

터널 막장 매핑을 위한 안드로이드 기반의 모바일 시스템 개발

박성욱¹ · 김홍균^{1*} · 배상우¹ · 김창용² · 유원규² · 이진덕³

¹넥스지오, ²한국건설기술연구원 Geo-인프라연구실, ³금오공과대학교 토목환경공학부

Development of Mobile System Based on Android for Tunnel Face Mapping

Sung Wook Park¹, Hong Gyun Kim^{1*}, Sang Woo Bae¹, Chang Yong Kim²,
Wan Kyu Yoo², and Jin Duk Lee³

¹NexGeo Inc.

²Geotechnical Engineering Research Division, Korea Institute of Construction Technology

³School of Civil and Environmental Engineering, Kumoh National Institute of Technology

Received 26 June 2014; received in revised form 22 July 2014; accepted 24 July 2014

터널 시공 중 막장 매핑은 터널의 위험도 판단과 향후 지보패턴 결정에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 막장관찰 기록지를 이용한 기존의 수기 매핑 방식을 탈피하여 모바일을 이용한 디지털 매핑 시스템을 제시하였다. 현장에서 디바이스를 기반으로 작성된 매핑 자료는 메인서버와 연동되어 자동으로 데이터베이스화가 되며 담당자 및 관련전문가들 사이에서 실시간 피드백이 가능하도록 구현하였다. 매핑의 정밀한 표현 방식 및 다량의 데이터 누적에 의한 속도 저하 문제는 Douglas-Peucker 알고리즘 등을 이용하여 해결하고자 하였다. 본 시스템은 향후 다양한 현장 검증 및 추가적인 기능 개선 등을 통해 완성도가 높아질 것으로 기대된다.

주요어 : 막장 매핑, 막장관찰기록지, 디지털 매핑, 데이터베이스, 실시간 피드백

Tunnel face mapping plays an important role in risk analysis and infrastructure support decisions during tunnel construction. In this study, a digital mapping system using a mobile device is employed instead of existing face-mapping methods that rely upon face mapping sheets. The mobile device is then connected to the main server in the field, where a tunnel-specific database is compiled automatically. This information provides real-time feedback on the tunnel face to construction personnel and engineers, thus allowing for rapid assessment of tunnel face stability and infrastructure needs. The Douglas-Peucker algorithm, among others, is employed to resolve problems arising from the detailed mapping and speed problem by data accumulation. This system is expected to raise program optimization through field verification and additional functional improvements.

Key words : face mapping, face mapping sheet, digital mapping, database, real time feedback

*Corresponding author: 99pnu80@naver.com

© 2014, The Korean Society of Engineering Geology

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.

서 론

터널 시공 중 암반 등급 분류를 비롯한 암관정 작업은 터널 자체의 안정성 및 경제성 확보와 지보패턴 결정 등에 있어서 중요한 몫을 차지한다. 암관정에는 시추, 물리탐사, 막장 매핑(face mapping), 수치해석 등 여러 가지 방법이 종합적으로 이용되며, 그 중요성에 부합하여 국내에서도 이와 관련된 다양한 연구가 수행된 바 있다(Bae et al., 2002; Kim and You, 2003; Kim et al., 2003; You, 2003; Seo et al., 2005; Park et al., 2006; Lee et al., 2007; Yim et al., 2007; Kim, 2008; Lee et al., 2012). 현재까지는 터널 시공 중 암관정 과정에서 예상치 못한 문제 및 논의되어야 할 사항이 발생할 경우, 여러 기관의 전문가들이 모여 회의를 개최하거나 현장 실사를 하는 방법 등으로 문제를 해결해 나갔다. 그러나 최근에는 이러한 시간 및 비용적 손실을 줄이기 위한 방안으로 온라인을 통해 문제점을 지적하고 해결안을 제시하는 새로운 시스템이 개발 중에 있어 보다 효율적이고 효과적인 암관정 작업이 이루어질 것으로 기대된다.

최근에는 IT 기술의 발달로 인해 토목뿐만 아니라 다양한 분야에서 IT 기술과의 융합 열풍이 불고 있다. 도로변 절토사면의 현황조사 자료를 현장에서 직접 UMPC (Ultra Mobile PC)를 이용하여 입력하고 실내에서 결과 값을 바로 디지털화 할 수 있는 방법(Kim et al., 2007)과 수 만개에 달하는 절토사면 데이터를 차량용 내비게이션에 탑재하여 현장조사의 편의성을 향상시킬 수 있는 시스템 개발(Bae et al., 2010) 등은 현장에서 수기로 취득되던 자료를 보다 편리하고 신속하게 디지털화 및 데이터베이스화할 수 있는 IT 융합 기술의 좋은 예라고 할 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이 터널 시공 중 암관정을 위한 방법에는 여러 가지가 있으며 이 중 가장 기본적이면서 중요한 부분은 현장에서의 막장 매핑이다. 막장 매핑은 시공 중 굴착면을 대상으로 암종, 암질, 불연속면 분포, 지하수 용출 상태 등을 육안으로 관찰하여 암반의 지질학적 및 공학적 특성을 기재하고 추후 변화 양상을 예측하는데 그 목적이 있다(Kim et al., 2006). 그러나 이 작업은 보통 공사 현장에서 막장관찰기록지를 이용하여 직접 작성하는 것이 일반적이기 때문에 기록 자료를 다시 실내에서 디지털화 및 데이터베이스화를 시켜야 하는 번거로움이 있다. 또한 기록지 유실 등의 보관상 문제가 발생할 수 있으며, 추가적인 실내 작업이 요구됨에

따라 시간적인 효율성이 떨어지는 등 많은 문제점이 지적되어 왔다. 따라서 이러한 문제를 보완할 수 있는 노력들이 필요할 것으로 사료된다.

