

# 모바일용 지하공간정보지도 관리 시스템에서 응답속도 향상을 위한 캐싱 기법

김용태<sup>1\*</sup>, 고훈준<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(주)디비엔텍 시스템개발본부 부장, <sup>2</sup>경인여자대학교 소프트웨어융합과 교수

## Design of Caching Scheme for Mobile Underground Geospatial Information Map System

Yong-Tae Kim<sup>1\*</sup>, Hoon-Joon Kouh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>General, System Development Div., DBNtech Co., Ltd

<sup>2</sup>Professor, Department of Software Convergence, Kyung-in Women's University

**요약** 지하공간정보지도 관리 프로그램은 일반지도와는 달리 지하정보를 3D 형태로 한 눈에 볼 수 있도록 만든 시스템이다. 이 시스템은 전송 데이터의 경량화를 위해 지도를 타일지도로 만들어 관리하고 있으나 지하에는 다양한 지하구조물들이 있고, 3D 데이터로 되어 있어 데이터의 용량이 크다. 따라서 일반적으로 클라이언트가 모바일 프로그램에서 타일지도를 요청할 때 마다 서버가 요청한 타일지도를 클라이언트에게 전송하는데 전송지연시간 문제가 발생하고 있다. 본 논문에서는 모바일용 지하공간정보지도 관리 시스템에서 클라이언트에게 제공되는 타일지도 데이터에 대한 요청응답 속도를 향상시키기 위해 타일 캐싱 방법을 설계한다. 제안된 기법은 클라이언트가 타일지도를 보고 있는 동안에 서버가 다음 타일지도를 미리 예측하여 프리페칭하고 프리페칭한 데이터를 서비스 서버에 저장하지 않고 클라이언트 모바일 단말기의 메모리에 미리 저장하여 전송지연시간 문제를 해결하는 방법을 제안한다.

**주제어** : 지하공간정보지도, 타일지도, 캐싱, 타일 프리페칭, 모바일 프로그램

**Abstract** Unlike general maps, the underground geospatial information is a system made to view underground information in a 3D shape. This system is managed by a tile maps to lighten the data. But there are various underground structures in the basement, and the structures are made of 3D data, so the data size is large. Therefore, when a client mobile program requests a tile map, the service server fetches the requested tile map from the DB server and transmits it to the client, but there is a transmission delay time problem. In this paper, we design the tile cache method to improve the request response speed for the tile map data provided to the client in the mobile underground geospatial information system. We propose a method in which a service server predicts and prefetches the next tile map while the client is viewing tile map, and stores the prefetching data in the memory of client mobile terminal. Then, the transmission delay time problem can be solved.

**Key Words** : Underground Geospatial Information Map, Tile Map, Caching, Tile Prefetching, Mobile Program

\*This article is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant : 21DCRU-B158169-02)

\*This article is extended and excerpted from the conference paper presented at KAGIS Fall Conference. 2021

\*Corresponding Author : Yong-Tae Kim(ytkim@dbnt.co.kr)

## 1. 서론

2018년 아현동에서 발생한 KT공동구 화재사고나 2018년 고양시의 노후 열수송관 파열사고 등 최근 들어 지하시설물의 안전사고가 빈번하게 발생하고 있어 정부는 이에 대한 대응으로 2015년부터 지하정보를 한 눈에 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[1,2]. 지하공간정보지도 관리 시스템을 활용함으로써, 현장 작업자는 대용량 지하공간정보지도를 무선 인터넷을 통해 위치 기반으로 현장에서 실시간으로 제공받고, 지하공간정보지도의 3D 가시화를 통한 사용편의성을 증대함으로써, 2D 종이지도를 통해 표현하기 어려웠던 현장의 상세한 정보를 제공받을 수 있다[2,3].

3D 데이터의 특성을 가지는 모바일용 지하공간정보지도 관리 시스템은 데이터의 양이 큰 3D 데이터로 이루어져 있기 때문에 데이터 관리와 데이터 전송에 문제가 있다. 그래서 이 시스템은 3D 데이터를 경량화하기 위해 위치를 기반으로 동작하는 타일지도(tile map) 방식으로 설계하였다.

기본적으로 모바일 프로그램은 클라이언트 위치에 따라 한 개 이상의 타일지도를 서버로부터 가져온다. 그러나 지하공간정보지도에는 지형지도뿐만 아니라 다양한 지하구조물을 표현하고 있고 3D로 이루어진 지하구조물 데이터의 양이 대용량이기 때문에 클라이언트가 위치를 이동할 때 마다 모바일 프로그램에서 타일 지도 방식만으로는 지하공간정보지도를 실행하기에는 다음과 같은 이유로 느리다.

