

# 모바일 지하 대용량 3D 공간정보 타일링 전송 프로토콜 개발

## Mobile Underground High-capacity 3D Spatial Information Tiling Transfer Protocol Development

이태형<sup>1)</sup> · 조원제<sup>2)</sup> · 김현우<sup>3)</sup>

Lee, Tae Hyung · Jo, Won Je · Kim, Hyun Woo

### Abstract

In line with the modern era in which the safety of underground facilities and the use of underground information are increasingly emphasized, the state is pushing for more precise and accurate underground spatial information to be secured and utilized. Therefore, we need to pay more attention to subsurface geospatial data. In the future, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport will actively utilize the 15 types of Integrated Underground Geospatial Information Map(6 types of underground facilities, 6 types of underground structures, 3 types of ground) that the Ministry of Land, Infrastructure and Transport is building as three-dimensional underground spatial information, and contribute greatly to improving national safety and convenience in underground construction. expected to do However, when a site manager requests an Integrated Underground Geospatial Information Map with a mobile device, if the large-capacity integrated underground space map is not quickly transmitted over the wireless section and is not serviced, it causes inconvenience to the site manager and delays work. In this paper, the goal of this paper is to enable field managers to quickly receive a tiled Integrated Underground Geospatial Information Map with minimal information exchange. Therefore, the tiling system is configured according to the dataset for high-speed Mobile Integrated Underground Geospatial Information Map transmission. In addition, a transmission system for the Mobile Integrated Underground Geospatial Information Map is established, and a TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)-based spatial information tiling transmission protocol dedicated to the on-site Integrated Underground Geospatial Information Map is developed.

Keywords: Mobile integrated underground geospatial information map, Transmission of tiled spatial information, 3D underground spatial information, On-site geospatial information service

### 초 록

지하시설물에 따른 안전과 지하정보의 활용이 점차 부각되고 있는 현대 시대에 맞추어, 국가는 더욱 정밀하고 정확한 지하공간정보 확보 및 활용을 추진하고 있다. 앞으로는 국토교통부에서 구축 중인 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반 3종) 지하공간통합지도를 적극 활용하여, 국가안전 및 지하공사 편의성 향상을 위해 많은 기여를 할 것으로 예상된다. 하지만 현장담당자가 모바일기기로 지하공간통합지도를 요청할 때, 대용량의 지하공간통합지도가 무선구간에서 빠르게 전송되어 서비스되지 않는다면, 현장담당자에게 불편을 초래하고, 업무 지연을 유발한다. 본 논문에서는 현장담당자가 최소한의 정보교환으로 타일링된 지하공간통합지도를 신속하게 전송 서비스 받을 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 따라서 고속 모바일용 지하공간통합지도 전송을 위한 데이터셋에 맞추어 타일링체계를 구성한다. 아울러 모바일용 지하공간통합지도 데이터에 대한 전송체계를 설정하고, 현장 지하공간통합지도 전용 TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol) 기반 공간정보 타일링 전송 프로토콜을 개발한다.

핵심어: 모바일용 지하공간통합지도, 공간정보 타일링 전송, 3차원 지하공간정보, 현장 공간정보 서비스

Received 2021. 11. 25, Revised 2021. 12. 08, Accepted 2021. 12. 21

1) Corresponding Author, SAEHAN GEOMATICS & INFRA (E-mail: lthauto2@daum.net)

2) SAEHAN GEOMATICS & INFRA (E-mail: jo319@naver.com)

3) SAEHAN GEOMATICS & INFRA (E-mail: hwkim@esgi.co.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