본 논문에서는 이러한 노력에 부응하여 막장 매핑을 안드로이드 기반의 모바일을 이용하여 보다 편리하고 쉽게 수행할 수 있도록 개발된 시스템에 대해 소개하고자 한다. 또한 보다 양질의 시스템으로 발전하기 위해 필요한 보완점 및 추후 고려사항에 대하여 고찰해 보고자 한다.

시스템 구성

본 시스템은 터널 설계 자료 및 굴착 중 생성된 자료를 저장하는 메인서버와 현장에서 자료를 수집 및 기록할 수 있는 디바이스(단말기)로 구성된다. 메인서버와 디바이스는 네트워크를 통해 실시간으로 데이터의 송수신이 가능하다. 즉, 현장에서는 메인서버로부터 해당 터널의 정보(터널명, 공구명, STA.별 설계단면, 현장사진 등)를 즉각적으로 수집하고, 수집된 정보를 바탕으로 현장에서 막장 매핑이 가능하다. 또한 현장에서 새롭게 생성된 매핑 자료는 메인서버로 전송됨으로서 시공 관리자 및 터널 전문가들이 사무실에서도 현장에서 수집된 자료를 실시간으로 확인 가능하다. 터널 시공 계획상의 스테이션(STA.)에 따라 이와 같은 일련의 과정이 반복되며 개략적인 시스템 구성도는 Fig. 1과 같다.

이러한 시스템은 향후 암관정이 요구되는 상황에서 기존의 소요 시간을 효과적으로 단축할 수 있으며, 직접 현장을 방문하지 않고서도 암관정을 위한 자료 수집이 용이하다는 장점이 있다. 메인서버와 디바이스의 사양은 Table 1과 Table 2에 각각 나타내었다.

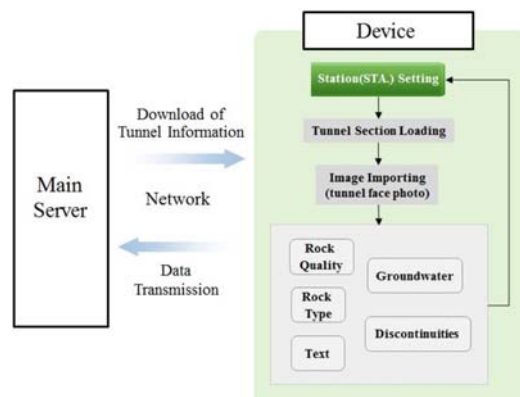


Fig. 1. System diagram between the main server and mobile device.

Table 1. Specifications of the main server.

HP DL380 Gen 8			
System	Operating System	OS	Red Hat Enterprise Linux Server, Standard (1-2 sockets)
	Processor	CPU	CPU (Clock speed more than 2.5 GHz, 2 CPU, more than 12 Core)
		RAM	16 GB
Storage Device	HDD		HDD (300 GB (10 Krpm)) × more than 2
Communication	LAN		10/100/1000 Mbps Ethernet more than 2 Port

Table 2. Specifications of the mobile device.

Galaxy Note 10.1			
System	Operating System	OS	Android 4.3
	Processor	CPU	Octa-core
		Clock	1.9 GHz
	Display	LCD	10.1 inch, WXGA LCD (2560 × 1600), Touch Screen
Storage Device	Capacity		32 GB
Communication	Wireless LAN	Standard	802.11 a/b/g/n/ac
	Bluetooth		Bluetooth 4.0
Web Camera			Front : 2,000,000 pixel, Rear : 8,000,000 pixel
I/O PORT	USB		USB 2.0 × 1
	etc		Micro SD

시스템 개발 및 구현

본 시스템의 핵심은 야외에서 수기로 작성하던 막장 매핑을 디바이스를 이용하여 작성함으로써 조사 자료의 디지털화 및 데이터베이스화의 편의성을 도모하는 것이다. 이 작업을 원활하게 수행하고 유용한 결론을 만들어 내기 위해서는 기존의 막장관찰기록지에 포함되어 있는 여러 가지 항목들을 모두 구현해 내는 것과 동시에 편의성을 향상시킬 수 있는 여러 가지 추가 기능들이 고려되어야 한다. 이를 종합적으로 고려하여 디바이스 내에서 현장 특성을 잘 구현해 내며 메인서버와의 유기적인 네트워크 체제를 구축할 수 있는 적합한 알고리즘들을 활용한 새로운 막장 매핑 시스템을 개발하였다.