첫째, 타일지도의 모든 정보를 서버로부터 지하공간정보지도 모바일 프로그램으로 전송하는데 많은 시간이 걸린다. 서버의 데이터베이스로부터 메모리에 데이터가 저장되는 시간과 네트워크를 통해 전송되는 지연 시간으로 버퍼링이 발생할 수 있다.

둘째, 지하공간정보지도의 타일지도에는 일반 타일 지도와 달리 다양한 지하구조물이 3D 데이터로 각각 관리되고 있어 한 개의 타일지도 안에 지하구조물이 많은 경우 모바일 프로그램에서 타일지도를 불러오는데 일반 타일지도보다 시간이 오래 걸린다.

따라서 모바일 환경에서 실시간 서비스를 위해서는 타일지도를 전송하는 시간을 줄이고 3D 데이터의 크기를 경량화 하는 등의 다양한 연구가 필요하다.

첫 번째 문제를 해결하기 위해서 [4]의 연구에서는 인접타일캐시, 진행방향타일 캐시를 서버에 프리페칭(prefetching)하는 방법을 제안하였으나, 여러 클라이언트가 동시에 타일지도를 서버에 요청할 경우에 서버의 캐시 메모리 용량 제한 문제와 데이터 처리로 인한 서버의 과부하와 클라이언트가 타일지도 요청 시 캐싱(caching)되어 있는 데이터를 바로 전송할 때 발생하는 전송지연시간 문제가 있었다.

본 논문에서는 첫 번째 문제를 해결하기 위해 클라이언트에서 요청한 타일지도를 모바일 프로그램으로 전송하는데 걸리는 지연시간을 줄이기 위해 이전 연구의 문제점을 개선한 프리페칭 기법과 클라이언트의 모바일 단말기 메모리에 프리페칭 데이터를 저장하는 타일 캐싱 기법을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성하였다 2장에서는 타일지도의 개념과 기존 캐싱 관련 연구에 대해 설명하고 3장에서는 모바일용 지하공간정보지도 관리 시스템에 대해 설명한다. 4장에서는 전송지연을 줄이기 위해 본 논문에서 제안하는 타일 캐싱 기법을 설명한다. 마지막으로 5장의 결론은 연구 내용을 정리하고 향후 연구에 대해 기술한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 타일지도(Tile Map)

과거의 지리정보시스템은 지도의 초기 로딩시간이 길어서 클라이언트가 요청한 지도를 보기 위해서는 오랜 시간을 기다려야만 했다. 이를 해결하기 위해서 Fig. 1과 같이 지도를 일정한 크기의 조각(타일)으로 나누어서 관리하고 타일을 전송하는 단위로 사용하는 방법을 사용하였다[5,6]. 클라이언트는 넓은 지역의 지도를 한번에 보지 않기 때문에 타일지도로 만들어서 전송하면 지도 전체를 전송하는 시간에 비해서 전송시간을 효율적으로 관리할 수 있다.



Fig. 1. Tile map

타일지도의 개념은 오래전부터 있던 개념이지만 인터넷을 기반으로 하는 웹에서도 사용되기 시작하였다. 구글(google)[7]이 2013년 웹기반 구글 지도를 타일지도로 만들어서 제공하기 시작했고 그 이후에 대부분의 포털 지도 서비스들도 타일지도 방법을 사용하기 시작하였다[8]. 그러나 단순 지형지도가 아닌 다양한 시설 정보가 포함되어 있는 특수 목적의 타일지도인 경우에는 타일지도의 개념만으로는 지도의 로딩시간을 해결하기에는 문제가 있었다.

### 2.2 타일 캐싱 기법

타일 프리페칭(prefetching)과 캐시 교체(cache replacement)는 클라이언트의 요청을 기다리지 않고 서버가 미리 예측하여 데이터베이스에서 타일지도를 가져와 고속 캐시 버퍼(high cache buffer)에서 적절한 타일을 교체함으로써 타일 전송시간을 줄여 시스템의 성능을 향상시키고자 하는 기술이다[6,9,10].

가장 일반적으로 많이 사용하는 방법은 상대적인 타일 인기도만 고려하여 어떤 타일을 프리페칭해야 하는지 예측하거나 단일 개별 사용자의 접근 동작만 고려하여 어떤 타일을 프리페칭해야 하는지 결정하는 방법이다[10].