우리가 현재 생활하는 실세계의 시설물이 정보화되고, 서로 연결되어 가치창출 됨으로서, 삶의질이 점점 향상되는 시대에 살고 있다. 하지만 지상의 지형지물과 달리, 지하공간의 시설물은 가시적으로 보이지 않으므로, 지상의 시설물보다 더 깊은 관심과 주의가 필요하다. Kim *et al.*(2021)은 2000년부터 2019년까지 연도별로, 공공 및 민간 시행주체 별로 국내에서 실시 된 공공측량 성과심사 분석하여, 국내 지하시설물 구축현황을 확인한 결과, 지하시설물 성과심사 수는 매년 증가하는 것으로 분석되었다. 현재 우리나라의 국토교통부는 굴착현장의 안전 및 건설환경 증진을 위해, 각종 지하정보(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반 3종)가 통합된 지하공간정보로서 지하공간통합지도 구축을 진행 중이며, 관련 규정을 정립하고 있다. 2018년 9월부터 구축된 지하공간통합지도가 지하안전영향평가 전문기관에 출력물의 형태로 제공되기 시작했다. 또한 2019년 5월에 지하정보 활용시스템 수요조사가 이루어지면서, 지하정보 활용시스템이 국가행정망기반으로 오픈되어 서비스되고 있다(Park *et al.*, 2020). 국내와 국외의 지하공간정보관련 연구를 살펴보면, 국외에서는 지하정보 관련 표준들에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으나, 3D 지하공간통합지도가 활발하게 구축되고 있는 국내에서는 개발되는 3D 지하공간정보 기술대비 관련 표준연구가 부족한 상황이다(Jung *et al.*, 2021).

현재 현장에서 3차원 지하공간통합지도를 입체지도로 사용할 수 있는 방법이 없으므로, 기반기술을 마련하기 위해서, 모바일용 지하공간통합지도 구축 및 고속보안전송에 대한 연구개발이 진행 중이다. 현장에서 보안성 높은 대용량 지하시설물 정보를 전송받아서 활용하기 위해서는 먼저, 지하 데이터의 경량화가 요구되며, 둘째 모바일 시스템에서 간편하게 작동될 수 있는 모바일용 지하공간통합지도 데이터셋이 필요하다. 아울러 무선망에서 데이터를 빠르게 전송받아서 활용할 수 있는 전송체계가 준비되어야 현장담당자가 지체없이 지하공간통합지도를 활용할 수 있다. 일반적으로 웹 2D, 3D GIS (Geographic Information System)를 성능적인 무리 없이 서비스하기 위해서 공간정보 데이터 분할저장체계인 타일링이 필수적이다. 국내 GIS기술 현황을 분석해보면, 타일링기술을 활용하여 웹서비스를 하는 다양한 기술이 존재하지만, 대용량의 3D 지하 공간정보를 고속으로 전송하기 위해서, 타일링체계의 규약에 맞추어, 데이터가 전송되는 프로토콜 기술은 확 인할 수 없었다. 따라서 지하공간통합지도 데이터셋을 전송하는 전용 타일링 전송 프로토콜을 개발하며, 프로토콜의 명칭

은 MUTTP (Mobile Underground Tile Trasfer Protocol, 이하 MUTTP)로 정한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 타일링 프로토콜 개발 연구 프로세스

현장 모바일기기 기반으로 지하공간통합지도를 고속전송 서비스 제공하기 위해서, 먼저 모바일기기 서비스에 적합한 지하공간통합지도 모바일 데이터셋을 마련이 필요하다. 데이터셋 준비에 따라서 모바일 서비스 데이터셋의 용도별 타일링 체계를 제시하고, 타일링 체계에 따른 서버와 클라이언트구간의 데이터 전송 프로토콜 규약을 정의한다.

Fig. 1과 같이, 모바일용 지하공간통합지도 데이터셋을 마련하고, 각 데이터 포맷에 대한 타일서비스 방법을 제안한다. 또한 데이터 송수신을 위한 프로토콜 규약을 설계하고, 프로토콜 클래스를 개발하여, 전송 서버에 탑재한다.

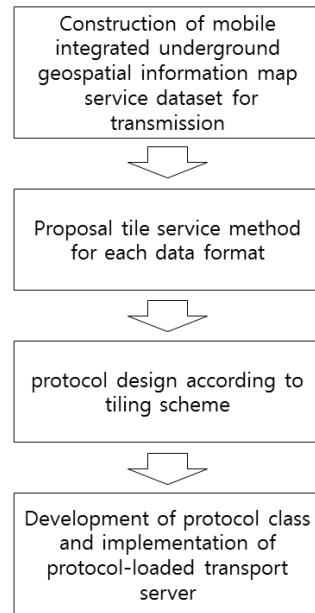


Fig. 1. Tiling protocol development process

### 2.2 모바일용 지하공간통합지도 데이터셋

모바일용 지하공간통합지도 데이터 구성에 적합한 타일링 전송체계를 개발하기 위해서는 지하공간통합지도를 토대로 모바일용 지하공간통합지도 데이터셋이 구성되어야 한다. Lee and Kim(2020)은 서울 서초구를 대상으로 지하공간통합지도 데이터를 수집하여, 구조 및 포맷분석을 실시하였다.

