

중심점 기반 지하시설물 갱신객체 추출 기술 Updated Object Extraction in Underground Facility based on Centroid

김광수¹⁾ · 이강우²⁾ · 김봉완³⁾ · 장인성⁴⁾

Kim, Kwangsoo · Lee, Kang Woo · Kim, Bong Wan · Jang, In Sung

Abstract

In order to prevent subsidence in urban areas, which is a major cause of damage to aging underground facilities, an integrated underground space map is being produced for systematic management of underground facilities. However, there is a problem of delaying the update time because an unupdated underground facility object is included in the process of updating the underground space integrated map. In this paper, we proposed a method to shorten the update time of the integrated map by selecting only the updated objects required for the update process of the underground space integrated map based on the central point of the underground facilities. Through the comparison of the centroid, the number of search targets is greatly reduced to shorten the search speed, and the distance of the actual location values between the two objects is calculated whether or not the objects are the same. The proposed method shows faster performance as the number of data increases, and the updated object can be reflected in the underground space integrated map about four times faster than the existing method.

Keywords : Underground Facility, Integrated Map, Map Update, Updated Object

초 록

노후화된 지하시설물의 손상이 주요 원인이 되어 발생하는 도심지 지반침하를 예방하기 위해 지하시설물의 체계적 관리를 위해 지하공간 통합지도가 제작되고 있다. 그러나, 지하공간 통합지도를 갱신하는 과정에 갱신되지 않은 지하시설물 객체가 포함되어 갱신 시간을 지연시키는 문제가 있다. 본 논문에서는 지하시설물의 중심점을 기반으로 지하공간 통합지도의 갱신 과정에 필요한 갱신된 객체만을 선별함으로써 통합지도의 갱신 시간을 단축하는 방법에 대해 제안하였다. 중심점 비교를 통해 검색 대상을 대폭 감소시켜 검색 속도를 단축하고, 동일 객체 여부는 두 객체의 실제 위치를 이용한 거리를 계산하여 판정하였다. 제안된 방법은 데이터의 수량이 많을수록 빠른 성능을 나타내고, 기존의 방법에 비해 약 4배 정도 빠르게 갱신된 객체를 지하공간 통합지도에 반영할 수 있다.

핵심어 : 지하시설물, 통합지도, 지도갱신, 갱신객체

Received 2020. 11. 13, Revised 2020. 12. 02, Accepted 2020. 12. 09

1) Member, Principal Researcher, City and Transport ICT Division, ETRI (E-mail: enoch@etri.re.kr)

2) Principal Researcher, City and Transport ICT Division, ETRI (E-mail: kwlee@etri.re.kr)

3) Principal Researcher, City and Transport ICT Division, ETRI (E-mail: kimbw@etri.re.kr)

4) Corresponding Author, Director, City and Transport ICT Division, ETRI (E-mail: e4dol2@etri.re.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

도시 인프라의 노후화로 인한 도심지 지반침하 사고가 증가하고 있으며, 이로 인한 인명과 재산 피해가 증가하고 있다. 전국에서 발생한 지반침하 사고는 2014년 71건에서 2018년 342건으로 4년 동안 다섯 배 가까이 증가하였다 (Water, 2019). Fig. 1은 연도별 지반침하 발생 현황을 표시하고 있다.

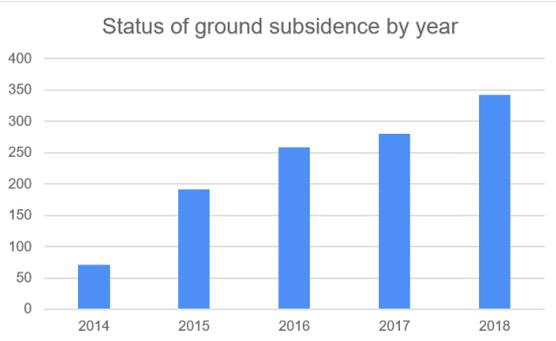


Fig. 1. Status of ground subsidence

이러한 지반침하 발생의 원인은 다양하나 노후 하수관의 손상이 가장 많은 원인으로 확인되고 있다. Table 1은 2018년과 2019년 사이에 발생한 지반침하 발생 현황을 표시하고 있다.