터널정보 불러오기 및 사진 중첩

조사자는 막장 매핑을 시작하기에 앞서 디바이스와 메인서버를 연결하여 해당 터널에 대한 정보를 불러올 수 있도록 하였다. 여러 가지의 터널 정보 중 막장 매핑을 위해 가장 중요한 것은 해당 스테이션에 대한 설계 단면이다. 조사자는 이 설계 단면을 디바이스에 로딩시킨 후 디바이스의 내장 카메라를 이용하여 막장면을 촬영하고 이 사진을 설계 단면과 중첩(overlap)시킬 수

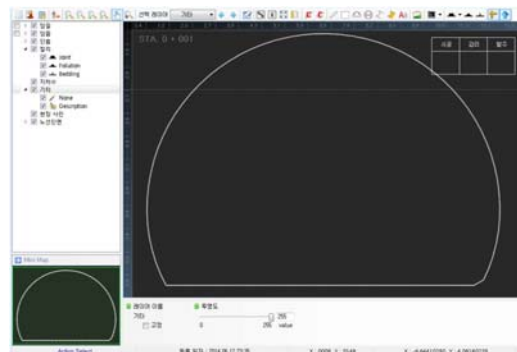


Fig. 2. Basic display, including the design section.

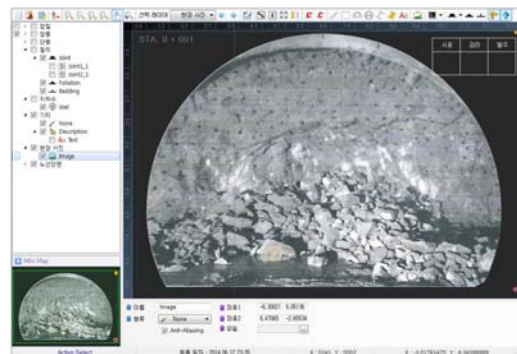


Fig. 3. Display overlapping with a site image.

있도록 하였다(Fig. 2, Fig. 3).

사진 자료는 디바이스 내장 카메라를 활용하는 방법 외에도 외부 카메라에서 촬영한 영상을 지장 매체를 통해 불러올 수 있도록 기능을 추가하였다. 디바이스의 내장 카메라를 이용한 사진 촬영 시, 막장의 정면에서 촬영된 영상의 경우 설계 단면과의 중첩 작업 수행 시 양호한 결과를 얻을 수 있었으나 터널 중심선을 벗어난 상태에서 촬영된 영상의 경우 올바른 중첩 효과를 도출하지 못하는 현상을 확인할 수 있었다. 따라서 사진 촬영 시 중심선 선정을 통해 사진자료를 수집할 수 있도록 할 필요가 있다. 사진자료와 설계 단면의 정확한 중첩을 위해서는 스케일 및 좌표계 계산을 위한 알고리즘이 필요한데 이것은 크게 이미지의 이동에 대한 것(Fig. 4와 식 (1))과 크기조절에 대한 것(Fig. 5, Fig. 6, 식 (2))에 중점을 두었다(Joo, 2012). 이미지의 이동은 Fig. 4와 같이 이미지를 구성하고 있는 성분들을 동일한 크기를 유지하며 위치만 변화 시키는 개념이다. 식 (1)에서 표현된 바와 같이 이미지의 속성들 중 P라는 성분이 행렬 T를 통하여 P' 위치로 이동하게 된다. 이미지의 크기 조절은 Fig. 5와 같이 동일 비율을 유지하는 것과 Fig. 6과 같이 차등 비율을 적용하는 것으로 나눌 수 있다. 식 (2)는 이미지의 속성들 중 P라는 성분이 이미지 크기 변화에 따라 P'로 이동하는 개념을 간단히 수식으로 표현한 것이며 행렬 S가 계수로 사용된다.

$$P' = T \cdot P$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$P' = S \cdot P$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

디지털 막장 매핑

조사자는 현장의 막장면을 면밀히 관찰하며 중첩된 사진 자료 위에 암종 및 암질 구분, 불연속면의 기재, 지하수 용출 상태 등에 대한 정보를 매핑하게 된다. 디

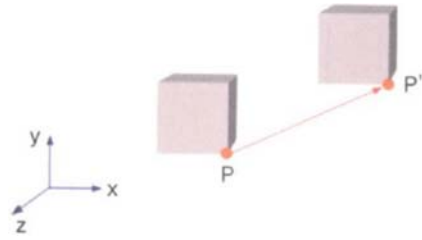


Fig. 4. Fundamental concept for movement of the image.

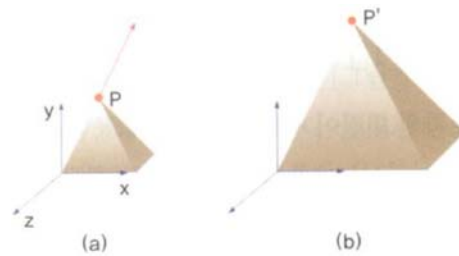


Fig. 5. Fundamental concept for equational size adjustment.

