해 사용하는 모바일 기기에서 운영되며, 지하공간 통합지도 가시화 및 현장 데이터를 수집하는데 사용되는 시스템이다.

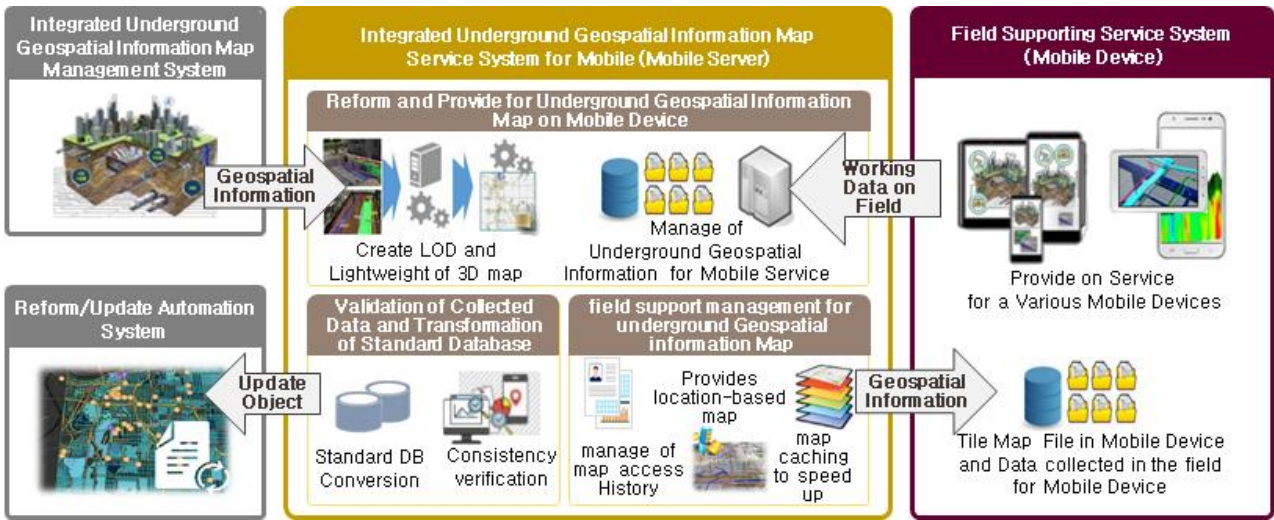


Fig. 1. System Architecture

지하공간 통합지도 관리 시스템에서 구축된 지하공간 지도는 모바일 단말기에 설치된 현장활용 서비스 시스템 (mobile device)에서 사용되기 위해서는 경제적/기술적 이유로 용량을 작게 유지해야 한다. 그러므로 지하공간 통합지도 관리 시스템의 지하공간 지도는 모바일용 지하공간 통합지도 시스템(mobile server)에서 데이터 경량화 및 LoD(Level of Detail) 구축 과정[4,5,10,11]을 거쳐 모바일 단말기를 위한 지하공간 지도로 생성 후 관리한다.

모바일 단말기에서 현재 위치에 따른 지하공간 정보를 요청하면 모바일용 서버에서 현장 사용자가 허가된 사용자 인지 확인 후 해당 사용자에게 허가된 통합지도를 전송한다. 모바일 단말기에서는 전송받은 지하공간 통합지도를 파일로 관리하며 허가 기간이 종료되면 모두 삭제하여 휘발성 요건을 충족시킨다. 모바일 단말기에서 수집된 현장 데이터는 무선망을 통해 모바일용 서버로 전송되어 데이터 정확성 검증을 거쳐 표준 DB로 변환하여 Reform/Update Automation System(가공/갱신 자동화 시스템)으로 보내진다. 가공/갱신 자동화 시스템에서는 변경 객체를 반영한 이미지 지도를 생성하여 지하공간 통합지도 관리 시스템에 있는 해당 지하공간 지도를 갱신한다.

## 2. The service system of integrated underground geospatial information map (Mobile Server)

모바일용 서버에서는 지도를 레이어 단위로 관리하며, 각각의 레이어 내의 지도들은 다시 타일로 분할하여 관리한다[4, 5]. 이를 레이어별 타일맵이라 한다. 레이어별 타일맵은 이미지 형태의 지형 정보 파일과 gITF 포맷[12] 파일로 구성되어 있다. 지형 정보는 지도 이미지이며 지

하공간 객체를 표현하는 레이어 파일들은 gITF 포맷 파일들로 사용된다. 타일맵은 확대레벨과 위치정보로 구성된 폴더에 각각 저장되는데, 폴더에는 2차원 지도 이미지인 지형 정보, 지형 정보의 3차원 가시화를 위한 DEM 파일[8], 해당 위치에 속해 있는 지하구조물, 지하시설물, 지반정보 레이어들이 같이 저장된다.

모바일 단말기에서 현재 위치에 따른 타일맵을 요청하면 모바일용 서버에서는 모바일 단말기로 전송을 시작한다. 모바일용 서버의 타일맵 전송을 위한 클래스 다이어그램은 Fig.2와 같으며, 주요 클래스의 기능은 다음과 같다.