Table 1. Status of ground subsidence by cause (MOLIT, 2020)

Causes	2018	2019
Water pipe damage	36 (10.7%)	8 (4.2%)
Sewer pipe damage	140 (41.4%)	98 (51.0%)
Other burial damage	14 (4.1%)	4 (2.1%)
Poor excavation work	6 (1.8%)	6 (3.1%)
Poor compaction	68 (20.1%)	19 (9.9%)
Poor construction of water and sewage pipes	9 (2.7%)	3 (1.6%)
Poor construction of other burial work	10 (3.0%)	9 (4.7%)
Other	55 (16.3%)	45 (23.4%)
Sum	338	192

지반침하 사고를 예방하기 위해 국토교통부에서는 지하에 매설된 상·하수관, 가스관, 전기 및 통신구 등 사회 기반 시설의 현황을 체계적으로 관리하기 위해 3차원 기반 지하공간 통합지도를 2015년부터 구축하고 있다. 이 사업은 2023년

까지 전국 모든 지방자치단체를 대상으로 지하공간 통합지도 구축을 완료하는 것이 목표이다. 이 지도는 지자체 및 유관기관이 보유하고 있는 총 15종의 지하정보를 포함한다. 지하정보는 지하시설물 6종(상수, 하수, 통신, 전기, 가스, 난방), 지하구조물 6종(지하철, 지하차도, 지하보도, 지하상가, 지하주차장, 공동구) 및 지반 정보 3종(시추, 관정, 지질 정보)을 포함한다 (Jun, 2015; Park, 2018).

지하공간 통합지도는 지하 안전관리 및 지하공간 개발 등의 분야에서 직접 활용하기 위해 포함하는 정보의 최신성 유지 및 정확성 향상이 중요하다. 그러나, 지리 객체의 생성, 소멸, 변경 등 변화된 지하 정보는 6개월 정도의 주기로 지하공간 통합지도에 반영됨으로써 현실 세계의 형상과 통합지도 사이의 형상 차이가 불일치되는 현상이 상당 기간 지속되고 있다. 또한, 지하 정보 관리 기관이 제공한 지도에는 갱신된 객체와 갱신되지 않은 객체가 함께 포함되어 있으며, 이 지도를 지하공간 통합지도에 반영할 때는 갱신 객체와 비갱신 객체를 모두 저장한다. 이러한 갱신 방법을 이후에는 통판지도 갱신이라 표현한다. 따라서, 통판지도 갱신은 비갱신 객체를 지도가 갱신될 때마다 계속하여 저장함으로써 지도를 저장하는 시간을 늦어지게 만드는 문제를 발생시킨다.

따라서, 본 논문에서는 갱신 객체와 비갱신 객체가 함께 포함된 지하시설물 지도로부터 갱신된 객체만을 선별하여 지하공간 통합지도 데이터베이스에 반영함으로써 지하공간 통합지도 데이터베이스 갱신 시간을 단축하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 지하시설물 객체를 대표하는 중심점 좌표를 선택하고, 선택된 중심점 좌표를 기반으로 신규 객체와 원본 객체 사이의 갱신 여부를 탐지하여 갱신된 객체만을 선택한다. 또한 갱신 객체는 갱신 유형을 신규, 추가, 변경으로 분류하여 저장한다. 통판지도 갱신과 유사한 실험환경을 구축하여 진행된 실험 결과 제안된 방법은 기존의 방법에 비해 4배 정도 빠르게 지하시설물 지도를 변경할 수 있음을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련된 선행 연구를 소개하고, 3장에서는 제안하는 중심점 기반 갱신 객체 탐지 방법에 대하여 설명하고, 4장에서는 제안된 방법의 실험 결과를 서술 및 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론을 도출하고 향후 연구 계획을 제시하였다.