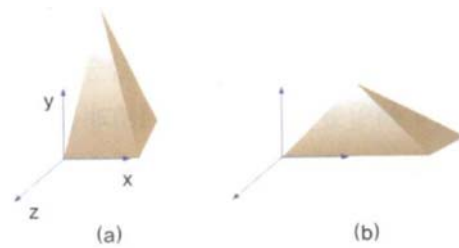


Fig. 6. Fundamental concept for differential size adjustment.

바이스를 이용한 매핑에서는 모바일 S펜 기능이 이용되는데 이는 스마트폰 및 태블릿 PC에서 활용되고 있는 기법으로 조사자가 별도의 기능 숙지 없이 활용할 수 있도록 편의성을 확보하였다. S펜 기능을 활용하여 디바이스 화면 내에서 드로잉(drawing) 작업을 수행하면 이들은 폴리라인(Polyline)과 폴리곤(Polygon)으로 인식된다. 절리, 단층, 전단대 등과 같은 불연속면들은 선으로 표시되어 폴리라인으로 인식되며, 암종과 암질의 경우는 영역으로 그 특성을 표시함에 따라 폴리곤으로 인식되도록 하였다(Fig. 7).

S펜으로 폴리라인을 선택할 경우, 조금 더 편하게 선택될 수 있도록 오차범위를 재계산하여 정확한 라인을 선택하지 않고 조금 벗어나서 주변을 선택하더라도 인식될 수 있도록 하는 기능을 탑재하였다. 또한 암종 및 암질을 구분할 수 있도록 폴리곤 내 무늬나 색상을 적용시킬 수 있도록 구현하였다(Fig. 8, Fig. 9). 폴리라인

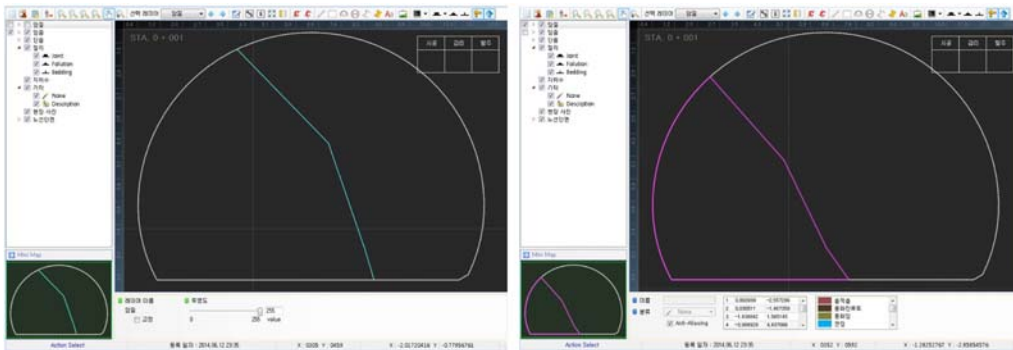


Fig. 7. Polyline (left) and polygon (right).

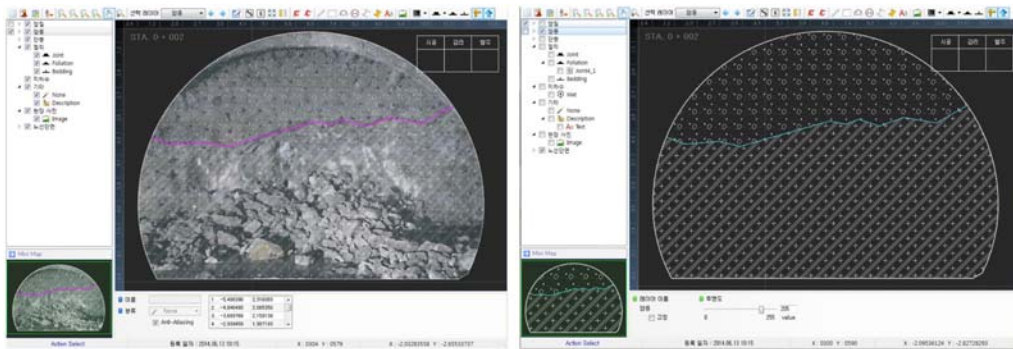


Fig. 8. Pattern application for rock type classification.

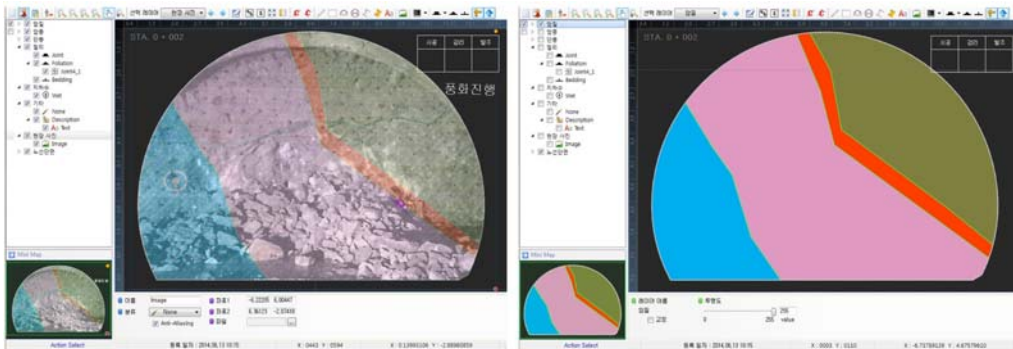


Fig. 9. Color application for rock quality classification.