- RequestProc : 모바일 단말기의 접속 요청 전문을 받아 이를 파싱하고 각각의 요청 기능에 따라 함수를 호출하여 처리하며 또한 처리 응답 데이터 결과 및 처리 코드 값을 모바일 단말기로 전달하는 역할을 한다.
- SessionManager : 모바일 단말기로 로그인시 해당 사용자의 로그인 정보를 생성/관리하며, 로그아웃시 해당 정보를 삭제하는 역할을 한다.
- MapCacheManager : 모바일 단말기가 요청한 타일맵 데이터를 관리한다. 모바일 단말기가 요청한 타일맵 데이터가 캐시에 존재할 경우 해당 타일맵 데이터를 제공해 주며, 캐시에 존재하지 않을 경우 모바일용 지하공간 통합지도 서비스 시스템(mobile server)으로부터 타일맵을 받아 모바일 단말기에게 제공한다.
- TilePicker : 모바일용 지하공간 통합지도 서비스 시스템(mobile server)에서 타일맵을 하나씩 받아오는 역할을 한다. 해당 타일맵의 고유 값을 입력받으면 HTTP GET 방식으로 타일맵의 정보 및 타일맵 데이터를 받아 반환한다. 받아오는 정보는 객체, 토큰, 문자열 배열이 가능하다.
- BoreHoleData : 모바일 단말기가 지반정보를 요청하

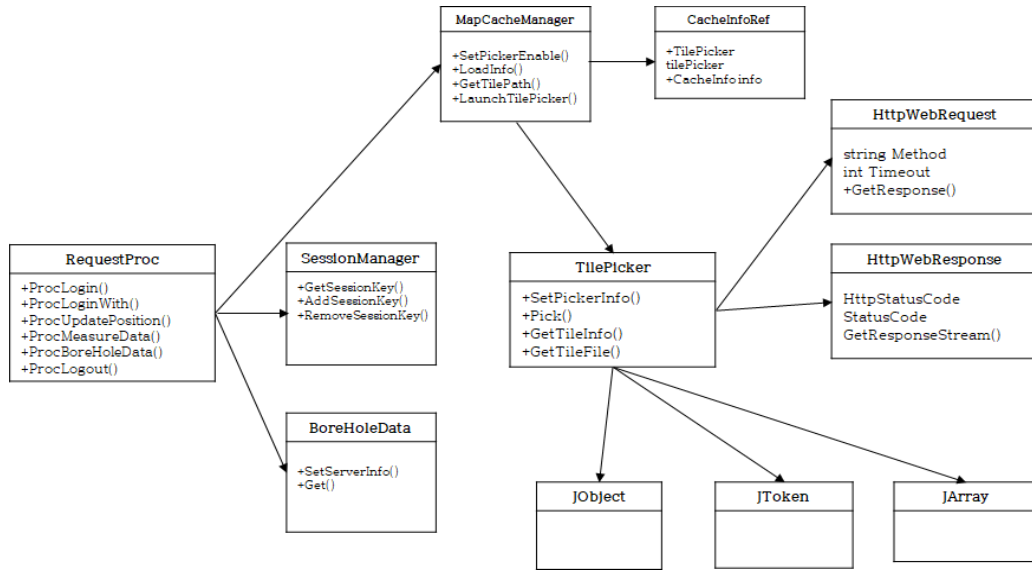


Fig. 2. Class Diagram of Mobile Server for Tile Map Transfer

면 입력받은 위치 정보 범위 값을 사용하여 모바일용 지하 공간 통합지도 서비스 시스템(mobile server)에서 해당 지반정보를 json형태로 반환받아 사용자에게 제공한다.

모바일 단말기의 타일맵 요청 처리 기능 흐름도는 다음 Fig. 3과 같다. 모바일 단말기로부터 데이터 전송 요청을 받으면 RequestProc에서 세션 키를 검색 후 Session Manager는 로그인 여부를 확인한다. 이 과정에

서는 허가받은 사용자인지를 확인하고, 요청하는 타일맵에 대한 권한 허가 사항도 검토한다. 현장 탐사 사용자는 지하공간 통합지도 관리 시스템으로부터 일정 범위의 지하공간 통합지도를 사용하도록 허가받아야 한다. 탐사 위치로부터 일정 반경만큼의 지하지도만 사용할 수 있도록 함으로써 보안을 유지한다. 권한 사항을 검토하여 적법한 사용자가 요청한 위치기반 타일맵을 RequestProc에서