2. 관련연구

본 논문에서 제시하는 중심점 기반 갱신 객체 탐지 기술은 공간지도에서 갱신된 부분만을 선별하는 것으로 부분 지도 갱신 방법과 유사성이 존재한다. 따라서, 2장에서는 부분적

으로 갱신된 공간 정보를 기존의 전체 지도에 반영하는 부분 지도 갱신 기술에 대하여 논의한다. 부분지도 갱신 기술은 도로지도 부분 갱신과 지하시설물 부분 갱신으로 분류하였다.

도로지도 부분 갱신 기술은 차량용 네비게이션과 연관되어 다양한 연구가 진행되고 있다. 도로는 매년 15% 정도의 변경이 발생하므로 (Mapscape, 2020), 주기적으로 도로 전체 지도를 한 번에 변경하기보다는 변경된 부분만을 수시로 변경하는 것이 네비게이션 시스템의 안전성 향상에 좀 더 바람직하다. 도로지도 부분 갱신 기술에서는 주로 차량에 탑재된 GPS 수신기에 저장된 위치 좌표를 이용한다 (Stanojevic, 2018; Vesely, 2008). 저장된 GPS 수신 좌표와 기존의 도로지도를 중첩 분석하여 신규로 생성된 도로를 수시로 찾아낸다. 그러나, 이 방법은 신규 도로로 추정할 수 있는 충분한 수량의 GPS 수신 좌표가 있어야 하고, 도로 폭이나 차선 수와 같은 속성 정보를 찾을 수 없는 단점이 있다.

도로지도 부분 갱신 기술의 다른 흐름은 무선 통신망이 이용한 네비게이션 도로 업데이트 방법이다 (GIS, 2014; Min, 2008; Park, 2016). 기존에는 차량에 설치된 네비게이션 시스템에 장착된 CF 메모리를 컴퓨터에 연결하여 갱신된 지도를 한 번에 수신받아 지도를 변경하는 방법을 주로 사용하였으나, 무선 통신망의 발달로 지도 데이터를 통신을 이용하여 송/수신하는 과정에서 발생하는 대기 시간이 대폭 감소함으로써 주요 자동차 제조사들이 무선 통신망을 활용한 지도 갱신 방법을 선호하고 있다. 이 방법은 지도가 갱신될 때 차량에 탑재된 지도를 수시로 변경하여 안전 운전 향상에 도움을 줄 수 있다. 그러나, 이 방법에서는 차량용 네비게이션 시스템에 저장된 도로와 무선 통신망으로부터 수신한 지도 사이에 상호 식별 및 연결할 수 있는 유일한 버전 정보나 객체 식별자와 같은 변경되지 않는 정보가 필요하다.

지하시설물 부분 갱신은 주로 프로브라고 하는 장치를 이용하여 수행된다 (ITC, 2020). 프로브라는 장치에는 자이로스코프와 같은 센서를 장착하여 프로브의 이동 위치, 이동 거리 및 깊이와 같은 정보를 프로브에 저장한다. 지하시설물 네트워크의 한쪽 입구에 프로브 장치를 집어넣고 강한 압력을 불어 넣어 다른 쪽 출구로 이동시키거나 케이블을 이용하여 프로브 장치를 이동시키는 방법을 사용한다. 탐사가 종료된 프로브는 매핑 시스템을 통하여 프로브의 이동 위치와 관로의 위치를 매핑하여 관로의 3차원 형상과 위치를 찾아낸다. 이 방법은 지름이 일정 크기 이상인 관에만 적용할 수 있으며, 가스관, 송유관, 하수관, 상수관 등에 사용할 수 있다. 그러나, 구부러진 부분이 많고 내부에 슬라임과 결절이 많은 하수관로 및 상수관로에 적용하기에는 어려움이 많고 세밀한 사전

탐사 계획이 필요하다.

상기에 논의된 도로지도와 지하시설물 부분 갱신 기술들은 변경이 발생한 부분을 찾아내어 기존의 지도에 반영하는 방법을 제시하고 있으나, 논 본문에서 논의하는 신규 지도와 원본 지도 사이의 갱신된 부분을 찾아내는 과정에 적용하기에는 어려움이 있다. 첫째, 기존의 방법에서는 GPS 위치 좌표를 사용하고 있으나, 본 논문에서는 지하공간에 설치된 시설물을 다루고 있으므로 GPS 좌표를 활용하는 데 한계가 있다. 둘째, 기존의 방법에서는 지도와 지도 사이에 객체를 식별하는 유일하고 변경되지 않는 식별자가 필요하지만, 본 논문에서 논의하는 환경에서는 변경되지 않는 식별자가 존재하지 않으므로 기존의 방법을 적용할 수 없다. 따라서, 변경되지 않는 식별자가 존재하지 않는 환경에서 지도와 지도 사이의 변경된 부분을 탐지할 수 있는 새로운 방법의 개발이 필요하다.