과 폴리곤 이외에도 절리, 엽리, 층리, 지하수 상태 등을 표현할 수 있는 심볼을 탑재함으로써 조사자가 손쉽게 매핑할 수 있도록 하였다(Fig. 10). 그리고 텍스트 기능을 추가하여 조사자가 개인적인 소견이나 상세한 현황 설명 등을 직접 기입할 수 있는 시스템을 구축하였으며 (Fig. 11), 터널 현장 내 작업 환경을 고려하여 음성 인식 지원 기능을 탑재함으로써 음성으로도 텍스트가 표

현될 수 있도록 하였다.

디바이스 기반의 매핑 시스템은 레이어(Layer) 기능을 도입함으로써 기존의 수기 매핑과 큰 차이를 보인다. 기존의 수기 매핑에서는 하나의 시트(sheet)에 암종, 암질, 불연속면, 지하수 상태 등의 모든 자료가 포함됨에 따라 다소 복잡하게 보이는 경향이 있었으며, 필요하고 중요 시되는 정보를 제대로 파악하기 어려운 경우도 종종 발

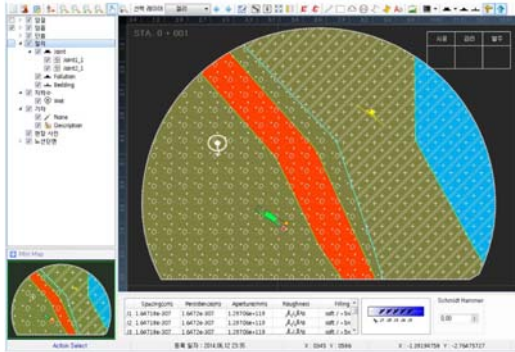


Fig. 10. Joint and groundwater expressions.

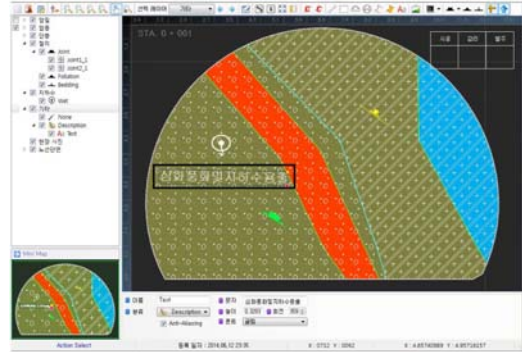


Fig. 11. Text input display.

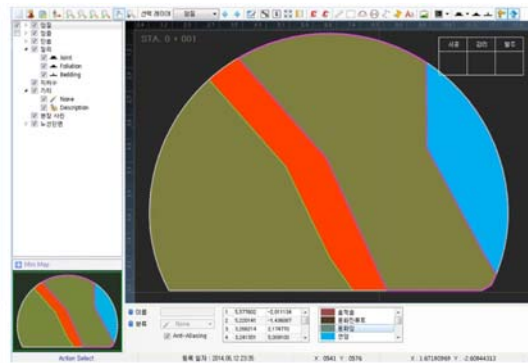
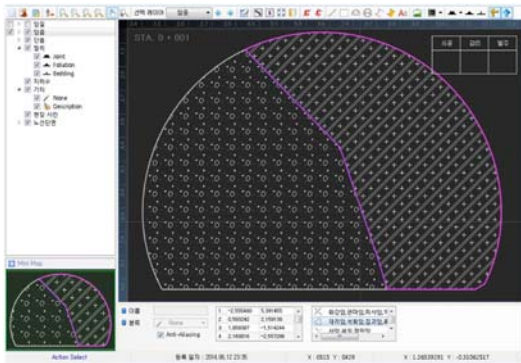


Fig. 12. Selective display using the layer function. Rock type display is shown to the left, and rock quality is shown to the right. (* The total component is shown in Fig. 11).

생했다. 그러나 본 시스템은 레이어 개념을 적용시킴으로서 막장 내 모든 취득 자료를 동시에 볼 수 있을 뿐만 아니라 암종, 암질, 불연속면, 지하수 상태 등 각각의 요소들에 대해 필요한 부분을 선택해서 볼 수 있도록 구현하였다. 이러한 기능들은 막장의 상태를 보다 정확히 파악할 수 있게 해주며 궁극적으로 명확한 암관정을 이끌어 내는데 도움을 줄 것으로 기대된다(Fig. 12).