분석결과 지하공간통합지도 데이터의 포맷은 지하시설물, 지하구조물과 같은 분류별로, 3DS, COLLADA, SHP, Excel등 상이한 포맷으로 구축되어있는 현황을 확인하였다. 또한 각 버텍스의 좌표체계가 (0,0,0) 기준의 상대좌표와 절대좌표 등 통일되지 않기 때문에, 데이터교환시에 지하시설물과 지하구조물을 동시에 활용하는 것은 어려운 실정이었다. 따라서 모바일용 지하공간통합지도의 3D 모델 포맷은 glTF로, 버텍스의 좌표는 절대좌표로 구성하여, 모바일용 지하공간통합지도 생성을 위한 포맷변환 프로세스를 정립하여 기술개발을 하고 DRACO 압축기법을 적용하여 경량화를 검증했다.

Lee et al.(2021)은 모바일용 지하공간통합지도의 데이터셋 구성방안을 마련하였다. 복합데이터 분석활용을 위해 토폴로지 정보, 속성정보, 3D모델 정보로 분류하여 구성하였다.

앞선 정보를 기초로 하여, 굴착현장에서 모바일용 지하공간통합지도를 서비스하기 위해, 전송 프로토콜 개발에 활용할 데이터 포맷은 다음 Table 1에서 정의한 바와 같이 img, png, glTF, json 네가지로 구성한다.

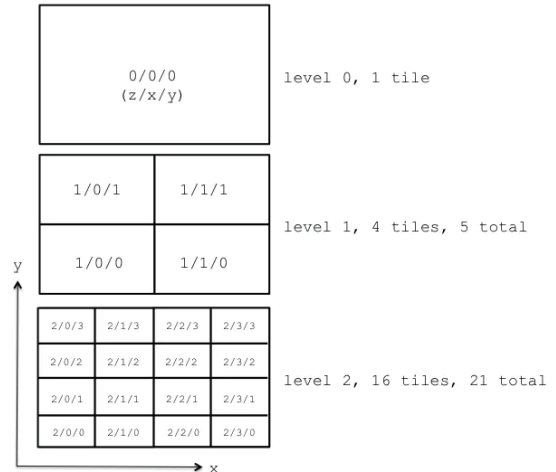
**Table 1. Mobile integrated underground geospatial information map all data format**

Format	Purpose	Description
img	DEM(Digital Elevation Model)	Terrain Elevation Visualization
png	Orthographic images	Visualization of orthographic images overlaid on DEM
glTF	3D Model	Detailed 3D Model visualization
json	Properties	Text-based data display such as attribute information, topological, and 2D manhole information
	Topology	
	Manhole	

### 2.3 모바일용 지하공간통합지도 타일링

모바일용 지하공간통합지도의 타일링 방식은 산업계에서 일반적으로 3D 공간정보 데이터를 서비스하는 방법인 OGC의 WMTS (Web Map Tile Service) 구조의 디렉토리로 파일을 배치하는 방법의 정적 파일시스템 ISAM (Indexed Sequential Access Method)으로 Fig. 2과 같은 구조의 쿼드트리로 구성하며, WMTS를 배치하는 좌표계는 현재 지하공간통합체계의 지하공간통합지도에 정의되어 있는 EPSG 5186로 한다.

각 모바일용 지하공간통합지도를 포함하는 img, png, glTF, json 포맷별 파일은 Table 2와 같이 타일링을 진행하고, 디렉토리 배치는 Table 3을 따른다.