3. 중심점 기반 갱신 객체 탐지

3.1 지하시설물 특징

지하시설물은 상수관로, 하수관로, 통신선로, 전기선로, 가스관로, 난방관로를 포함하고 있으며, 상수관로와 하수관로는 지방자치단체에서 관리하며 나머지는 가스공사, 통신회사 등에서 관리한다. 본 논문에서는 주로 상수관로와 하수관로를 대상으로 하고 있으나, 다른 지하시설물이나 지상시설물에도 적용할 수 있는 갱신 객체 탐지 기술을 개발한다.

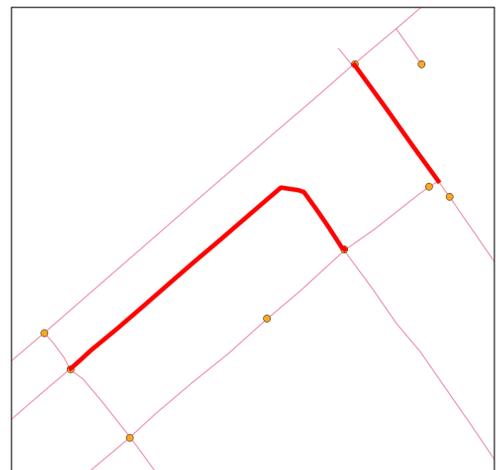


Fig. 2. Shapes of water pipes and manholes

Fig. 2는 지하시설물 중에서 상수관로의 형상과 맨홀의 위치를 표시하고 있다. 상수관로의 위치와 형상은 선으로 표시

되어 있으며, 맨홀은 상수관로의 양 끝에 위치한 점으로 표시되어 있다. 본 논문에서 사용하는 객체는 Fig. 2 에서 굵은 선으로 표시된 것처럼 하나 혹은 그 이상의 관(파이프)을 포함하고 있는 관로로 구성되어 있으며, 주로 맨홀과 맨홀 사이를 연결한다. 상수관로는 주로 직선으로 구성되나 일부는 곡관부가 있음을 알 수 있다.

지하시설물 지도에 나타난 지하시설물 객체의 특징은 다음과 같다.

- 맨홀과 맨홀 사이의 하나 혹은 여러 관의 연결선이 하나의 객체로 저장
- 분기점과 맨홀 사이의 하나 혹은 여러 관의 연결선이 하나의 객체로 저장
- 분기점과 분기점 사이의 하나 혹은 여러 관의 연결선이 하나의 객체로 저장
- 보편적으로 직선으로 구성
- 객체에 포함된 일부 관이 변화되어도 원래의 형상이 유지
- 다른 객체와의 연결은 시점 혹은 중점에서 주로 연결
- 객체 중간에서 다른 관과 연결되는 경우 기존 객체가 분할

위와 같은 지하시설물 객체의 특징을 기반으로 객체의 갱신 유형을 추가, 삭제, 변경이라는 세 가지 종류로 구분하였다. 통관지도 갱신 방법에서 사용하는 지하시설물 지도는 서로 다른 버전에서 동일한 객체를 식별할 수 있는 식별자가 존재하지 않는다. 지도 내부에는 객체 식별자가 존재하나, 이 식별자가 다음 갱신에서도 같은 값을 가진 식별자로 존재한다는 보장이 되지 않는다. 따라서, 본 논문에서는 기존 지하시설물 데이터에 고유한 식별자가 존재하지 않는다는 환경에서도 동작할 수 있도록 식별자 기반 갱신 객체 탐지 방법을 사용하지 않고, 객체의 형상과 속성을 사용한 방법을 사용한다. 추가와 삭제 유형은 객체의 형상을 기반으로 탐지하였고, 변경 유형은 속성을 기반으로 탐지하였다. 또한, 기존 객체의 형상이 변경된 경우는 기존 객체가 삭제되고 신규 객체가 추가된 것으로 처리하였다.