디지털 매핑은 종이 위에 수기로 매핑을 하는 경우에 비해 고려해야 할 사항들이 몇 가지 발생된다. 종이에 매핑하는 경우 조사자는 잘못된 정보에 대한 삭제 및 수정을 위해서 손쉽게 지우고 다시 작성 할 수 있다. 그러나 디지털 매핑에서는 삭제 및 수정 등의 작업을 수행하기 위해서는 어떤 대상체를 선택할 수 있도록 객체 선택 알고리즘을 적용해야한다. 즉, 잘못된 객체를 선택하고 삭제 및 수정이 용이하도록 라인 및 영역을 조사자가 지정할 수 있도록 하는 것이다. 매핑 과정 중 설계 단면 밖으로 폴리라인이 넘어 가는 경우가 종종

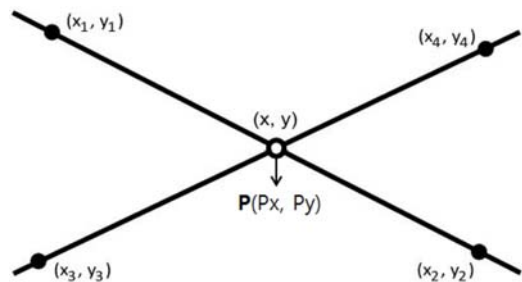


Fig. 13. Basic algorithm for merging with the outline.

발생할 수 있을 것이다. 이와 같은 경우에는 자동적으로 설계 단면의 외곽선과 병합될 수 있도록 하는 것이 바람직하며 이것에 대한 기본적인 개념은 Fig. 13과 같다. 이는 어떤 4개의 점 성분들($x_1, y_1, \dots, x_4, y_4$) 하나의 점으로 병합하는 간략한 모식도를 나타낸 것이며, 병합된 점 $P(P_x, P_y)$ 를 결정하는 수식은 식 (3)과 식 (3-1)과 같이 표현된다.

$$P_x = \frac{\begin{vmatrix} x_1 y_1 & x_1 & 1 \\ x_2 y_2 & x_2 & 1 \\ x_3 y_3 & x_3 & 1 \\ x_4 y_4 & x_4 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & 1 \end{vmatrix}}, \quad P_y = \frac{\begin{vmatrix} x_1 y_1 & y_1 & 1 \\ x_2 y_2 & y_2 & 1 \\ x_3 y_3 & y_3 & 1 \\ x_4 y_4 & y_4 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & 1 \end{vmatrix}} \quad (3)$$

$$(P_x, P_y) = \left(\frac{(x_1 y_2 - y_1 x_2)(x_3 - x_4) - (x_1 - x_2)(x_3 y_4 - y_3 x_4)}{(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4)}, \frac{(x_1 y_2 - y_1 x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 y_4 - y_3 x_4)}{(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4)} \right) \quad (3-1)$$

본 시스템에서 추가적으로 고려되어야 할 부분은 데이터 계산 속도의 개선이다. 종이에 매핑을 수행하여 이를 Autocad, Illustrator, Coreldraw 등을 통해 디지털화 할 경우 각종 취득 자료들은 레이어 값으로만 인식될 뿐 속성 값을 가지는 데이터로 인식하지 않는다. 그러나 디지털 매핑 시 디바이스 내에서 수행되는 모든 작업은 속성 값을 가지는 데이터로 인식되어 저장되므로 매핑 작업이 복잡할 경우 데이터 계산 처리 속도가 현저히 저하되는 현상을 보이게 된다. 따라서 본 시스템에서는 데이터의 누적 저장에 의한 처리 속도 저하 문제를 개선하기 위해 삭제 및 수정 작업이 진행되는 단계마다 데이터 값의 재계산을 통해 자동 저장될 수 있도록 구현하였다. Figure 14는 이에 대한 기본 개념을 설명하는

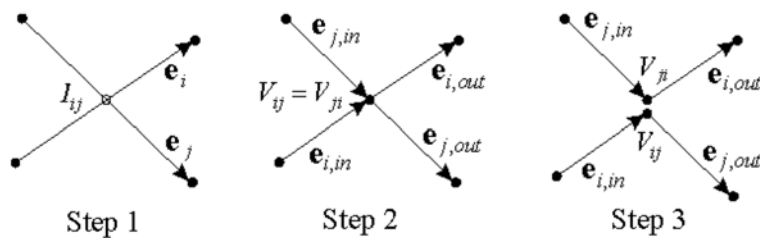


Fig. 14. Basic algorithm for recalculation of data values.

것으로서 교차하는 두 직선 e_i 와 e_j 가 각 단계(step)를 거치면서 4개의 짧은 직선 성분으로 나누어져 재계산되는 과정을 간략하게 보여주는 모식도이다. 데이터의 계산속도 개선을 위해서는 폴리라인을 구성하는 다수의 포인트 즉 점들의 데이터 값을 줄이는 방법이 있다. 이 방법에는 Douglas-Peucker 알고리즘을 적용하였으며 간략한 모식도는 Fig. 15와 같다. Figure 15의 stage 1에서는 가는 실선으로 이루어진 폴리라인이 총 12개의 직선 성분으로 이루어져 있다. 이는 각 stage를 거치면서 최종적으로 5개의 직선 성분(굵은 실선)으로 이루어진 폴리라인으로 바뀌게 된다. 이와 같이 데이터 값을 줄이는 알고리즘을 적용함으로써 계산 속도가 향상될 수 있는 시스템을 구현하였다.