이러한 모든 방법은 사용자 행동, 즉 탐색 경로를 기반으로 요청되며, Tile Prefetching Based on Previous k Movements[11], Basic Markov[12], Zipf's cache strategy[13] 등 서버에서 타일을 미리 가져와 캐싱하는 서버 쪽 기반 모델과 클라이언트에 타일을 캐싱하는 클라이언트 쪽 기반 모델인 Retrospective Adaptive Prefetch[14]가 있다[10]. 그러나 서버 쪽 기반 모델은 여러 사용자가 동시에 사용할 경우 서버에 과부하가 발생할 위험이 높고 여러 클라이언트가 사용할 때 메모리 공간 문제와 캐시가 소멸되는 문제가 발생할 수 있다. [14]과 같은 클라이언트 쪽 기반모델은 서버 기반 모델의 문제점을 해결하기 위해서 클라이언트의 가장 최근 탐색 경로를 사용하여 다음에 요청될 가능성이 가장 높은 타일을 클라이언트 단말기의 메모리에 프리페칭한다. 그러나 최근탐색 경로 예측이 부정확하며 클라이언트가 이동하면 프리페칭한 데이터를 모두 지우고 새로운 프로세스로 시작하는 문제점이 있다.

## 3. 지하공간정보지도 관리 시스템

### 3.1 타일지도의 구조

다양한 정보를 가지고 있는 지하공간정보지도 관리 시스템은 지도 데이터의 경량화를 위해 지도를 타일로 만들어 관리하고 있다. 한 개의 타일 안에는 지형정보 뿐만 아니라, 지하시설물, 지하구조물 등으로 구성되어 있다[15].

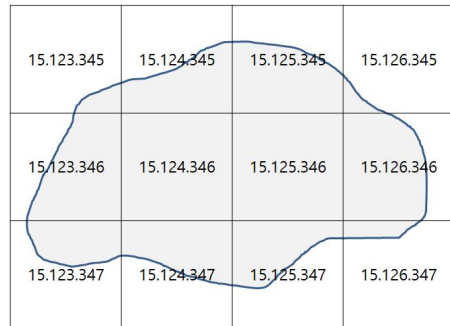


Fig. 2. Tile Map Structure of Mobile Underground Geospatial Information System

Fig. 2는 특정 지역을 타일로 나누고 타일ID를 부여한 예이다. 타일은 지역에 따라 사전 정의된 고정 크기의 격자로 나누고 타일에 ID를 부여하였다.

타일 ID는 TM(Transverse Mercator) 좌표계 (EPSG:5186)를 기반으로 Level.x\_idx.y\_idx의 구조를 가진다. Level은 지도를 타일로 자르기 위한 행과 열의 개수를 말하며, 본 논문에서는 값을 15로 지정하였다. x\_idx는 타일의 x 인덱스, y\_idx는 타일의 y 인덱스를 나타낸다. 따라서 좌표 (pt\_x, pt\_y) 값이 있다면 타일 ID 값은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Width} &= \text{MaxX} - \text{MinX}; \\ \text{Height} &= \text{MaxY} - \text{MinY}; \end{aligned} \quad (1)$$

MaxX, MinX, MaxY, MinY는 TM좌표계의 최대값과 최소값이며, 그 값으로부터 식(1)과 같이 좌표계의 전체 영역의 폭 Width와 높이 Height를 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} w\_unit &= \text{Width} / \text{Pow}(2, \text{Level}); \\ h\_unit &= \text{Height} / \text{Pow}(2, \text{Level}); \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)는 식(1)에서 구한 Width, Height 값으로부터 한 개 타일의 폭 w\_unit과 높이 h\_unit을 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 x\_idx &= (pt\_x - MinX) / w\_unit; \\
 y\_idx &= (pt\_y - MinY) / h\_unit; \quad (3)
 \end{aligned}$$

식(3)은 식(2)에서 구한 한 개 타일의 폭 w\_unit과 한 개 타일의 높이 h\_unit을 사용하여 좌표계의 전체 폭과 높이, 좌표값으로부터 타일의 x 인덱스 x\_idx와 타일의 y 인덱스 y\_idx의 값을 구할 수 있다.

지하공간정보지도 관리 시스템에서 각각의 타일지도는 Fig. 3과 같이 타일 ID를 폴더 이름으로 만들어 관리되고 있으며 폴더 안에는 지형정보와 다양한 지하시설물, 지하구조물이 각각의 3D 데이터 파일로 만들어져 있다.