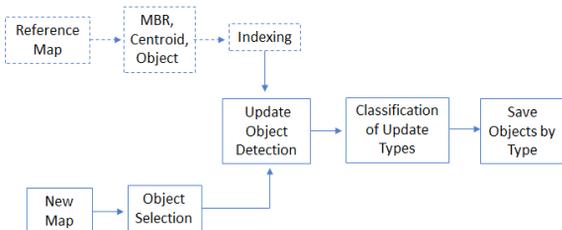


Fig. 3. Flow of update object detection

3.2 갱신 객체 탐지 방법

기존 방법은 지도 파일이 새로 입력되면 이전에 이 파일과 관련되어 저장된 모든 객체를 지하공간 통합지도 DB에서 삭제하고 입력된 지도를 지하공간 통합지도 DB에 저장하는 통관지도 변경 방법을 사용한다. 통관지도 변경 방법은 지도 관리기관에서 제공한 2차원 지도를 이용하고 있으며, 지하공간 통합지도 DB에 저장된 2차원 객체를 3차원 시설물로 생성된다. 통관지도 변경에서는 객체의 갱신 여부를 판별하지 않고 모든 객체를 저장함으로써 갱신 방법이 단순한 장점이 있다. 그러나, 통관지도 변경 방법은 갱신된 객체만 실시간으로 저장할 수 없을 뿐만 아니라 지도 파일의 변경이 발생할 때마다 갱신되지 않은 객체들도 갱신 대상에 포함되어 갱신 시간이 느려지는 원인을 제공한다. 또한, 지도가 갱신될 때마다 지도에 포함된 모든 객체를 3차원으로 생성함으로써 지도갱신 과정의 부하를 증가시키는 단점이 있다.

갱신 객체를 탐지하기 위해서는 신규 지도와 원본 지도가 필요하다. 원본 지도는 지하공간 통합지도에 저장된 데이터이고 신규 지도는 지하공간 통합지도에 저장할 데이터이다. 가장 단순한 갱신 객체 탐지 방법은 신규 지도와 원본 지도에 포함된 객체를 각각 하나씩 선택하여 두 가지 객체들을 구성하는 공간 정보의 모든 점을 비교하는 것이다. 이러한 방법은 지도의 품질 검사 과정에서 사용하고 있다. 그러나 이 방법은 너무 많은 시간이 소요됨으로써, 지하공간 통합지도 갱신 시간을 단축하고자 하는 본 연구의 목적을 달성할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 객체들 사이의 비교 시간을 단축하기 위해 지하시설물의 형상을 대표하는 중심점을 이용한 갱신 객체 탐지 기술을 제안한다. 제안된 방법은 Fig. 3과 같이 동작한다. 점선으로 표시된 부분은 전처리 과정을 통해 미리 준비된다.

중심점은 지하시설물을 나타내는 좌표의 최소 외곽을 감싸고 있는 MBR (Minimum Bounding Rectangle)을 이용하여 계산한다. MBR을 (MinX, MinY), (MaxX, MaxY)로 표시할 때, 지하시설물의 중심점인 $C_{x,y} = ((MinX + MaxX)/2, (MinY + MaxY)/2)$ 로 계산한다. 중심점은 지도를 메모리로 읽어 들일 때 계산한다. 또한, 중심점 기반 객체 비교 방법에 대한 유사코드(pseudo-code)를 Fig. 4에 표시하였다. Fig. 4에서 Alpha와 Delta는 각각 0.01cm와 1cm로 사용하였다. Fig. 4가 표시하는 것처럼 중심점 비교만으로는 두 공간 객체가 다르다는 것을 확정할 수 없는 경우 실제 공간 객체의 형상을 구성하는 좌표를 사용하여 공간 객체들을 비교하였다.

```

1: // Gi : Geographic Object
2: // Ci : Centroid of Gi
3: ObjectComparison (Object G1, Object G2) {
4:   Get G1 from Reference Map
5:   Calculate MBR1 and C1 from G1
6:   Get G2 from New Map
7:   Calculate MBR2 and C2 from G2
8:
9:   diff = Difference (C1, C2)
10:  if diff <= Alpha then
11:    sDiff = SymDifference (C1, C2)
12:    if sDiff <= Delta then
13:      return G1 is equal to G2
14:    else
15:      return G1 is different from G2
16:  else
17:    return G1 is different from G2
18: }