데이터 관리

디바이스 기반의 매핑 과정에서 발생하는 데이터는

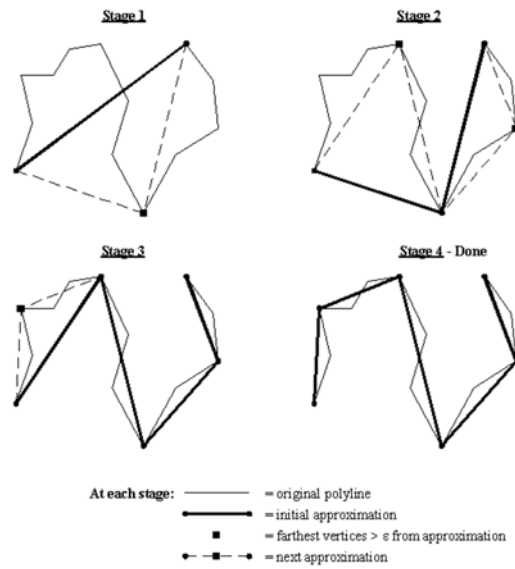


Fig. 15. Douglas-Peucker algorithm to reduce the polyline data.

XML 문서 형태로 처리하고, 안드로이드 SQL Lite를 이용하여 데이터베이스화할 수 있도록 하였다. XML 문서와 SQL Lite로 관리되는 데이터는 네트워크가 접속되는 곳에서 자동으로 동기화 하여 각 스테이션별 막장 정보들을 서버에 전송하도록 시스템화 하였다.

결론 및 제언

터널 시공 중 막장의 상태는 굴착예정 막장의 지질상태를 가장 잘 표현하며, 지보패턴의 결정에 큰 영향을 미치므로 막장 내 지질조사 및 지반 특성을 관찰하고 기재하는 막장 매핑은 매우 중요한 작업이다. 또한 매핑 작업은 단순히 암반 평가만을 수행하는 것이 아니라 터널 시공 중에 영향을 미칠 수 있는 모든 요소들을 관찰하여 다음 시공 막장의 지반상태를 예측하는데 유용한 정보들을 제공함으로써 그 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 이와 관련하여 터널 시공 중 막장지질조사의 중요성과 문제점 등을 분석하고 개선방안을 제시한 연구가 수행된 바 있다(Kim et al., 2006).

보통 시공 현장에서의 막장 매핑은 막장관찰기록지를 이용하여 수기로 작성되어 왔다. 수집된 자료는 실내에서 다시 정리하고 디지털화 하는 과정을 거치므로 시간 소요가 많은 단점이 있었다. 또한, 디지털화 작업 시 발생하는 입력 오류, 자료의 분실 및 훼손에 의한 보존성 결여 등의 한계성이 존재하였다.

본 시스템에서는 이러한 기존의 문제점 및 한계성을 극복하기 위해 조사자가 현장에서 모바일을 이용하여 해당 막장의 설계 단면과 사진을 바탕으로 직접 매핑을 수행할 수 있도록 구현하였다. 매핑에 의해 수집된 정보들은 네트워크를 통해 메인서버로 전송됨으로서 터널 시공자, 감리자, 전문가 등의 관련 담당자가 현장에서 수집된 최신 정보들을 공유하여 즉각적인 피드백(Feedback)이 가능하도록 함으로서 취득 정보의 신뢰성 확보 및 작업 소요 시간의 효과적인 단축이 이루어질 수 있도록 하였다.

디지털 매핑은 디바이스의 캔버스(Canvas) 상에 고감도 S펜을 이용하여 폴리라인 및 폴리곤을 직접 그릴 수 있어 종전의 막장관찰기록지에서 수행했던 바와 같이 불연속면의 선구조 및 암종과 암질 경계를 직접 표현할 수 있다. 그리고 기존의 막장관찰기록지에 포함된 주요 기입 항목들을 손쉽게 입력할 수 있도록 구현하였으며, 절리, 단층, 지하수 등 여러 가지 심볼을 생성하여 기재의 편의성을 높였다. 또한 매핑의 전과정을 입력식으로

기입할 수 있도록 하여 누락되는 정보 없이 조사가 진행될 수 있도록 구현하였다. 한편, 매핑을 디바이스를 이용하여 수행함에 따라 발생할 수 있는 문제점들 즉, 설계 단면과 사진자료의 정확한 중첩 기술, 매핑이 복잡해질 경우 데이터 처리 속도의 저하 등은 합리적인 알고리즘 적용 및 파일 형식의 변환 등을 통해 해결하고자 노력하였다.