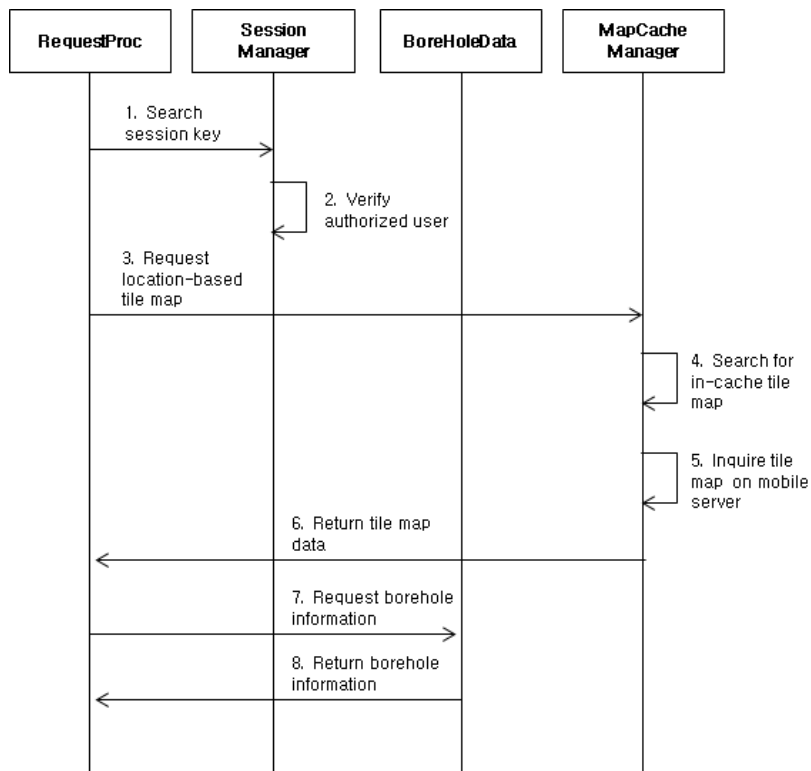


Fig. 3. Sequence diagram of Mobile Device Request Processing

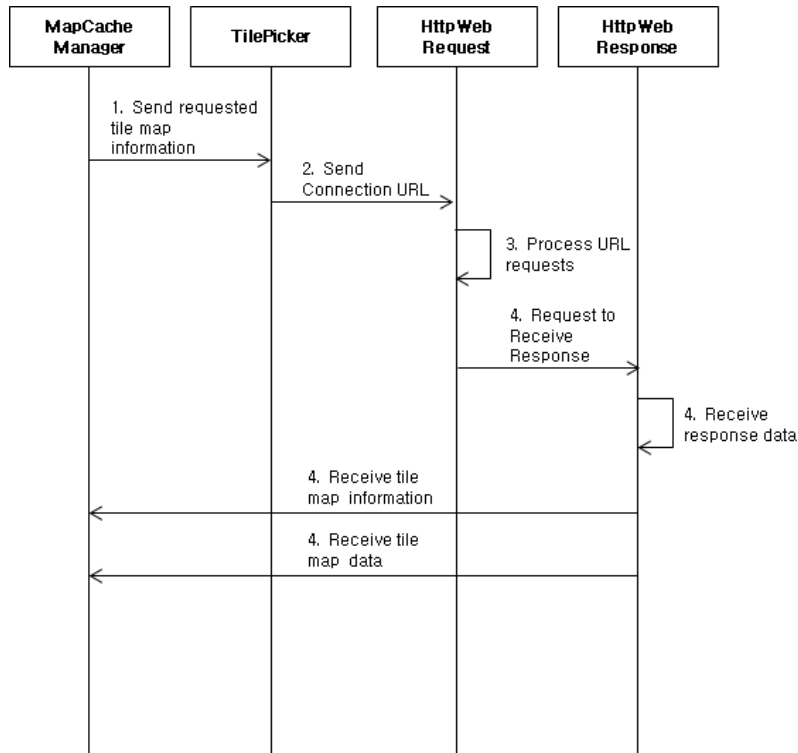


Fig. 4. Sequence Diagram of Interconnection with mobile devices

받아 MapCacheManager에게 요청하면 캐시나 모바일용 서버에게 받아 모바일 단말기에 전송한다. 또한 시추공 정보를 요구하는 경우 BoreHoleData가 시추공 정보를 반환한다.

모바일 단말기와의 연동 기능 흐름도는 Fig. 4와 같다. MapCacheManager는 요청받은 타일맵, 확대레벨, 레이어(지하시설물, 지하구조물, 지반정보) 등의 정보를 TilePicker에게 보낸다. TilePicker는 접속 URL을 통해 전송되는 타일맵들에 대한 위치 범위, 확대레벨, 레이어 등의 정보와 해당되는 타일맵 데이터를 MapCacheManager로 반환한다.

### 3. Field Utilization Service System for Mobile Devices

#### 3.1 Receive a tile map of the current location

모바일 단말기는 현장에서 지하시설물, 지하구조물, 지반정보를 수집하는 역할을 하기 때문에 3차원 지도 가시화가 필요하다. 지도 가시화를 위해서는 현재 위치 정보로부터 반경 내의 타일맵을 요청하여 모바일 단말기 내 특정 저장 위치에 수신 받아 저장하여야 한다.

위치 정보에 따른 타일 맵 수신 클래스 다이어그램은 Fig. 5와 같으며 클래스의 기능은 다음과 같다.

- MainActivity : 모바일 단말기의 현재 위치에 따라 타일맵의 존재 유무를 확인한다. 모바일 단말기 내 타일

맵이 존재하면 가시화 준비를 하고 타일맵이 존재하지 않으면 모바일용 서버에 필요한 데이터를 요청한다. 현재 위치는 Vector2 클래스에 좌표 x, y로 유지한다.

- MobileApplication : 타일맵 정보를 유지하고 있으며 요구 시 모바일 단말기에 정보를 제공한다. 허가 권한 기간이 종료되면 타일맵 정보를 삭제한다.

- Gps\_Update\_HttpPost : GPS를 통해 모바일 단말기의 위치를 보관하며, 모바일용 서버에 접속하여 타일맵을 수신하는 역할을 한다.

- TilePath, LayerPath : 현장 작업에 필요한 타일맵 데이터를 유지하는 특정 저장 공간을 관리하는 역할을 한다. 확대레벨과 위치정보 별로 폴더를 만들어 타일 좌표에 해당하는 레이어 및 이미지 형태의 지형정보를 타일맵 형태로 보관한다.

모바일 단말기에서 현재 위치에 따른 타일맵 수신에 대한 흐름도는 Fig. 6과 같다. MainActivity에서 위치 정보를 요청하면 Gps\_Update\_HttpPost에서 위치 정보를 x, y 좌표 형태로 반환한다. MobileApplication에서는 좌표에 따른 타일맵을 요청한다. 타일맵 데이터가 없으면 모바일용 서버에 좌표에 따른 반경 내 타일맵을 요청하여 받아온다. 받아온 타일맵은 TilePath에서 위치정보인 좌표 x, y에 따라 만들어진 폴더별로 저장 관리하며, 좌표 x, y에 포함된 지하공간 객체 레이어도 같이 저장 관리한다.