```

Fig. 4. Pseudo-code of object comparison based on centroid

```

1: // The status of All Reference Objects is Delete.
2: // G1 : Reference Object extracted from QuadTree
3: // G2 : New Object
4: ObjectSeparation (Object G2) {
5:   Assign Insert tag to G2
6:
7:   // Return the number of matching pairs.
8:   num = QuadTree.Compare(G2)
9:   if num = 0 then
10:    return;
11:  else if num = 1 then
12:    G1 = QuadTree.GetObject(G2)
13:    diff = CompareAttributes (G1, G2)
14:    if diff = False then
15:      Assign Unchanged tag to G1
16:      Assign Unchanged tag to G2
17:    else
18:      Assign Changed tag to G1
19:      Assign Changed tag to G2
20:    return;
21: }

```

Fig. 5. Pseudo-code of object search using quadtree

3.3 색인 방법

갱신 객체 탐지에 사용될 원본 데이터에 대한 색인으로 쿼드트리(Quadtree)를 사용하였다. 색인은 비교 대상 객체의 필터링, 즉 객체 비교에 불필요한 객체를 미리 걸러냄으로써 검색 시간을 단축하는 데 중요한 역할을 담당한다. 쿼드트리는 단순하면서도 효과적으로 데이터를 선별하는 장점이 있다. 쿼

드트리는 지리 객체가 존재하는 전체 2차원 관심 영역을 지속적으로 4등분으로 분할하고, 분할된 개별 영역을 다시 4등분으로 나눈다. 따라서, 쿼드트리의 내부 노드는 4개의 자식을 보유하는 자료 구조이다. 가장 밑에 있는 노드는 자식이 없다. 본 논문에서는 원본 지도에 포함된 각 객체의 중심점 좌표와 객체의 위치 좌표 및 속성을 포함한 레코드를 쿼드트리에 삽입한다.

3.4 쿼드트리에서 객체 검색

쿼드트리를 이용한 객체 검색 과정은 Fig. 5에 표시하였다. 입력으로 사용된 신규 지도에서 선택된 신규 객체를 쿼드트리의 입력으로 사용하면 쿼드트리에 저장된 원본 객체와 비교를 수행한다. 비교 방법은 Fig. 5에 표시하였다. 먼저 쿼드트리에서는 신규 객체와 일치되는 객체들의 수량을 반환하고, 중심점이 일치하고 형상 좌표가 같은 객체들은 속성을 비교하여 갱신 여부를 판정하였다. 쿼드트리를 활용한 갱신 객체를 탐지하는 방법은 Fig. 5에 표시하였다. 갱신된 객체를 모두 찾아낸 후에는 객체에 부여된 Deleted, Inserted, Changed 태그만을 각각 별도로 분류한다.

4. 실험결과

4.1 실험환경

제안한 중심점 기반 지하시설물 갱신 객체 탐지 방법의 특징을 확인하기 위해 다양한 방법의 실험을 진행하였다. 실험에 사용한 하드웨어 장비와 환경은 Table 2에 정의하였다. 제안한 방법의 검색 시간 성능은 연속 검색 및 통관 갱신 방법의 성능과 비교하였다. 실험에 사용한 데이터는 Table 3에 정의하였다. Table 3에서 표시된 것처럼 다양한 크기의 데이터 세트 및 다양한 종류의 데이터를 이용하여 실험을 진행하였다. 제안한 방법은 지하시설물과 같이 선형으로 구성된 모든 데이터에 적용할 수 있는 특징이 있으므로 실험용 데이터 세트도 지하시설물인 하수관과 지상시설물인 철도 및 도로망을 함께 사용하였다. 실험 방법은 원본 데이터 세트와 신규 데이터 세트 사이에 갱신된 객체가 존재하는지와 갱신 객체를 별도로 추출하여 갱신 유형별로 분류한 후 유형별 파일로 저장하였다. 신규 데이터 세트는 원본 데이터 세트 대비 약 10% 정도를 갱신하여 실험을 진행하였다.

