

보안을 고려한 지하공간통합지도의 가시화 필터링 설계

Design and Implementation of Visual Filtering for Integrated Underground Map Security

김용태¹⁾ · 박찬섭²⁾

Kim, Yong Tae · Park, Chan Seob

Abstract

The integrated underground space map system provides information on infrastructure that requires security, but to prevent rupture accidents during excavation work at the underground construction site, it must provide information on all underground facilities on the site. Providing additional information other than the object of interest to the user is a factor that increases the risk of information leakage of security data. In this paper, we design the visualization filtering method that when visualizing the integrated underground space map in the field, the visualization of entire underground facilities of interest to workers is performed, but visualization of other underground facilities is minimized to minimize the risk of security data information leakage. To this end, a visualization area of a certain distance for each of the underground facilities of interest was created, and an integrated visualization filter was created with spatial union operation. When the integrated underground map is output on the screen, only the objects located within the filter area are visualized using the generated filter information, and objects that exist outside are not visualized, thereby minimizing the provision of information to the user.

Keywords : Visualization, Filter, Underground Map

초 록

지하공간통합지도는 보안이 요구되는 기간시설 정보이나 지하공사 현장에서 굴착 공사 시 파열 사고 예방을 위하여 현장에 대한 모든 지하시설물의 정보를 제공하고 있다. 이러한 정보의 제공은 사용자에게 관심대상 이외의 추가적인 정보를 제공함으로써 보안 데이터의 정보유출에 대한 위험성을 증가시키는 요인이 된다. 본 논문에서는 현장에서 지하공간통합지도 가시화시 작업자의 관심 대상 지하시설물에 대해서는 전체 가시화를 진행하지만 그렇지 않은 지하시설물은 가시화를 최소화 하여 보안 데이터 정보유출의 위험성을 최소화하는 가시화 필터링을 설계 및 구현하였다. 이를 위하여 관심대상 지하시설물들 각각에 대한 일정거리의 가시화 영역을 생성하고, 이를 공간 합집합 연산을 통해 통합된 가시화 필터를 생성하였다. 지하공간통합지도를 화면에 출력할 때 생성된 필터 정보를 사용하여 필터영역 안에 위치한 객체만 가시화를 하고, 밖에 존재하는 객체는 가시화를 하지 않음으로써 사용자에게 정보제공을 최소화 할 수 있다.

핵심어 : 가시화, 필터, 지하공간통합지도

Received 2021. 11. 25, Revised 2021. 12. 21, Accepted 2021. 12. 24

1) Corresponding Author, DBNtech Co.,Ltd. (E-mail : ytkim@dbnt.co.kr)

2) DBNtech Co.,Ltd. (E-mail : lainian@dbnt.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

2018년에 아현동에서 발생한 KT공동구 화재사고나 2018년 고양시의 노후 열수송관 파열사고 등 최근 들어 지하시설물의 안전사고가 빈번하게 발생하고 있어 정부는 이에 대한 대응으로 2015년부터 지하정보를 한눈에 볼 수 있는 3차원 기반 지하공간정보지도를 구축하였다. 또한 이렇게 구축된 지하공간정보지도를 공사 현장이나 지하사고 현장 등 지하시설물의 정보가 필요한 현장에서 무선 인터넷 환경의 모바일 기기를 통해 사용할 수 있도록 하는 지하공간정보지도 관리 시스템의 구축을 현재 진행하고 있다. 지하공간정보지도 관리 시스템을 활용함으로써, 현장 작업자는 대용량 지하공간정보 지도를 무선 인터넷을 통해 위치 기반으로 현장에서 실시간으로 제공받고, 지하공간정보지도의 3D 가시화를 통한 사용편의성 증대함으로써, 2D 종이지도를 통해 표현하기 어려웠던 현장의 상세한 정보를 제공할 수 있다.