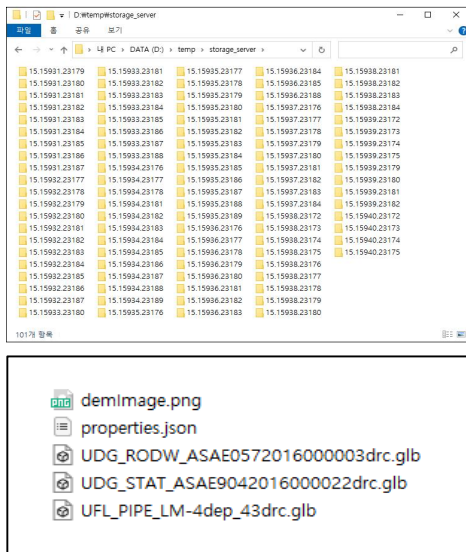


Fig. 3. The structure of tile folder

따라서 모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램에서 보이는 한 개의 타일지도는 Fig. 4와 같이 지도정보와 다양한 지하시설물, 지하구조물 별로 각각의 3D 레이어 구조로 만들어 한 화면으로 보이게 된다.

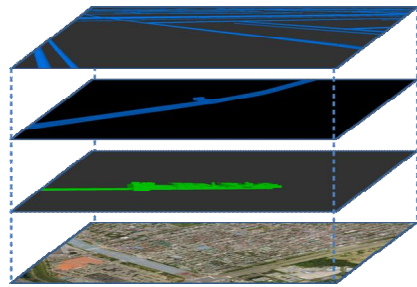


Fig. 4. Tile Map Layer

### 3.2 지하공간정보지도 관리 시스템의 구조

지하공간정보지도 관리 시스템에서 타일지도를 제공하는 시스템의 구조도는 Fig. 5와 같다[4]. 지하공간정보지도 관리 시스템은 보안을 위해 타일지도를 보관하는 지하공간정보지도 DB 서버가 있고, DB 서버에서 타일지도를 가져오고 클라이언트와 통신하기 위한 서비스 서버가 있다.

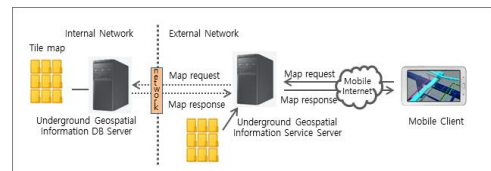


Fig. 5. The system structure for providing tile maps

DB 서버는 서비스 서버가 요청한 타일지도를 제공하는 역할을 하며, 지도 데이터의 보안을 위해 망이 분리된 내부 망에서 운영된다. 서비스 서버는 사용자에 대한 계정과 계정 별로 설정된 지도 사용에 대한 권한을 관리하고 사용자가 요청한 타일지도를 DB 서버로부터 받아 클라이언트의 모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램에 제공한다. Fig. 6과 같이 모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램은 위치기반으로 3D 타일 지도를 서비스 서버에 요청하여 가시화하는 역할을 한다[2,4]. 그러나 타일지도에는 일반 지도와 달리 상수관, 하수관, 지하주차장, 지하철 역사, 지하철 선로, 통신 선로 등 다양한 지하시설물과 지하구조물의 대용량 3D 데이터가 있어서 모바일 프로그램에서 타일지도를 요청하고 전송을 받기에는 느리다.

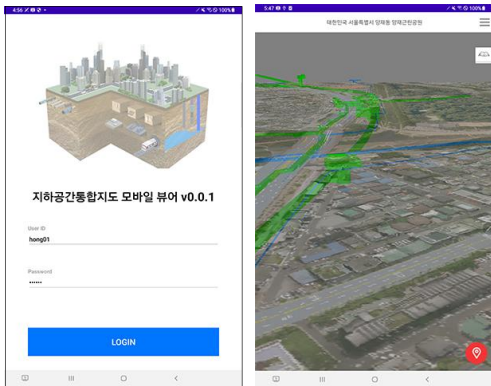


Fig. 6. Mobile viewer

또한 Fig. 2에서와 같이 모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램을 사용하는 클라이언트의 위치가 타일 ID가 15.124.346인 타일의 한가운데 있다고 가정하면 서버는 타일 ID가 15.124.346인 타일지도 한 개 만 전송하지만, 클라이언트가 타일 ID가 15.124.346인 타일의 우측 위쪽 모서리에 위치해 있다면 서비스 서버는 15.124.346 타일지도뿐만 아니라 15.124.345, 15.125.345, 15.1225.346 타일지도까지 총 4개의 타일을 전송해야 하기 때문에 모바일 프로그램은 데이터를 전송받는데 더 느리게 된다.