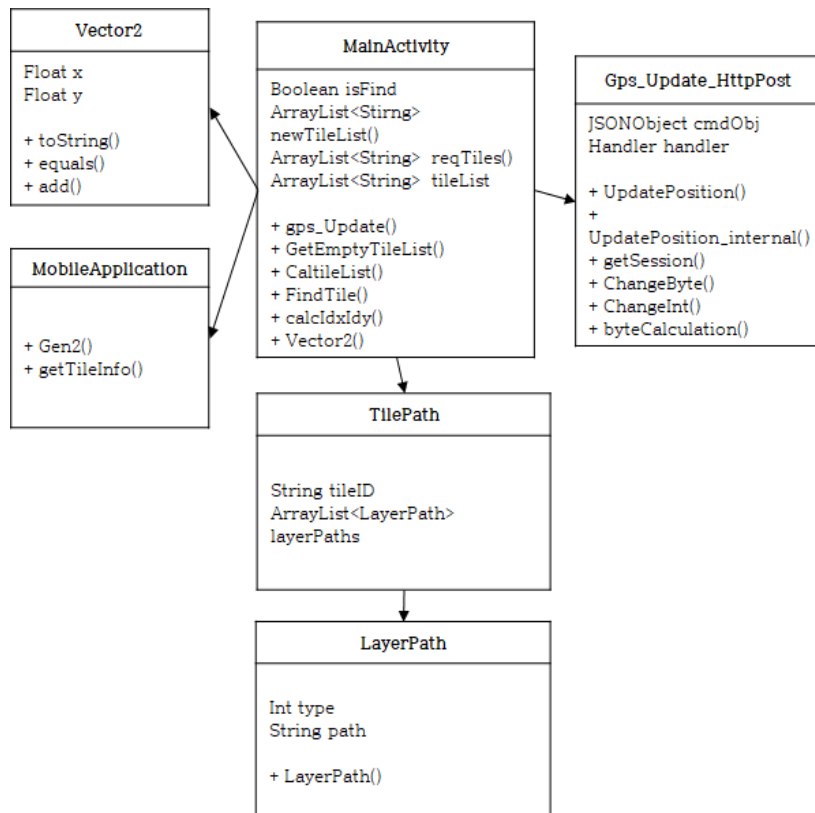


Fig. 5. Class Diagram for Receiving Tile Maps according to Location

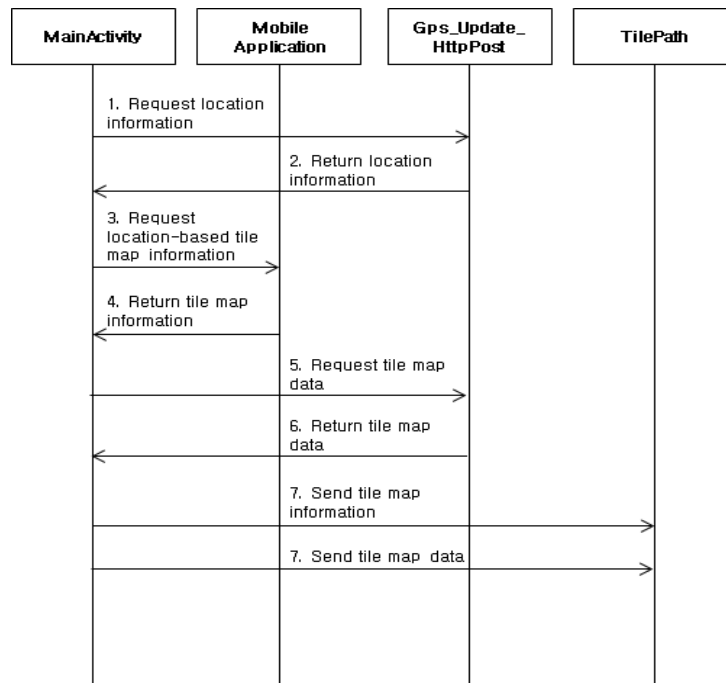


Fig. 6. Sequence Diagram for Receiving Tile Maps according to Location

### 3.2 3D Visualization of Integrated Underground Geospatial Information Map

모바일 단말기에서 운영되는 3차원 가시화 클래스는 Fig. 7과 같으며, 클래스의 기능 설명은 다음과 같다.

- MainActivity : 지하공간 통합지도를 모바일 단말기에 가시화하기 위한 기능을 관리한다. 화면 프레임 및 객체 선택 정보를 유지하여 가시화시 3차원으로 각 레이어 및 지형 정보를 제어하는 기능을 지원한다.

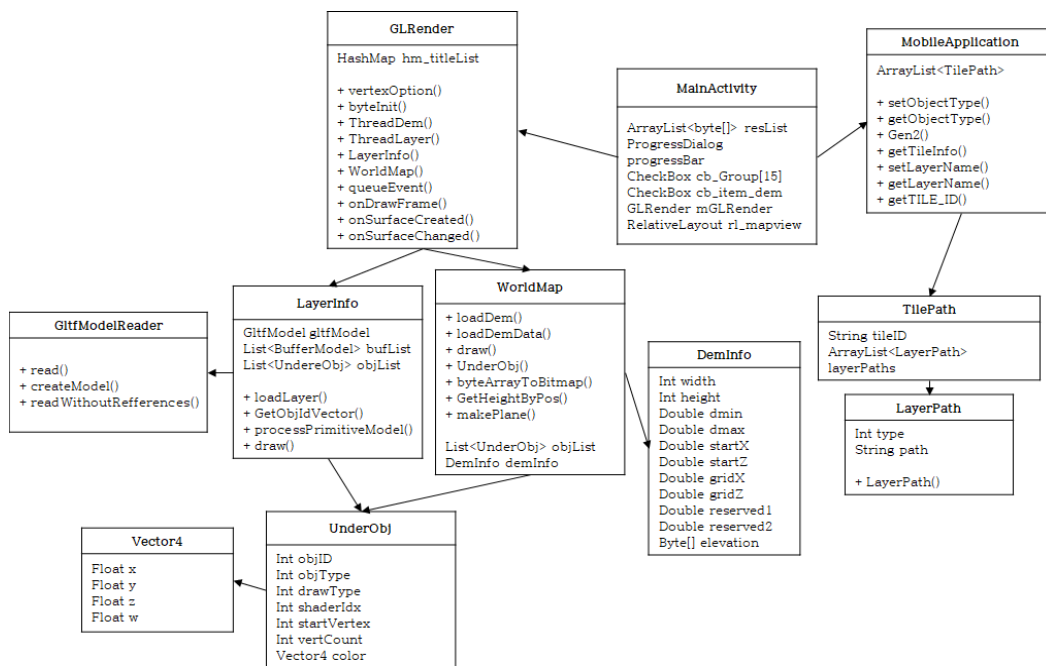


Fig. 7. Class Diagram of 3D Visualization of Tile Maps

- MobileApplication : 가시화시 필요한 타일맵을 가져오는 기능을 담당한다.

- GLRender : 모바일 단말기에 타일맵을 가시화한다. 가시화 대상은 3차원 지형 정보 및 지하시설물, 지하구조물, 지반정보의 15개 레이어이다. 축소/확대/이동/회전 이벤트 발생에 대한 처리를 지원한다.