현장에 제공하는 지하공간통합지도는 보안이 요구되는 기간시설 정보이다. 따라서 사용자에게 제공하기 위해서는 지도 사용 전에 지도사용에 대한 기간 및 위치에 대한 관리자 승인 절차를 거치고 서버에서 클라이언트로 전송시 암호화를 적용하여 외부유출에 대해 대응하고 있다. 그러나 이러한 보안적 대응과 달리 사용자에게 제공하는 정보에 대해서는 작업의 편의성을 위해 과도한 정보를 제공하는 측면이 있다. 예를 들어 상수관에 대한 공사작업에 대해 하수관, 전력선, 통신선 등의 정보를 제공하고 있는데, 이는 굴착 작업으로 인해 관심대상 지하시설물 이외 인근에 존재하는 다른 지하시설물에 대한 공사 중 파열사고를 예방하기 위함이다. 이러한 정보의 제공은 안전한 작업 진행을 위해 필요한 사항이나 보안이 중요한 기간시설정보 유출의 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 지하공간통합지도를 현장 모바일 클라이언트에서 가시화 할 때 사용자에게 제공하는 정보를 최소화 하여 지하공간통합지도의 보안성을 향상시키는 방안에 대해 설계 및 구현을 기술한다. 지하시설물에 대한 가시화시 사용자의 작업대상이 되는 관심 시설물에 대해서는 전체 정보를 가시화하지만 그렇지 않은 시설물에 대해서는 관심대상 시설물 인근 지역에 대해서만 가시화를 함으로써 지하공사작업 진행에 충분한 정보를 제공하며 그 외 정보에 대해서는 최소화하여 기간시설물 정보의 유출 위험성을 최소화할 수 있다.

2. 관련 연구

아래 Fig. 1은 지하공간통합지도 현장 활용지원 시스템

의 전체 구성도이다. 지하공간통합지도는 모바일 환경에서 활용하기에는 그 용량이 대용량이다. 따라서 LOD의 적용 및 3차원 객체 경량화 과정을 거쳐 모바일 환경에서 사용할 수 있는 경량화 데이터로 변환된다. 모바일 클라이언트는 현재 위치를 기준으로 경량화된 지도데이터를 요청하고 모바일 서버는 해당 위치에 대한 경량화된 지하공간통합지도를 제공한다.

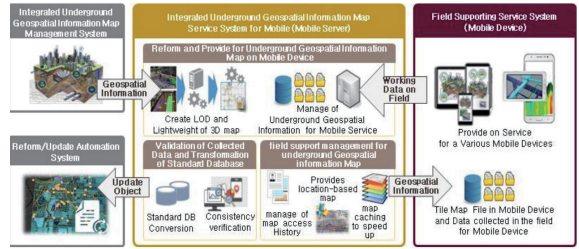


Fig. 1. System of architecture

지도데이터의 제공은 클라이언트의 사용자 계정 로그인을 통해 계정에 대한 확인, 해당 사용자에게 지도사용에 대한 권한이 부여되어 있는지 확인 하는 과정을 거친다. 지도 사용에 대한 권한은 클라이언트 사용자가 지도 사용 전에 관리자에게 지도 사용에 대한 기간, 지역 및 사용할 지도 유형에 대한 정보를 제공하고 관리자가 이에 대한 승인이 이루어진 이후에 부여 받는다. 무선 인터넷을 통해 모바일 클라이언트는 현장에서 받은 지도데이터를 OpenGL를 사용하여 3차원 가시화를 수행한다. 가시화된 화면에는 해당 사용자의 위치에 대해 인근에 존재하는 지하 시설물 및 지하구조물에 대한 정보가 표출된다. Fig. 2는 모바일 클라이언트에서 가시화된 지하공간통합지도 화면이다.