4. 응답속도 향상을 위한 클라이언트 타일지도 캐싱 기법

클라이언트가 작업현장에서 현재 위치의 타일지도를 받은 다음에 다른 위치로 이동하여 그 위치의 타일지도를 받을 경우 서비스 서버는 DB서버에서 타일지도를 가져오고 클라이언트로 타일 지도를 전송하는데 이때 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다. 따라서 클라이언트가 다른 위치로 이동하기 전에 다음 타일지도를 예측하여 타일지도를 프리페칭 한다면 전송하는 전송지연 시간을 줄일 수 있어서 클라이언트가 타일지도를 기다리지 않고 바로 사용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 타일지도 캐싱 정책 4가지를 제안한다.

[정책1] 인근 타일지도 캐시

Fig. 7과 같이 클라이언트가 최초  $t_{ij}$  타일지도를 요청할 경우 서비스 서버는 다음 타일지도의 요청을  $t_{ij}$  타일지도를 둘러싸고 있는 8개의 타일지도 중 한 개의 타일지도라고 예측할 수 있기 때문에 클라이언트의 요청이 없이 현재 타일  $t_{ij}$ 를 전송하고 8개의 타일  $t_{i-1,j-1}$ ,

$t_{i-1,j}$ ,  $t_{i-1,j+1}$ ,  $t_{ij-1}$ ,  $t_{ij+1}$ ,  $t_{i+1,j-1}$ ,  $t_{i+1,j}$ ,  $t_{i+1,j+1}$ 를 프리페칭한다.

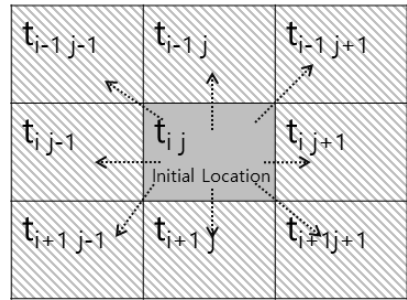


Fig. 7. Caching strategy I

따라서 캐싱 집합 T는  $T=\{t_{i-1,j-1}, t_{i-1,j}, t_{i-1,j+1}, t_{ij-1}, t_{ij+1}, t_{i+1,j-1}, t_{i+1,j}, t_{i+1,j+1}\}$ 가 된다.

[정책2] 진행방향 타일지도 캐시

클라이언트의 위치가  $t_{ij}$  타일지도에서  $t_{i+1,j}$  타일지도로 이동할 경우  $t_{i+1,j}$  타일지도는 [정책1]에서 생성된 캐싱 집합 T에서 가져 올 수 있고 이동 방향이  $t_{ij}$ 에서  $t_{i+1,j}$ 이므로 다음 이동 방향이 Fig. 8과 같이  $t_{i+2,j}$  타일지도일 확률이 높다. 따라서  $t_{i+2,j}$  타일지도를 프리페칭한다.

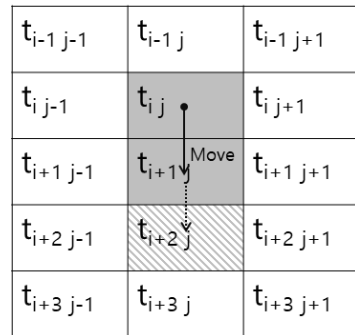


Fig. 8. Caching strategy II

$t_{i+2,j}$  타일지도를 프리페칭할 때 [정책1]에 의해서 이미 캐싱 집합 T가 있으므로 만약 T에  $t_{i+2,j}$  타일지도가 있다면 프리페칭을 하지 않고 없다면 추가한다. 그리고 이전에 위치했던  $t_{ij}$  타일은 다시 이동할 확률이 높은 타일이므로 타일캐시 집합에 보관한다. 그러면 캐싱된 집합은  $T= \{t_{i-1,j-1}, t_{i-1,j}, t_{i-1,j+1}, t_{ij-1}, t_{ij+1}, t_{i+1,j-1}, t_{i+1,j}, t_{i+1,j+1}, t_{i+2,j}, t_{ij}\}$ 이 된다. 그러나  $t_{i-1,j-1}, t_{i-1,j}, t_{i-1,j+1}, t_{ij-1}, t_{ij+1}, t_{i+1,j-1}, t_{i+1,j}, t_{i+1,j+1}$  타일지도는 이동할 확률이 적은 타일지도

이므로 캐싱 집합에서 삭제한다. 그 결과  $T = \{t_{i+1}, t_{i+2}, t_{ij}\}$ 가 된다.