모바일 시스템 기반의 터널 막장 매핑은 궁극적으로 조사자의 편의성을 높이고 취득 자료의 신속한 데이터베이스화를 위한 것이다. 그러나 조사자에 따라 그동안의 경험에 익숙한 기존의 수기 방식을 고집할 수도 있으며, 그것의 정교함을 선호할 수도 있을 것이다. 이것은 시스템의 지속적인 연구 개발과 대중화를 통해 편의성을 고취시킴으로서 극복할 수 있을 것으로 판단된다. 본 시스템도 전반적인 현장 실용화가 이루어지면서 다수의 문제점과 보완점들이 발생할 수 있을 것이다. 그러나 현재 IT 기술이 급속도로 발전하는 것에 부응하여 본 시스템에 대한 연구 개발이 가속화 된다면 점진적인 문제 해결이 가능할 것으로 사료된다. 또한, 디바이스 내에서 스테이션별 막장 매핑 자료를 중첩시켜 3차원으로 표현하는 방법 등 새로운 기능들이 추가된다면, 터널 위험도 판단에 보다 신빙성 있는 자료를 제공함과 동시에 사용자의 편의성을 높일 수 있어 본 시스템의 완성도가 한층 더 높아질 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업 13건설연구S03 “터널시공 중 디지털 맵핑을 통한 온라인 암관정 기술 및 운영모델 개발” 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Bae, G. H., Yoon, W. S., Chu, S. Y., Lee, S. T., 2002, 3D modelling of geological distributions for the rock tunneling design and the study for geostatistical approaching of the distributions of rock classifications by 3D krigging, The Korean Society of Engineering Geology 2002 Spring Conference, Seoul, Korea, 245-252 (in Korean).
- Bae, S. W., Kim, S. H., Lee, J. H., Koo, H. B., and Lee, Y. R., 2010, Slope navigation based on the cut slope data management system, Journal of Korean Society for Geospatial Information System, 18(4), 71-77 (in Korean with English abstract).
- Joo, W. S., 2012, Three-dimensional computer graphics

- learning through OpenGL. Hanbit Media, Inc., 908p.
- Kim, K. S., Kwon, H. S., and Kim, J. H., 2003, A case study for rock mass classification using geophysical exploration, Seminar for Rock Mass Classification, June 27, 119-137.
- Kim, K. Y., 2008, Characteristics of tunnel convergence behaviour based on variation of Rock Mass Rating. The Journal of Engineering Geology, 18(4), 545-553 (in Korean with English abstract).
- Kim, K. Y., Kim, C. Y., Yim, S. B., Yun, H. S., and Seo, Y. S., 2006, A study on problems and improvements of face mapping during tunnel construction, The Journal of Engineering Geology, 16(3), 265-273 (in Korean with English abstract).
- Kim, S. H., Kim, S. H., Lee, J. H., and Koo, H. B., 2007, Inventory investigation of national roadside cut slope using UMPC, The Geological Society of Korea 2007 Autumn Conference, Kyeong-Ju, Korea, 1p (in Korean).
- Kim, Y. G. and You, D. U., 2003, A case study for rock mass classification and statistical analysis in roadway tunnel, Seminar for Rock Mass Classification, June 27, 197-226.
- Lee, K. H., Seo, H. J., Park, J. H., Ahn, H. Y., Kim, K. S., and Lee, I. M., 2012, A study on correlation between electrical resistivity obtained from electrical resistivity logging and rock mass rating in-situ tunnelling site, Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association, 14(5), 503-516 (in Korean with English abstract).
- Lee, S. G., Kim, M. S., Lee, K. S., and Lee, C. H., 2007, A study on rock mass classification in quartzite rock bed with consideration of joint frequency, Journal of Korean Society for Rock Mechanics, 17(2), 102-108 (in Korean with English abstract).
- Park, C. W., Park, C., and Synn, J. H., 2006, Comparison of rock mass classification methods, Journal of Korean Society for Rock Mechanics, 16(3), 203-208 (in Korean with English abstract).
- Seo, Y. S., Kim, C. Y., Kim, K. Y., and Lee, H. W., 2005, Quantification method of tunnel face classification using canonical correlation analysis, The Journal of Engineering Geology, 15(3), 463-473 (in Korean with English abstract).
- Yim, S. B., Yun, H. S., Seo, Y. S., and Park, S. H., 2007, Estimation of total displacements by RMR grades using 3-dimensional numerical analysis. The Journal of Engineering Geology, 17(2), 217-224 (in Korean with English abstract).
- You, K. H., 2003, An estimation technique of rock mass classes for a tunnel design, Journal of the Korean Geotechnical Society, 19(5), 319-326 (in Korean with English abstract).

박성욱

(주)넥스지오 기술사업본부
302-711, 대전광역시 서구 계룡로 314(갈마동)
Tel: 070-7094-4614
Fax: 042-621-6966
E-mail: wook@nexgeo.com

김홍균

(주)넥스지오 기술사업본부
302-711, 대전광역시 서구 계룡로 314(갈마동)
Tel: 070-7094-4684
Fax: 042-621-6966
E-mail: 99pnu80@naver.com

배상우

(주)넥스지오 기술사업본부
302-711, 대전광역시 서구 계룡로 314(갈마동)
Tel: 070-7094-4684
Fax: 042-621-6966
E-mail: sjynny@nexgeo.com

김창용

한국건설기술연구원 Geo-인프라연구실
411-712, 경기 고양시 일산서구 고양대로 283
Tel: 031-910-0224
Fax: 031-910-0211
E-mail: cykim@kict.re.kr

유완규

한국건설기술연구원 Geo-인프라연구실
411-712, 경기 고양시 일산서구 고양대로 283
Tel: 031-995-0877
Fax: 031-910-0561
E-mail: lyu5553@kict.re.kr

이진덕

금오공과대학교 토목환경공학부
730-701, 경북 구미시 대학로 61
Tel: 054-478-7615
Fax: 054-478-7629
E-mail: jdlee@kumoh.ac.kr