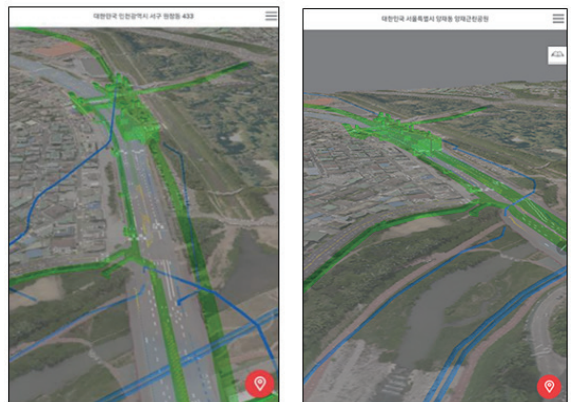


Fig. 2. Display of underground geospatial informaion map

3. 본론

현재 구현된 지하공간통합지도 현장 활용지원 시스템은 보안을 고려하여 지도를 사용할 사용자에게 지도 사용에 대한 기간, 지역 및 지도 타입에 대한 권한 관리를 수행하고 있으나, 굴착현장에서는 굴착시 지하시설물의 파열 사고를 예방하기 위해 관심 지하시설물 이외의 모든 지하시설물에 대한 정보를 제공해 주어야 하는 작업상의 특성이 있다.

이러한 특성은 보안이 중요한 지하시설물에 대한 정보를 사용자에게 과도하게 제공하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 굴착현장의 작업 특성을 고려하여 관심 지하시설물에 대해서는 전체 가시화를 수행하고, 그 외 지하시설물에 대해서는 가시화를 최소화할 수 있는 선별적 가시화 기법을 설계한다.

3.1 가시화 필터의 생성 및 적용

Fig. 3은 하수관 공사현장에서 모바일클라이언트 화면에 가시화된 지하공간통합지도를 도식화한 그림이다. 지도상에는 두개의 하수관로와 통신선로 및 전력선이 존재하며 이중 하수관로가 관심대상 지하시설물이고, 통신선로 및 전력선은 관심대상이 아니나 작업 중 파열사고 방지를 위해 화면에 출력되어야 되는 지하시설물이다.

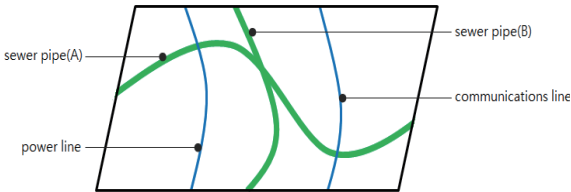


Fig. 3. Diagram of underground facilities

지하시설물에 대해 가시화를 최소화하기 위해서는 우선 관심대상 지하시설물 각각에 대한 필터를 생성한다. Fig. 4는 지하시설물에 대한 필터영역을 생성하는 방법이다. 필터의 생성은 지하시설물을 구성하는 각각의 노드점으로 부터 사전에 정의된 허용 반경의 점들을 연결하여 지하시설물을 포함하는 영역을 계산함으로써 얻을 수 있다.

Figs. 5와 6은 하수관(A)와 하수관(B) 지하시설물 각각에 대해 필터를 생성한 것이다. 필터영역을 기준으로 안쪽을 가시화하는 부분으로, 바깥쪽을 가시화하지 않는 영역으로 지정한다. 가시화 필터는 화면에 출력되는 관심 지하시설물 개체에 대해 생성된다.

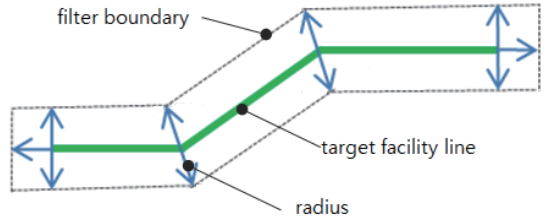


Fig. 4. Making filter area

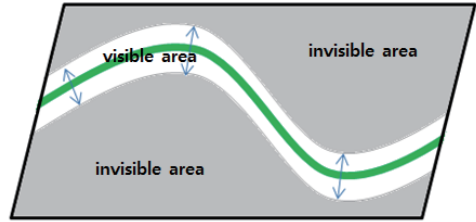


Fig. 5. Filter area of sewer pipe(A)