**Fig. 2. Quadtree tile (Cizzi, P. 2015)**

**Table 2. Tile Devision Method by Mobile Integrated Underground Geospatial Information Map Format**

format	purpose	Tile Devision Method
img	DEM	Divided into a grid type according to the tile structure.
png	Orthographic images	
glTF	3D Model	Check the location of the tile containing the object and place it in the directory
json	Properties	Placed in the mapped source 3D model directory
	Topology	Check the location of the tile containing the object and place it in the directory
	Manhole	

**Table 3. Mobile Integrated Underground Geospatial Information Map Tile Directory Structure**

Type	Root directory	1 Level Directory	2 Level Directory
3D	WMTS Level	Z-Axis	X-Axis
2D		X-Axis	Y-Axis

### 2.4 프로토콜 정의

프로토콜은 컴퓨터나 원거리 통신 장비 사이에서 주고받는 메시지의 종류, 형식, 교환절차, 흐름제어와 같이 미리 정의된 규약을 의미하며, 데이터전송은 약속된 프로토콜 규약에 따라서 실행된다(Wikipedia, 2021). 일반적으로 잘 알려진 통신 프로토콜은 TCP/IP, HTTP (Hyper Text Transfer Protocol),

FTP (File Transfer Protocol)를 예로 들 수 있으며, TCP/IP 프로토콜은 전 세계에서 가장 많은 데이터전송 및 수신이 이루어지는 프로토콜 세트이다. TCP (Transmission Control Protocol)와 IP (Internet Protocol)가 합쳐진 용어인 TCP/IP의 가장 일반적으로 사용되는 기능은 메일, 컴퓨터 간 파일 전송, 원격 통신을 예로 들 수 있다(AIX, 2020). 앞서 언급한 FTP와 HTTP도 TCP/IP 기반의 응용계층 프로토콜이다. 윈도우, 유닉스와 같은 운영체제가 그래픽 UI(User Interface)를 갖추기 이전에 명령줄 프로그램으로 개발된 FTP는 현재 윈도우, 유닉스, 리눅스와 같은 운영체제에서 기본적으로 탑재되어있다(Wikipedia, 2021). 또한 HTTP는 클라이언트와 서버 사이에서 요청/응답이 이루어지는 웹 프로토콜로, 웹브라우저 클라이언트를 활용하면 http:로 시작하는 인터넷주소를 입력하여, HTML (Hypertext Markup Language) 문서를 조회할 수 있다(Wikipedia, 2021).

### 3. 연구결과

#### 3.1 MUTTP 프로토콜 규약

본 대용량의 지하공간통합지도를 빠르게 전송 제공하기 위한 MUTTP 프로토콜은 앞 절에서 서술한 바와 같이 모바일용 지하공간통합지도 타일링 체계를 기반으로 하며, 데이터 수신을 요청하는 클라이언트와 데이터를 전송하는 서버로 구성한다. 모바일용 지하공간통합지도 프로토콜로써 불필요한 기능을 포함하지 않는 목적으로, 프로토콜은 TCP/IP 기반의 통신으로 정의하고, Fig. 3와 같이 기본적인 접속-전송요청-전송응답-접속종료 통신순서를 따른다.

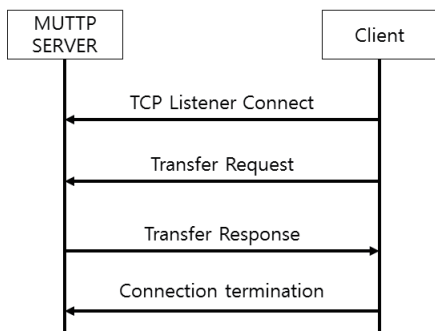


Fig. 3. MUTTP Communication sequence

접속연결은 전송요청 클라이언트에서 서버에 접속을 시도함으로써 이루어지고, 클라이언트에서 요청을 전달하면 MUTTP 서버에서 응답을 전달한다. 응답이 전달되면 서버단

과 클라이언트단은 접속을 종료하며, 접속연결은 요청 및 응답 1회만 수행하고 종료한다.

통신 전문구조는 Fig. 4의 구조로 한다. Header는 Identifier 값과 Total Length로 구성되며, Identifier값은 보안을 위해 주기적 변경을 전제로 한다. Body는 Part Count, 각 n개의 Part에 대한 Part의 데이터 길이와 데이터로 구성한다.