Table 2. Experiment environment

CPU	Intel Core i7 Quad Core
RAM	16 GB
SSD	1 T
OS	CentOS 2.6.32
Language	Java JDK 1.8

4.2 지도 갱신 시간

제안한 방법의 성능과 통판 갱신(Entire Map) 및 연속 검색(SS : Sequential Search)의 갱신 객체 탐색 시간과 실험 결과를 각각 Fig. 6과 Fig. 7에 표시하였다. 두 데이터 세트는 모두 SHP 파일로 저장되어 있으며, 갱신된 객체는 기존의 통판지도 갱신과 동일하게 Postgresql에 저장한다. 갱신 객체 검색 시간은 SHP 파일을 읽기 시작하면서 DB에 저장이 종료되는 시간 사이의 차이로 계산하였다. 10번 실행 후 최대와 최소 시간을 제외하고 8개를 평균하여 사용하였다. 제안한 방법은 신규 SHP 파일을 읽어서 쿼트트리에 저장된 원본 데이터와 비교하여 갱신이 발생한 데이터들만 갱신 유형으로 분류하여 DB에 저장하였다. 통판 저장은 신규 SHP 파일을 읽어서 이 파일에 저장된 모든 데이터를 DB에 저장하였다. 연속 검색 방법은 신규 SHP 파일을 읽어서 원본 데이터와 1:1로 비교하여 갱신이 발생한 데이터들만 갱신 유형으로 분류하여 DB에 저장하였다. 제안한 방법과 연속 검색 방법의 갱신 객체 탐지율은 모두 100%이다. 초기에는 97% 정도의 탐지율을 보였으나, 갱신된 객체의 형상을 조사하여 각각의 파라미터를 미세 조정함으로써 모든 갱신 객체를 찾아낼 수 있었다.

Table 3. Data sets

Data Set	Railway Centerlines	Sewer Pipes	Road Network
Data Size (MB)	1.48	9.25	144
Number of Data	1,373	18,075	246,768

Fig. 6은 제안한 방법이 큰 데이터 세트에 대해 기존의 통판 갱신 방법 대비 약 4배 정도 빠르게 지도를 갱신하였다는 것을 보여준다. 데이터 세트의 크기가 증가할수록 제안된 갱신 객체 탐지 방법이 효과적으로 지도갱신 시간을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있다. 제안한 방법은 데이터의 수량은 많고 갱신된 객체의 수는 적은 환경에서 효율성이 증가하며, 선형으로 표현되는 지하시설물 및 지상시설물에 모두 적용할 수 있다. 이러한 현상은 제안한 방법이 가지고 있는 색인을 활용

하여 갱신 여부를 판별하는 대상이 되는 후보 객체들의 수를 급격히 감소시키기 때문이다.