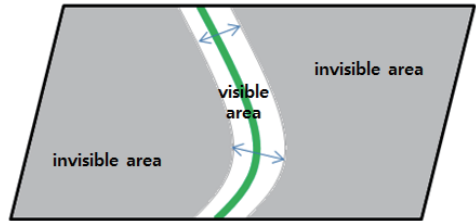


Fig. 6. Filter area of sewer pipe(B)

각 관심 지하시설물 별로 생성된 필터는 화면에 출력할 통합 필터를 생성하기 위해 가시화 영역에 대해 공간 합집합 연산을 수행하여 하나의 필터로 만들어 진다. Fig. 7은 각각의 지하시설물 필터에 대해 공간 합집합 연산을 수행하여 생성된 최종 필터이다.

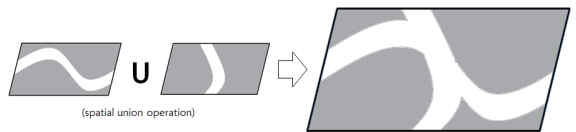


Fig. 7. Final filter area of target facilities

통합된 가시화 필터는 지하공간통합지도를 화면에 출력할 때 출력할 각 객체의 화면 출력 여부를 결정할 때 사용한다. Fig. 8은 통합필터가 적용된 지하공간통합지도 화면 출력내용을 표현한 것이다. 사용자의 관심대상 지하시설물 하수관(A)와 하수관(B)에 대해서는 정상적으로 모든 객체를 화면에

출력하지만, 관심대상이 아닌 통신선로 및 전력선의 경우 하수관 인근에 대해서만 화면에 출력하고, 그 외 영역에 대해서는 화면에 출력하지 않았다.

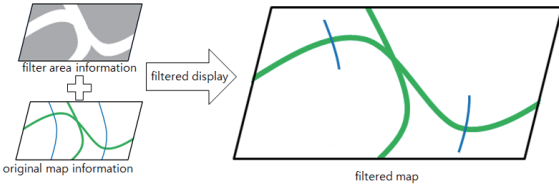


Fig. 8. Filtered display of underground information map

Fig. 8에서와 같이 굴착현장에서 관심대상에 대한 작업을 진행하며, 다른 시설물에 대한 정보의 출력을 최소화함으로써, 현장 활용지원 시스템에서 지하공간통합지도에 대한 보안성을 보다 향상시킬 수 있다.

3.2 시스템 설계

Fig. 9은 지하공간통합지도의 선별적 가시화를 위한 절차도이다. 선별적 가시화는 가시화 필터를 생성하는 단계(step1)와 생성된 필터를 사용하여 지하시설물을 화면에 출력하는 단계(step2)로 구성된다. 1단계에서는 각각의 시설물의 3차원 정보를 가지고 있는 Facility에 대해 FilterGenerator가 개별 필터정보를 생성하고 FilterManager가 생성된 필터정보들에 대한 합집합 연산을 수행하여 통합필터정보를 생성한다. 이후 생성된 통합필터정보는 Render에게 전달한다. 2 단계에서는 각각의 시설물정보(Facility)를 Render를 통해 가시화를 진행하며 Render는 1단계에서 받은 통합필터정보를 사용하여 화면에 출력할 객체의 좌표가 필터 내 가시화 영역에 존재하는지 판단하여 가시화 영역 내에 존재할 경우에만 가시화를 진행한다.

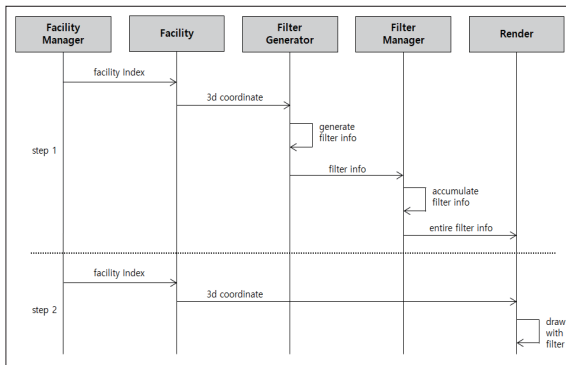


Fig. 9. Sequence diagram for filtered display

다음 Fig. 10은 전체 시스템 구성요소중 가시화 필터의 생성 및 지도데이터 가시화에 참여하는 클래스들의 다이어그램이다.