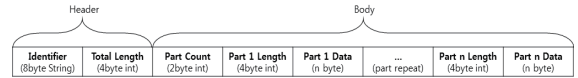


Fig. 4. MUTTP Total communication structure

MUTTP의 데이터 전송요청은 타일파일목록 요청과 타일 데이터 요청 두가지로 정의하며, 요청 시에는 Part 1개로 구성한다. 각 데이터통신에서 요청 Part는 Table 4와 같이 Json형식으로 한다. cmd값은 타일데이터목록 요청일 경우에 req\_tile\_info를 표기하며, 타일데이터 요청일 경우에는 req\_tile\_file로 표기한다.

Table 4. MUTTP data response part json format

Part	Tile data list request	Tile data request
part 1 (n byte)	{ cmd : "req_tileinfo" param1 : level param2 : z-value param3 : x-value }	{ cmd : "req_tilefile" param1 : level param2 : z-value param3 : x-value param4 : data name }

MUTTP의 데이터 전송요청에 대한 응답 전문도 전송요청과 마찬가지로 타일파일목록 요청과 타일 데이터 요청 두가지로 정의하며, Table 5의 구조로 응답한다. 응답 시에 최초 part로 분류되는 part1은 응답에 대한 유형과 결과를 나타내는 응답 메시지로 한다. part1에서의 result\_code는 성공일 경우 0, 타일정보가 없을 경우 1, 타일파일이 없을 경우 2, 전문이 잘못된 경우 3 그리고 그 외 오류일 경우 9로 한다. 비정상 통신으로 분류되어, result\_code가 0이 아닌 경우, part 1만 전송하지 않는다. cmd값은 전송 요청된 내용을 따른다.

Table 5. MUTTP Data response part format

Part	Tile data list response	Tile data response
Part 1 (n byte)	{ result : result_code cmd : req_tile_info }	{ result : result_code cmd : req_tile_file }
Part 2 (n byte)	Json data List	Binary or Json Data file

### 3.2 MUTTP 프로토콜 개발

앞서 이야기한 프로토콜 규약을 바탕으로 MUTTP 프로토콜 클래스를 개발하였다. 프로토콜 클래스는 Fig. 5 및 Table 6 과 같이 통신데이터 구성을 위한 Header 클래스와 BodyData 클래스, FileMessage 클래스, 데이터전송 및 수신을 담당하는 MessageUtil 클래스, Part데이터의 Byte데이터 처리를 위한 ByteControls 클래스로 구성된다.

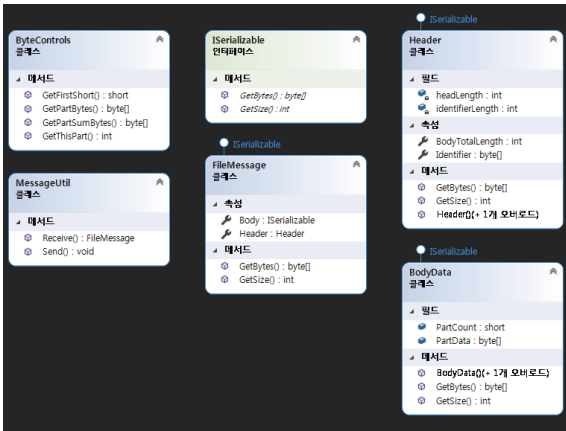


Fig. 5. MUTTP Protocol Class diagram

Table 6. MUTTP Class Contents

Class	Contents
ByteControls	Controls byte of part data control
MessageUtil	Classes for sending and receiving data from a stream
FileMessage	A class that represents a protocol message.
Header	A class to define the rules of header data and to control data according to the rules
BodyData	A class to define the rules of body data and to control data according to the rules

MUTTP프로토콜 클래스 및 암호화 모듈을 탑재하여 윈도우 운영체제 기반 모바일용 지하공간통합지도 타일링 데이터전송 서버프로그램을 개발하였다. Fig. 6는 개발된 윈도우 환경의 서버프로그램 UI이다. 그림과 같이, Server IP 및 Port를 입력하고, 전송 서비스 대상 타일링 디렉토리 경로를 입력한 뒤, Server Start를 누르면 Server Start버튼이 Server Stop으로 변경되며, 서버가 시작된다. 서버 실행 중에는 클라

이언트에서 서버로 전송요청이 접수된 경우, UI의 Connection Log 창에 기록하며, 요청정보를 전송한다.