- WorldMap : 3차원 지형정보 가시화를 담당한다. 3차원 지형 정보는 2차원 이미지 지도에 3차원 고도를 가진 DEM 정보로 표현한다. DEMInfo 클래스에 DEM 정보를 유지하며, 각 지형 정보를 관리하기 위해 아이디, 타입, 위치 좌표 등을 UnderObj 클래스에 저장한다.

- LayerInfo : 지하시설물, 지하구조물, 지반정보를 14개 레이어로 생성하였으므로 각각을 가시화하는 기능을 지원한다.

- GltfModelReader : 문자열로 구성된 glTF 포맷을 파싱하여 3차원 객체로 생성하는 기능을 지원한다.

가시화는 현재 위치를 중앙 기준으로 하여 설정된 반경을 화면에 표시한다. 이미지 지도와 고도 정보를 가진 DEM 파일이 배경 지도이며, 그 위에 14개의 지하공간 지도 레이어가 중첩되어 가시화 된다.

지하공간 통합지도의 3차원 가시화를 위한 흐름도는 Fig. 8과 같다. MainActivity에서 가시화를 위한 타일맵을 요청하면 MobileApplication에서 TilePath를 통해 폴더 내의 타일맵을 받아 GLRender에서 가시화를 한다. 특정 지하공간 객체 레이어를 선택하면 LayerInfo에 정보를 요청하여, 해당 레이어를 GLRender에서 중첩 가시

화한다. 배경 지도인 3차원 지형 지도는 GLRender에서 WorldMap으로 3차원 지형정보를 요청 후 GLRender에서 가시화한다. MainActivity는 모바일 단말기의 이벤트를 감지해 화면의 확대/축소/이동/회전시 GLRender에게 해당 작업을 수행한 결과를 가시화하도록 한다.

### 3.3 Display of Attribute Data

지하공간 객체는 아이디, 이름, 객체 종류, 길이, 주소 등의 고유 특성을 표현하는 속성 정보를 포함하고 있다. 지하공간 탐사 현장에서 데이터를 수집하거나 변경을 하기 위해서는 선택된 객체의 속성 정보를 확인할 수 있어야 한다. 이를 위한 속성 정보 표시 관련 클래스는 Fig. 9와 같으며, 각 기능 설명은 다음과 같다.

- MainActivity : 모바일 단말기에서 선택된 객체의 속성 정보 및 에러 등의 정보성 메시지를 가시화하기 위한 관리 기능을 제공한다.

- MobileApplication : 선택된 객체에 대한 정보를 유지하고 해당 객체가 포함된 타일맵의 정보를 가져오는 기능을 제공한다. 여기서는 해당 객체의 속성 정보만을 대상으로 한다.

- GLRender : 모바일 단말기에 가시화된 타일맵 중에서 속성 정보 확인이 필요한 객체 선택 기능을 제공한다.

- DetailDialog : 속성 정보 가시화를 위한 정보의 유지 및 가시화 프레임 생성 기능을 제공하며, 생성된 프레임에 속성 정보를 가시화한다.