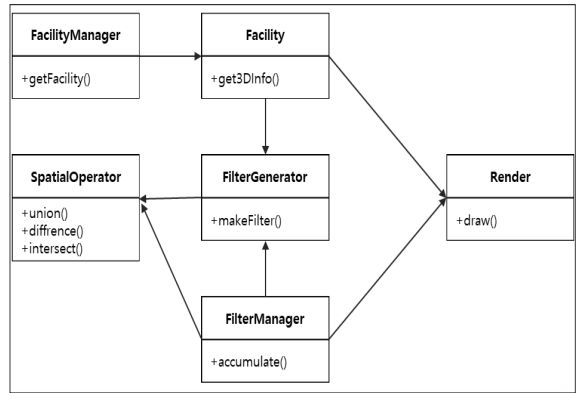


Fig. 10. Class diagram for filtered display

- * FacilityManager : 지하시설물정보(Facility)객체를 타일 형태의 영역별로 관리 및 하나의 영역 내에서 레이어별로 관리한다.
- * Facility : 서버로부터 압축 경량화 되어 전송된 지하시설물정보를 3차원 좌표정보로 파싱하여 OpenGL에서 사용 가능 형태로 관리한다.
- * FilterGenerator : Facility가 가지고 있는 3차원 좌표정보와 SpatialOperator객체의 메소드를 사용하여 가시화 필터영역을 생성한다.
- * FilterManager : FilterGenerator에서 생성한 필터영역을 취합 관리하고 SpatialOperator객체의 메소드를 사용하여 통합필터를 생성한다.
- * SpatialOperator : 필터영역 생성 및 통합필터 생성에 필요한 공간연산자를 메소드로 제공한다.
- * Render : Facility가 가지고 있는 3차원 좌표정보 및 FilterManager의 통합필터 영역을 전달받아 OpenGL을 사용하여 화면에 지하시설물을 가시화 한다.

3.3 시스템 구현

지하공간통합지도 현장 활용지원 시스템에서 서버는 윈도우 환경에서 구현되었으며, 클라이언트는 윈도우 환경과 안드로이드 환경에서 각각 구현되었다. 윈도우 클라이언트에서 3차원가시화는 OpenGL의 C# 버전인 OpenTK 활용하여 적용하였으며, 안드로이드 클라이언트에서는 OpenGL ES를 사용하였다.

Table 1. Development environment

Item	Windows	Android
OS	Window OS 10	Android 11
Tool	Visual Studio 2017 .Net Framwork 4.7.2 OpenTK (OpenGL)	Android Studio Artic Fox OpenGL ES
Language	C#	Java
Installation Type	DLL Library	APK

3.4 결과 화면

Fig. 11는 필터를 적용하기 전 굴착현장에서 지하공간통합 지도를 화면에 출력한 그림이다. 붉은색 부분이 작업 대상 관심 지하시설물을 나타낸다. 그림에서 출력된 것과 같이 굴착 현장에 매설된 모든 지하시설물 정보가 화면에 출력된다.

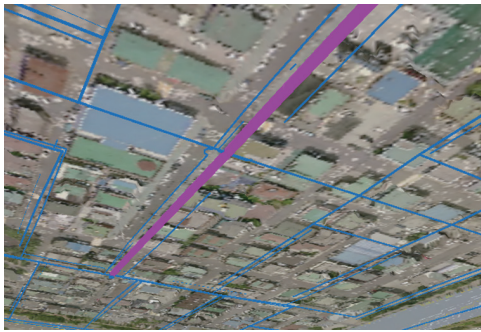


Fig. 11. Underground map before applying filter

Fig. 12은 필터를 적용하여 관심대상 지하시설물에 대해 일정 거리 내에서만 지하시설물을 가시화하고 거리 밖 영역은 지하시설물을 가시화 하지 않은 지도 화면이다. 작업자는 관심 지하시설물에 대한 작업을 진행하며 주변 다른 지하시설물에 대한 고려를 할 수 있다.