모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램은 일반적으로 특정 지하구조물의 측량 또는 굴착등을 위해 사용하기 때문에 클라이언트는 관심이 있는 특정 지하구조물을 기준으로 다른 지하구조물과 위치, 간섭 등을 확인한다. 따라서 클라이언트가 작업하려는 지하구조물을 기준으로 [정책3]과 같이 프리페칭을 하면 효율적이다.

[정책3] 지하구조물방향 타일지도 캐시

클라이언트가 작업하려는 지하하수도관이 Fig. 9와 같이  $t_{i-1}, t_{ij}, t_{i+1}, t_{j-1}$  타일지도를 지나간다고 가정할 경우 클라이언트가 최초로  $t_{ij}$  타일지도를 요청한 후 이동하여  $t_{i+1}$  타일지도를 요청할 경우 클라이언트가 관심이 있는 지하구조물의 흐름에 따라 관심이 있는 타일이  $t_{i+1}$  일 확률이 높다. 따라서  $t_{i+1}$  타일지도를 프리페칭한다. 그러면  $T = \{t_{i+1}, t_{i+1}, t_{ij}\}$ 가 된다.

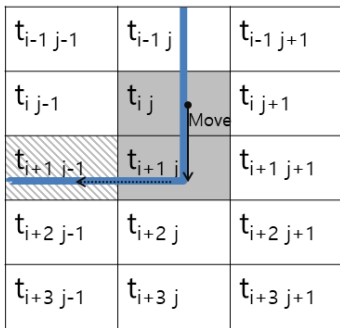


Fig. 9. Caching strategy III

클라이언트가 최초 모바일 프로그램을 실행하여 타일을 요구할 경우에는 [정책1]의 인근타일지도 캐시를 적용을 하여 현재 위치의  $t_{ij}$ 타일 주위의 8개의 타일  $T = \{t_{i-1, j-1}, t_{i-1, j}, t_{i-1, j+1}, t_{ij-1}, t_{ij}, t_{i+1, j-1}, t_{i+1, j}, t_{i+1, j+1}\}$ 을 프리페칭하고 그 다음부터는 [정책 2]의 진행방향 타일지도 캐시와 [정책 3]의 지하구조물 방향의 타일지도 캐시를 동시에 적용하여 Fig. 10과 같이 2개의 타일  $t_{i+1, j-1}, t_{i+2}$ 를 프리페칭한다. 그러면  $T = \{t_{i+1, j-1}, t_{i+1}, t_{i+2}, t_{ij}\}$ 가 된다.

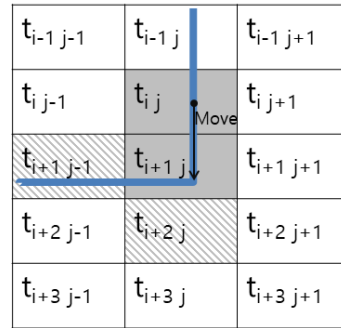


Fig. 10. Caching strategy II+III

[정책4] 모바일 단말기에 타일 캐시

[정책1], [정책2], [정책3]에 따라 서비스 서버는 클라이언트에게 요청 받은 타일과 프리페칭한 타일들을 DB 서버에서 가져와 클라이언트에게 전송하고 요청한 타일은 클라이언트 모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램에서 실행하고 프리페칭한 타일지도는 모바일 단말기의 메모리에 캐싱한다.

기존 [4]에서는 프리페칭한 타일지도를 서비스 서버의 캐시에 저장하였는데, 여러 명의 클라이언트가 모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램을 사용할 경우 서비스 서버가 DB 서버로부터 타일지도 데이터를 가져와서 클라이언트로 전송하고, 또한 서비스 서버에 타일을 캐싱하여 보관하기에는 부하가 많았다. 특히, 타일지도에는 지형정보만 있는 것이 아니고 지하공간의 다양한 시설 정보가 3D 데이터로 있기 때문에 클라이언트가 타일지도가 필요할 때 서비스 서버에 저장되어 있는 캐싱된 타일지도를 모바일 네트워크를 통해 전송하는데도 역시 전송지연시간이 발생한다. 따라서 클라이언트가 다른 위치로 이동하기 전에 프리페칭한 타일지도를 서비스 서버에 캐싱하지 말고 클라이언트 모바일 단말기에 미리 캐싱하는 방법이 효과적이다.

Fig. 11은 본 논문에서 제안하는 타일 지도 캐시 순차도이다.