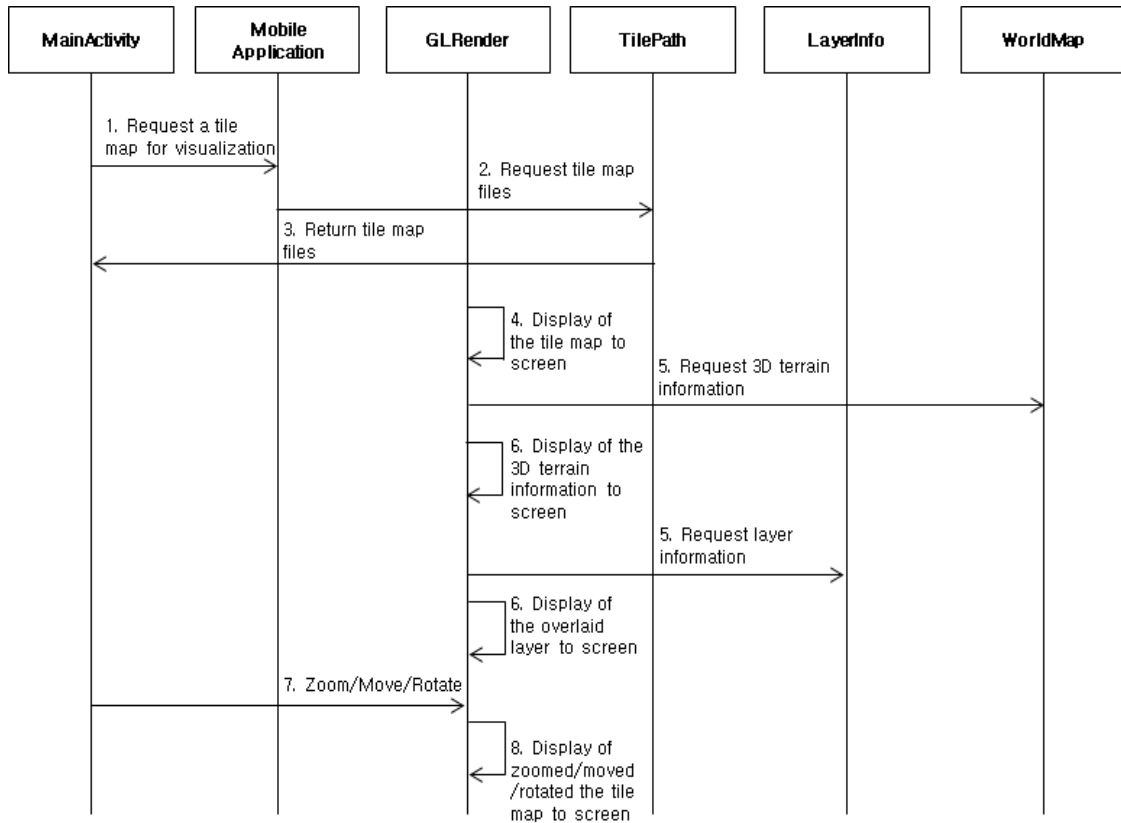


Fig. 8. Sequence Diagram for 3D Visualization of Tile Maps

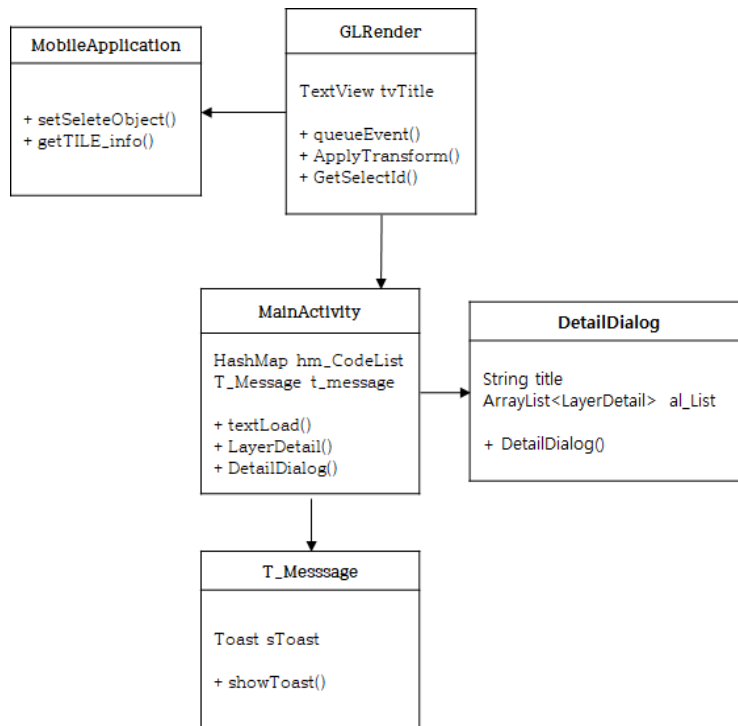


Fig. 9. Class Diagram of Displaying Attribute Data

- T\_Message : 기능 수행 후 결과에 대한 상태 코드를 반환받고, 코드에 대응되는 에러 및 정보 메시지를 가시화하는 기능을 제공한다.

선택된 객체의 속성 정보 표출을 위한 흐름도는 Fig. 10과 같다. 속성을 표출하기 위한 초기 화면은 타일맵이 가시화 된 상태이며, MainActivity에서 객체 선택 후 해

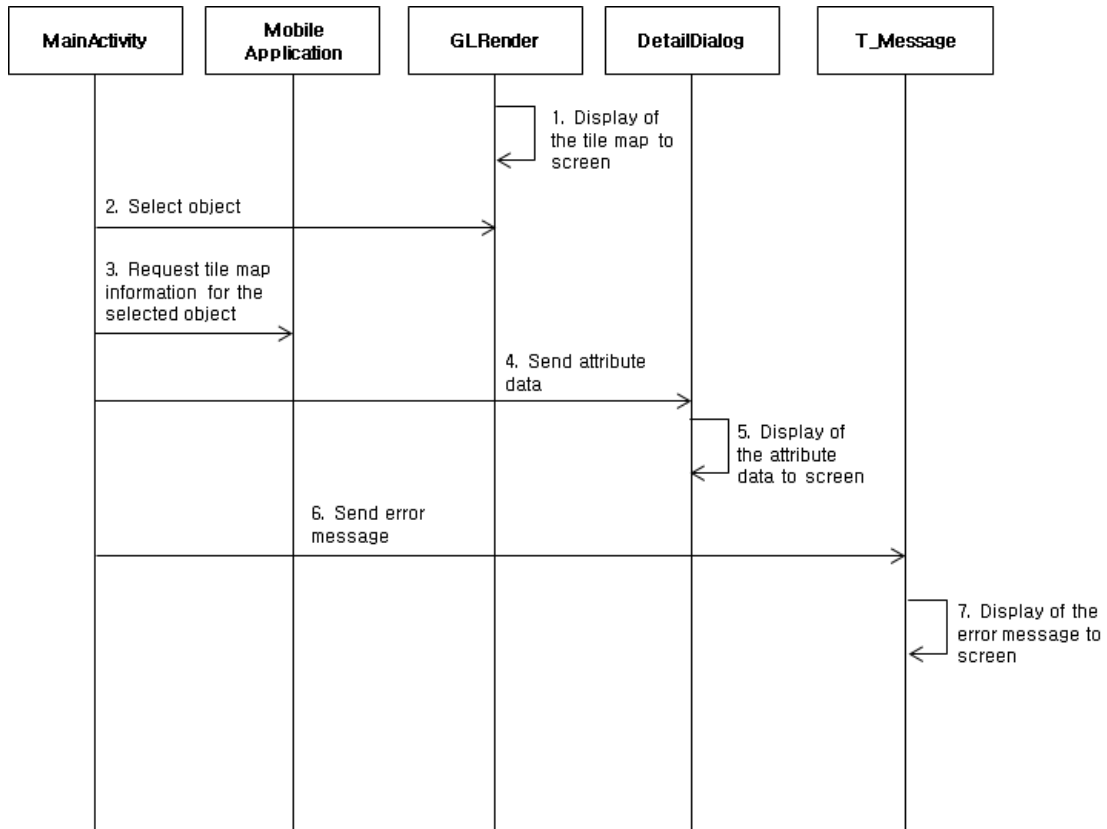


Fig. 10. Sequence Diagram of Displaying Attribute Data

당 객체의 정보를 MobileApplication에 요구한다. MobileApplication에서 반환된 객체의 정보 중 속성 정보를 DetailDialog에 전달하면 속성 창에 객체의 속성 정보를 가시화한다. MainActivity에서는 에러 등의 정보 메시지를 가시할 필요가 있는 경우 T\_Message로 하여금 경고창에 단문메시지를 출력하도록 한다.