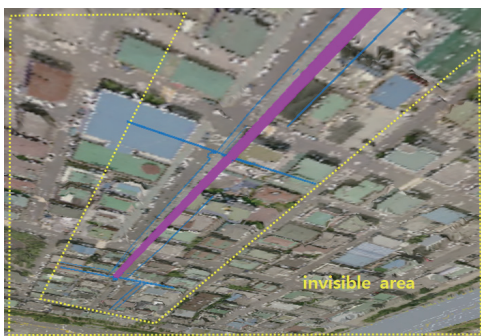


Fig. 12. Underground map after applying filter

4. 요약 및 결론

본 논문에서는 현장에 제공되는 지하공간통합지도의 보안성 향상을 위해 관심대상 지하시설물과 그 외 지하시설물의 가시화를 구분하여 가시화 하는 방법에 대하여 설계 및 구현을 기술하였다. 관심대상 지하시설물은 전체 정보를 모두 가시화하고 해당 시설물을 포함하는 인근지역에 대한 가시화 필터를 생성한 후 나머지 지하시설물을 가시화 할 때 해당 필터를 적용하여 관심 지하시설물 인근에서만 가시화 하도록 하여 보안성이 중요시 되는 지하시설물에 대한 가시화를 최소화 하였다. 이를 통하여 지하공사현장에서 작업 시 관심대상 지하시설물에 대한 작업을 진행시 굴착작업으로 인해 발생할 수 있는 지하시설물 파열사고를 예방할 수 있다. 또한 비 관심대상 지하시설물에 대한 정보제공을 최소화함으로써 보안정보 유출의 위험성을 감소시켰다.

향후 연구과제로는 현재 클라이언트에서 진행되는 가시화 필터링을 서버에서 진행하는 연구를 진행할 계획이다. 클라이언트에서 진행되는 가시화 필터링은 가시화하지 않는 데이터를 클라이언트에 전송하여 필터링 하는 작업을 진행함으로써 불필요한 데이터의 전송이 이루어지는 단점이 있으며 해당 데이터 관리에 잠재적 보안 취약점을 가지고 있다. 서버에서의 필터링은 가시화 하지 않는 데이터를 클라이언트로 전송하지 않으므로 데이터 전송을 최적화하고 데이터 보안을 향상시킨다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호: 21DCRU-B158169-02)

References

- MOLIT. (2020). *Development of technology for renewal automation and field utilization on the integrated underground geospatial information map*. R&D plan, 1-30.
- Cho, Sook-Kyoung, Kim, Yong-Tae, and Choi, Ja-Young, (2020). Design and implementation of mobile 3D visualization service system on the integrated underground geospatial information map, *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 25(12). 173-186.

- Cho, Sook-Kyoung, Kim, Yong-Tae, Choi, Ja-Young, and Jang, Yong Gu, (2020). 3-Dimensional object visualization method considering the security on mobile service system for underground spatial information integrated maps. *The Proceeding of Korean Society for Geospatial Information*.
- Lee, Tae Hyung, Lee, Kang Won and Kim, Hyun Woo. (2020). Analysis of lightweight technology for underground geospatial information map for mobile. *KSCE 2020 CONVENTION*. 1951-1952.
- LOD, <http://www.nsd.go.kr/lxportal/?menuno=4038>
- Kang, Hye Young and Lee, Jiyeong (2014) 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.
- KhronosGroup*, <https://github.com/KhronosGroup/gITF>
- OpenTk*, <https://opentk.net/learn/index.html>
- KhronosGroup*, <https://www.khronos.org/opengles/>
- J.Y.Na and C.H.Hong (2013) 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.