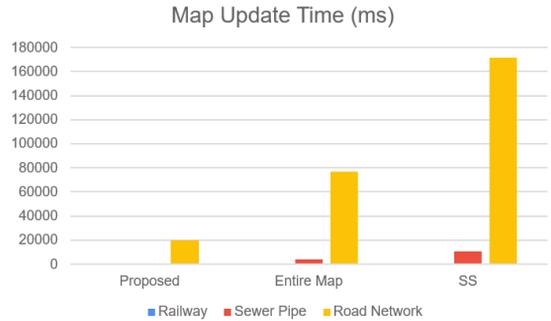


Fig. 6. Comparison of map update time

5. 요약 및 결론

본 논문에서는 신규 지도와 원본 지도를 비교하여 갱신된 지하시설물 객체만을 선별하는 중심점 기반 갱신 객체 탐지 및 추출 기술에 대해 논의하였다. 갱신된 객체는 신규, 삭제, 변경의 세 가지 갱신 형식으로 분류하여 각각 저장하였다. 신규와 삭제는 지하시설물의 형상을 비교하여 탐지하였고, 변경은 속성 정보를 비교하여 탐지하였다. 제안한 방법은 신규 지도와 원본 지도에 포함된 객체들이 가지고 있는 식별자를 변경되지 않는 정보로 사용할 수 없는 환경에서 효과적으로 갱신 객체를 탐지할 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 2차원 갱신 객체 탐지 시간을 줄이는 효과가 있을 뿐만 아니라 탐지된 객체를 3차원으로 생성하는 컴포넌트에서도 입력되는 객체의 수량을 대폭 감소시킴으로써 지하시설물의 3차원 변경 시간을 대폭 감소시키는 역할을 한다. 따라서, 제안한 방법은 2차원 지하시설물 지도를 수신하여 3차원 지도를 생성하는 지하공간 통합지도 생성하는 전체 과정에서 데이터 생성 시간을 대폭 줄임으로써 실시간 통합지도 갱신 체계 구축에 중요한 역할을 담당할 것으로 예상된다. 또한, 제안한 방법은 선형으로 표현되는 지하시설물 및 지상시설물에 모두 적용 가능한 장점이 있다.

향후, 다수의 지하시설물 지도에 적용하여 현업에서 발생할 수 있는 다양한 갱신 유형을 찾아내어 제안한 방법에 적용하여 제안한 방법의 안정성과 효율성을 확인 및 향상한 후 지하정보활용지원센터의 지하공간 통합지도 갱신 시스템에 적용할 계획이다. 또한, 장기적으로는 갱신 객체를 실시간으로 지하공간 통합지도에 반영하기 위해 지하정보 관리기관과 지하정보활용지원센터를 온라인으로 연결하고 지하정보 관리

기관은 갱신된 객체만을 지하정보활용지원센터에 제공하는 시스템 구축을 고려할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 20DCRU-B158151 -01).

References

- GIS User (2014), HYUNDAI MNSOFT Develops New Incremental Update Technology for Navigation System While Driving.
- Instrument Technology Corporation (I.T.C), <http://instecorp.com/geospatial/smartprobes.html> (last date accessed: 12 October 2020.)
- Jun, J.A., Lee, J.H., Chin, C.H., Choi, C.H., Lee, S.J., Yum, B.W., and Lee, I.H. (2015), IoT based Urban Underground Utility Monitoring and Management System, *Electronics and Telecommunications Trends*, ETRI, Vol. 30, No. 5, pp. 28-38.
- Mapscape (2020), <http://mapscape.eu/telematics/incremental-updating.html> (last date accessed: 2 October 2020.)
- Min, K.W., An, K.H., Kim, J.W., and Jin, S.I. (2008), The Development and Performance Evaluation of the Mobile Spatial DBMS for the Partial Map Air Update in the Navigation, *Korea Information Processing Society Review*, Vol. 15-D, No. 5, pp. 609-620. (in Korean with English abstract)
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) Press Release (2020), The number of ground subsidence nationwide in 2019 was 192, down 43% from the previous year, 18 February 2020. (in Korean)
- Park, C.H., Choi, K., and Lee, I. (2016), Lane Extraction through UAV Mapping and Its Accuracy Assessment, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 34, No. 1, pp. 11-19.
- Park, D.H., Jang, Y.G., and Choi, H. (2018), 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. (in Korean with English abstract)
- Stanojevic, R., Abbar, S., Thirumuruganathan, S., Francisci Morales, G. Chawla, S., Filali, F., and Aleimat, A. (2018), Road network fusion for incremental map updates, *Progress in Location Based Services*, Springer, pp. 91-109.
- Vesely, M., Novak, C., Reh, A., and Mayr, H. (2008), Incremental Navigation Map Enhancement with GPS Tracks from Heterogeneous Sources, *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence-2008*, 14-17 July, Las Vegas, Nevada, USA, Vol. 2, pp. 787-793.
- Water Journal (2019), Ministry of Environment, Promote detailed investigations for old sewage pipes within this year, September. (in Korean)