1단계 : 클라이언트가 최초로 타일지도를 요청하면 서비스 서버는 DB 서버로부터 타일지도를 가져와서 클라이언트에게 보내고 전달한 타일의 인근 타일 8개를 프리페칭하여 클라이언트에게 전달한다. 클라이언트는 이 타일지도를 받아서 모바일 단말기의 메모리에 캐싱한다.

2단계 : 클라이언트가 다음 위치로 이동하면 현재 위치에 대한 타일지도도를 캐시된 데이터에서 가져온다. 그리고 현재 위치에서 진행방향타일지도 캐시 정책과 지하구조물방향 타일지도 캐시 정책에 해당하는 타일 지도가 현재 캐시된 타일지도 데이터에 있는지 찾아보고 있으면 서버에 타일지도도를 요청하지 않고 타일지도가 없으면 서버에 요청하여 타일지도도를 가져온다.

3단계 : 클라이언트가 이동할 때 마다 Fig. 11의 ③과 ④를 반복하면서 적용한다.

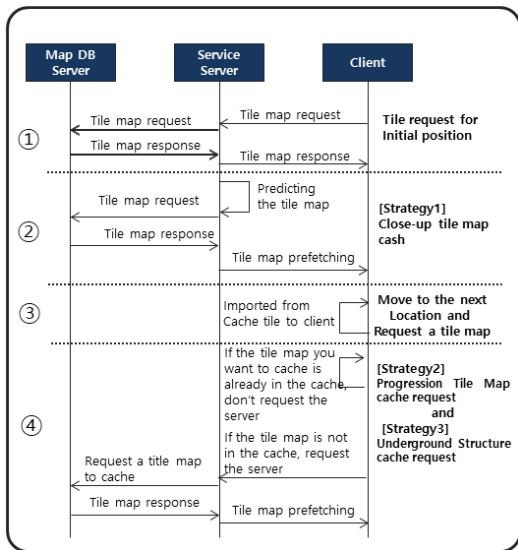


Fig. 11. Tile map prefetching sequence diagram

클라이언트가 현재 위치에서 타일지도도를 보고 있는 동안, 현재 위치에서 다음 위치로 이동하는 동안 시간적 여유가 있기 때문에 프리페칭한 타일들을 서버에서 클라이언트로 보내는 시간의 여유가 있다. 또한 최근 모바일 단말기의 메모리 용량이 많이 늘어나서 모바일 단말기에 타일지도도를 캐싱하기에는 메모리가 충분하다. 따라서 프리페칭한 타일지도도를 서버에 두지 말고 모바일 단말기의 메모리에 캐싱하면 클라이언트는 위치를 이동할 때 마다 서버에 타일지도도를 요청하여 전송받기까지의 시간을 기다릴 필요가 없이 바로 모바일 단말기의 메모리에서 타일지도도를 가져와 실행할 수 있다.

### 5. 결론

지하공간정보지도 관리 시스템은 타일지도에 지하구

조물을 3D구조로 표현하여 현장에서 지하 구조물 작업을 편리하게 할 수 있도록 도와주는 시스템이다.

기본적으로 지하공간정보지도 관리 시스템의 지도는 전송시간을 줄이기 위해서 관심이 있는 지역의 지도만 전송할 수 있는 타일지도로 만들어 관리하고 있다. 그러나 지하에는 다양하고 많은 지하구조물이 있고 3D 데이터로 되어 있어서 클라이언트가 위치를 이동할 때 마다 네트워크를 통해 타일 지도도를 전송하는데 전송 지연시간이 발생하였다.

본 논문에서는 지하공간정보지도 관리 시스템에서 대용량의 지하공간정보지도도를 현장에 실시간으로 제공할 때 발생하는 전송지연시간을 줄이기 위해 클라이언트가 타일지도도를 요청하기 전에 프리페칭하는 방법을 제안하였다. 최초 타일지도 요청 시에는 주위 타일 8개를 프리페칭하고, 그 이후부터는 클라이언트의 움직임 방향과 작업하려는 지하구조물의 위치에 따라서 타일 지도도를 프리페칭한다. 또한 일반적인 타일지도 캐싱 기법에서는 서버에 캐싱을 많이 하지만 지하공간정보지도 관리 시스템의 타일지도도는 파일의 크기가 크고 많아서 여러 클라이언트가 타일지도도를 서버에 요청할 경우 캐시메모리의 용량과 처리 시간 지연 또한 전송시간지연이 발생할 수 있어서 클라이언트가 사용하는 모바일 단말기에 캐싱하는 것을 제안하였다. 이 정책은 현재 위치에서 다른 위치로 이동하기까지의 시간적 여유가 있어 가능했고 최근 모바일 단말기의 하드웨어가 빠르게 발전하여 컴퓨터와 거의 동일한 수준의 메모리를 가지고 있어서 가능했다. 이와 같이 본 논문에서 제안하는 방법으로 타일지도도를 미리 캐싱하여 관리함으로써 서버에서 클라이언트에게 타일지도도를 전송하는데 발생하는 전송지연시간을 줄일 수 있었다.