**4. Implementation of Field Utilization Service System for Mobile Devices**

앞 절에서 설계한 모바일용 현장활용 서비스 시스템 (mobile device)은 윈도우와 안드로이드 환경 하에서 구현되었다. 각각의 개발 환경은 Table. 1과 같다.

Table 1. Development environment

item	Windows	Android
OS	Windows OS 10	Android 10.0
tool	Visual Studio 2017 .NET Framework 4.7.2	Android Studio 4.0.1
language	C# OpenTK(OpenGL)	Java OpenGL ES
Installation type	DLL library	APK

윈도우즈 환경은 C#과 3차원 가시화를 위해 OpenTK[13]를 사용하여 개발하였고 DLL 라이브러리 형태로 제공된다. 안드로이드를 위한 가시화는 Android 10.0 버전 위에서 JAVA와 스마트폰용 3차원 가시화 라이브러리인 OpenGL ES[14]를 사용하였다. 안드로이드용 현장활용 서비스 시스템은 8.1 이후 버전에서 실행가능하다. 구현된 결과는 초기 화면, 속성 정보 표출 화면, 레이어 선택 화면으로 확인한다.

3차원 가시화 초기 화면은 Fig. 11과 같다. 윈도우 결과 화면은 왼쪽에 나타나 있으며, 안드로이드 결과 화면은 오른쪽에 보이고 있다. 각각 3차원 지형지도 위에 지하공간 레이어들이 중첩되어 가시화된 결과를 나타내고 있다. 안드로이드의 경우 화면 크기 제약 문제로 윈도우와 다르게 속성 정보 창, 레이어 선택 창, 기능 버튼이 숨은 상태이다.

다음 Fig. 12는 지도 회전 후 개체 선택과 선택된 객체의 속성 정보를 가시화하는 그림이다. 선택 객체는 다른 지하공간 객체와 다른 색상으로 표현되며, 속성 정보 창에 주소, 레이어 이름 등의 정보를 나타내고 있다.

Fig. 12 화면과 동일한 작업을 수행한 안드로이드 결과 화면은 Fig. 13에 나타나 있다. 왼쪽 그림은 안드로이드



Fig. 11. Initial Display



Fig. 12. Displaying Attribute Data of Selected Object(windows)

드에서 개체 선택 창의 가시화 상태를 보이며, 지도가 일부 보이고 있는데 개체 회전 상태임을 확인할 수 있다. 오른쪽 화면은 객체 선택과 동시에 호출된 속성 정보 창을 나타내고 있다. Fig 12에서와 마찬가지로 선택된 객체의 주소, 레이어 이름 등을 나타낸다.

다음 Fig. 14는 레이어 선택 창에서 일부 레이어만 선택 시 나타나는 결과를 보이고 있다. 왼쪽 그림은 모든

레이어가 선택된 결과를 보이고 있으며 그 상태에서 일상적인 지도를 표현하는 지형 레이어인 DEM이미지와 지하철-선로가 선택 해제된 그림이 오른쪽에 나타나있다.

일부 레이어만 선택하는 안드로이드 화면은 Fig. 15에 나타나 있으며, DEM 이미지 지도만 선택 해제되어 나타난 결과를 보이고 있다.



Fig. 13. Displaying Attribute Data of Selected Object(android)

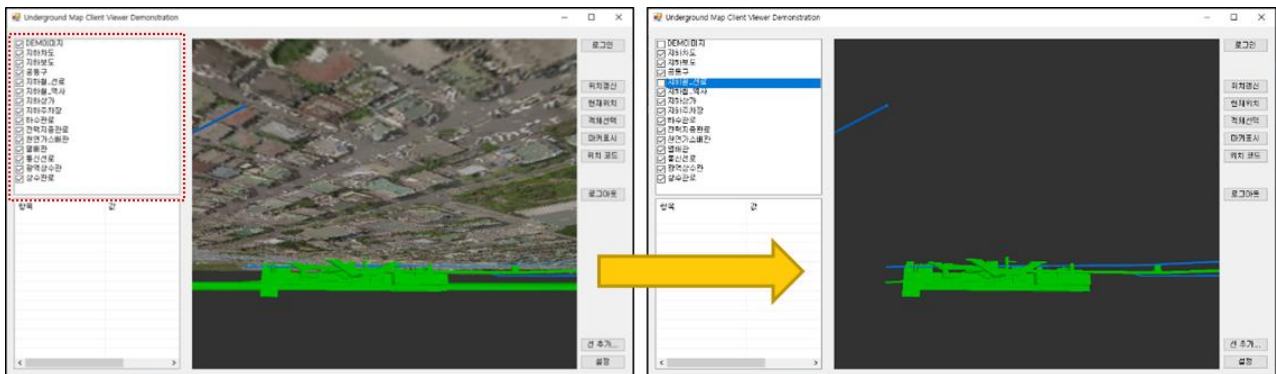


Fig. 14. Result of selected layers(windows)

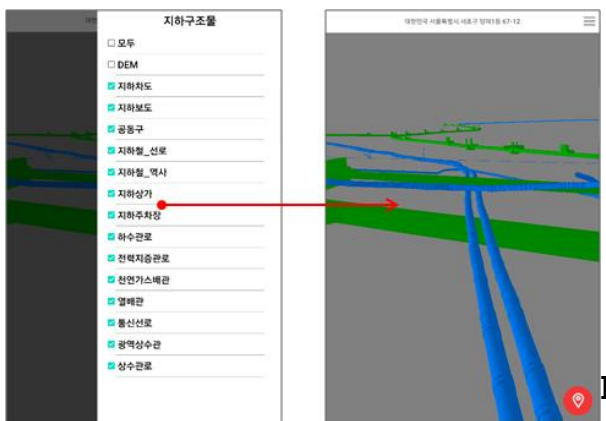


Fig. 15. Result of selected layers(android)