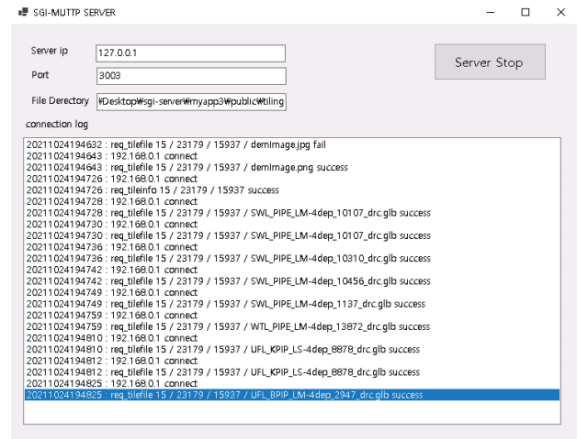


Fig. 6. MUTTP Server Program

## 4. 요약 및 결론

대용량의 지하공간통합지도를 고속으로 전송할 기술을 개발하기 위해서, 모바일기기 기반으로 제작된 모바일용 지하공간통합지도를 타일링 적용하고, 타일링 형식에 따라서 전송규약을 정의 하였다. 그리고 정의한 타일링 전송규약에 맞추어, 조회 및 전송이 가능한 프로토콜을 개발하였다. 일반적으로 공간정보산업에서의 타일링은 2D, 3D 공간정보 또는 가시화 웹서비스의 성능을 확보하기 위하여 데이터를 분할 배치하는 용도의 쓰임이 주목적이었으므로, 금번 연구로 개발된 프로토콜은 타일링에 맞춘 요청과 입력이 이루어진 전송 프로토콜이라는 것에 의미가 있다. 앞으로는 최적화 단계로써 타일링 데이터 전송 성능을 더욱 확보할 필요가 있다. 타일링 데이터 구조와 상황에 따른 타일 사이즈 최적화가 이루어져, 프로토콜의 성능을 검증하고 개선할 연구가 진행될 필요가 있다. 향후 지하데이터 모바일기기 보안활용 정책이 수립된다면, 이러한 타일링 전송 방식을 활용해서, 굴착현장 현장담당자가 모바일용 지하공간통합지도를 요청하고, 활용하여 지하시설물 사고를 미연에 방지하고, 그 외 건설현장에서 지하정보 활용에 이바지될 것을 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호: 21DCRU-B158168-02)



## References

- Jung, D.W., Yu, S.C., Min, K.J., Min, J.Y., and Ahn, J.W. (2021), A Study on the Design of Data Model for Underground Spatial Data, *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 29, No .1, pp. 13-23 (in Korean with English abstract)
- Kim, W.D. and Lee, K.W. (2021), Case Analysis Study of Quality Control for Improving Information Management of Underground Facilities, *Journal of the Korean Cartographic Association*, Vol. 21, No 4, pp. 29-37. (in Korean with English abstract)
- Park, D.H., Jang, Y.G., and Ryu, J.S. (2020), A Study of the DB Design Standard for Submitting Completion Drawings for Auto-Renewal of Underground Facility Information, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 38, No. 6, pp. 681-688. (in Korean with English abstract)
- LEE, T.H. and Kim, H.W. (2020), Reserch On The Fundamental Technology To Utilization Of Platform To Providing Mobile Underground Geospatial Infomation Map, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 23, No. 4, pp. 173-183. (in Korean with English abstract)
- AIX, (2020), IBM, <https://www.ibm.com/docs/ko/aix/7.1?topic=management-transmission-control-protocolinternet-protocol> (last date accessed: 21 October 2021)
- Cizzi, P. (2015), Cesium, <https://cesium.com/blog/2015/04/07/quadtrees-cheat-sheet> (last date accessed: 21 October 2021)
- Wikipedia, (2021), Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/File\\_Transfer\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/File_Transfer_Protocol) (last date accessed: 21 October 2021)
- Wikipedia, (2021), Wikipedia, <https://ko.wikipedia.org/wiki/HTTP> (last date accessed: 21 October 2021)
- Wikipedia, (2021), Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Communication\\_protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/Communication_protocol) (last date accessed: 21 October 2021)