향후 연구로는 캐싱된 3D데이터를 모바일용 지하공간정보지도 관리 프로그램으로 불러올 때 각각 레이어로 실행되는 시간도 지연시간이 발생하고 있어 이에 대한 연구가 필요하다.

### REFERENCES

[1] MOLIT. (2020). *Development of technology for renewal automation and field utilization on the integrated underground geospatial information map*. R&D plan, 1-30.  
 [2] S. K. Cho, Y. T. Kim & J. Y. Choi. (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.
- [3] S. K. Cho, Y. T. Kim, J. Y. Choi & Y. G. Jang. (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* (pp115-118).
- [4] Y. T. Kim. (2021). A Design of Predict Cache Buffer for Mobile Underground Geospatial Information System. *The Proceeding of the Korean Association of Geographic Information Studies* (pp316-319). Jeju
- [5] Y. K. Kang, K. C. Kim & Y. S. Kim. (2001). Performance Study of Probability-based Tile Pre-fetching nad Cache Replacement Algorithms for Web Geographical Information Systems. *Korea Computer Congress*, 28(2), 139-141.
- [6] B. Y. Hwang, Y. W. Park & Y. S. Kim. (2003). Probability-based Pre-fetching Method for Multi-level Abstracted Data in Web GIS. *Journal of Korean Society for Geospatial Information*, 2(3), 261-274.
- [7] Google Maps. (2013). *Google Inc.*(Online). <http://maps.google.co.kr>
- [8] S. H. Cho, C. Ga & K. Y. Yu. (2013). Improvement of Partial Update for the Web Map Tile Service. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 31(5), 3654-373.
- [9] M. H. Jeong & Y. C. Suh. (2009). A Study on Tile Map Service of High Spatial Resolution Image Using Open Source GIS. *Journal of Korean Society for Geospatial Information*, 17(1), 67-174.
- [10] S. Pan, Y. Chong, H. Zhang & X Tan. (2017). A Global User-Driven Model for Tile Prefetching in Web Geographical Information Systems, *PLOS ONE*.
- [11] D. H. Lee, J. S. Kim, S. D. Kim, K. C. Kim, Y. S. Kim & J. Park. (2002). Adaptation of a neighbor selection Markov chain for prefetching tiled Web GIS data. *In International Conference on Advances in Information Systems* (pp. 213-222). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [12] Y. Li, E. Zhong, E. Wang & Y. Huang. (2010). Markov model in prefetching spatial data. *Bulletin of Surveying & Mapping*, 7, 1-4.
- [13] L. Shi, Z. Gu, L. Wei & Y. Shi. (2005) Quantitative analysis of Zipf 'S law on web cache. *Lecture Notes Comput Sci*, 845-852.
- [14] S. Yeşilmurat & V. İşler. (2012). Retrospective adaptive prefetching for interactive Web GIS applications. *Geoinformatica*, 435-466.
- [15] S. K. Bae, Y. H. Shin & Y. S. Seo. (2017). A Study on Efficient Management for Information of Shopping Center in Underground Passage based on the Spatial Information. *Journal of The Korean Cadastre Information Association*, 19(2), 75-87.  
DOI : 10.46416/JKCIA.2017.08.19.2.75

## 김 용 태(Yong-Tae Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 인하대학교 전자계산 공학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 인하대학교 전자계산 공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 : 지오매니아 팀장
- 2000년 3월 : 시티스 팀장
- 2007년 1월 : 엠큐릭스 팀장
- 2019년 12월 ~ 현재 : 디비엔텍 부장
- 관심분야 : Mobile GIS, C Security, Iot
- E-Mail : ytkim@dbnt.co.kr

## 고 훈 준(Hoon-Joon Kouh)

[정회원]



- 2000년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 경인여자대학교 교수
- 관심분야 : Mobile 기술, 디지털 영상, 디지털 음악
- E-Mail : hjkouh@kiwu.ac.kr