## V. Conclusions and Future Works

본 논문은 지하공간 통합지도 관리 시스템의 지하공간 데이터인 타일맵을 모바일 단말기에 서비스하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 모바일용 지하공간 통합지도 서비스 시스템과 현장활용 서비스 시스템은 지하공간 통합지도의 최신성과 정확성 확보를 위해 모바일 단말기의 3차원 가시화 기능과 현장 데이터의 실시간 검증을 진행할 수 있도록 설계하였다. 또한, 데이터의 휘발성 기능과 허가된 사용자의 이력 관리를 통해 지하공간 통합지도의 보안을 유지하도록 설계하였다. 구현된 모바일 단말기용 현장활용 시스템은 서버로부터 모바일용 타일맵을 파일로 전송받아 허가 기간 동안만 사용하기 위해 폴더를 확대레벨과 위치

정보를 포함하여 생성 후 타일맵을 저장한다. 모바일 단말기에서는 위치 좌표  $x$ ,  $y$ 를 기반으로 화면에 적합한 개수의 타일맵을 선택해 3차원 가시화를 진행한다.

향후 모바일 단말기로 대용량 실시간 데이터 전송 시간을 감소시킬 수 있는 방법 연구와 미구현 상태인 현장 데이터 수집 관리 방법에 대한 구현이 요구된다. 모바일 단말기에 설치된 현장활용 서비스 시스템은 보안을 유지하기 위해 데이터 휘발성 정책을 따라 구현되었다. 따라서, 허가 기간이 경과된 타일맵 전부를 모바일 단말기에서 삭제하므로 같은 위치에서 재탐사를 진행하는 경우 모바일용 서버로부터 타일맵을 재전송 받도록 작동한다. 즉, 현장 작업을 완료 후 다시 같은 장소에서의 작업이 필요하면 모바일 단말기는 이전에 전송받았던 타일맵이 삭제되었기 때문에 재전송 작업을 발생시킨다. 네트워크 부하를 줄이기 위해 타일맵 캐싱과 경량화를 했지만 아직도 재전송을 위한 고정 시간이 소요되므로 이를 해결할 수 있는 기법이 요구된다.

또한, 허가 기간 내에는 타일맵을 모바일 단말기에 유지하고 있으므로 약의를 가진 사용자가 타일맵을 유출할 가능성이 있으므로 암호화 기능 구현이 필요하다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 20DCRU-B158169-01).

## REFERENCES

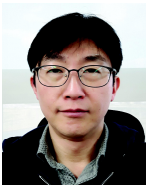
- [1] MOLIT, "Development of technology for renewal automation and field utilization on the integrated underground geospatial information map", R&D plan, 2020.
- [2] D.H.Park, Y.G.Jang, H.S.Choi, "A Study on the Construction Plan of 3D Geotechnical Information for the Support of Underground Space Safety," Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol.21, No.1, pp.23-34, 2018. <https://doi.org/10.11108/kagis.2018.21.1.023>
- [3] S.M.Lee, H.M.Yoon, A Study on the Improvement of Safety Management of Underground Facilities in Seoul, 2019-PR-43, The Seoul Institute, April 2020.
- [4] T.H.Lee, K.W.Lee, H.W.Kim, Analysis of Lightweight technology for Underground Geospatial Information Map for Mobile, Korean Society of Civil Engineering, 2020 Convention, session C6, pp.14-15, Jeju, Korea, October 2020. DOI : 10.12652
- [5] J.Y.Na, C.H.Hong, "A Study on the Weight Lightening Algorithm of 3-Dimensional Large Object based on Spatial Data LOD," Journal of Korea Spatial Information Society, Vol.21, No.6, pp.1-9, December 2013. <https://doi.org/10.12672/ksis.2013.21.6.001>
- [6] MOLIT, "Development of Technology for the Advancement of GeoSpatial Information Open Platform Infrastructure", final report, 2019.
- [7] KML, <https://developers.google.com/kml/>
- [8] J.S.Ryu, Y.G.Jang, Development Plan of Field Supporting Technique for Underground Facilities Detection based on coded signal GPR, Korean Society of Civil Engineering, 2020 Convention, session C6, pp.12-13, Jeju, Korea, October 2020. DOI : 10.12652
- [9] S.K.Bae, Y.H.Shin, Y.S.Seo, "A Study on Efficient Management for Information of Shopping Center in Underground Passage based on the Spatial Information," The Korean Cadastre Information Association, Vol.19, No.2, pp.75-88, August 2017. DOI : 10.46416/JKCIA.2017.08.19.2.75
- [10] LOD, <http://www.nsd.go.kr/lxportal/?menuno=4038>
- [11] H.Y.Kang, J.Y.Lee, "A Study on the LOD(Level of Detail) Model for Applications based on Indoor Space Data," Journal of the Korean Society of Surveying, GeoDesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.32, No.2, pp.143-151, 2014. <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2014.32.2.143>
- [12] G1TF, <https://github.com/KhronosGroup/glTF>
- [13] OpenTk, <https://opentk.net/learn/index.html>
- [14] Opengl es api, <https://www.khronos.org/opengles/>

## Authors



Sook-Kyoung Cho received the B.S degree in Dept. of Computer Science from Inha University in 1990. She received M.S. and Ph. D. degrees in Dept. of Computer Engineering from Inha University, in 1994,

2002, respectively. Dr. Cho has more than 25 years of experience in computer education and has worked in corporate laboratories. She is currently a General in Div. of System Development, DBNtech Co., Ltd. She is interested in GIS, Spatial DBMS, Big data.



Yong-Tae Kim received the B.S. and M.S. degrees in Dept. of Computer Engineering from Inha University, in 1995, 1997, respectively. He has over 25 years of GIS and computer security as a developer.

He is currently a General in Div. of System Development, DBNtech Co., Ltd. He is interested in Mobile GIS, Computer security, IoT.



Ja-Young Choi received the B.S. degree in Dept. of Chemistry from Ewha Womans University, in 1990. She founded the company on January 5, 2018 and is currently in business.

She is currently CEO of DBNtech Co., Ltd. She is interested in Deep-learning, Video Processing, GIS.