

Study on Levee Visual Inspection Information System Building Using Mobile Technology

Seung-Hyun Kang*, Jong-Min Lee**

Abstract

In this paper, we propose the mobile visual inspection information system using DGPS and portable range finder for levee safety inspection.

Instead of existing visual inspection management method that is stored hand-written data, this system is designed to manage directly the visual inspection information using mobile devices in the field of levee. And through extracting accurate DGPS coordinates information about damage location of levee, this system is developed to ensure efficiency for the main task arising from the levee site such as inspection, maintenance and reinforcement.

Furthermore, when damage has occurred at the point that inspector is not able to approach, this system can record the damage site data correctly, by converting data such as position, orientation and height of the damage point into the World Geodetic System coordinates. The position, orientation and height data was extracted automatically through the DGPS and portable range finder.

And by applying the augmented reality method, this system was implemented for inspector to revisit the point of damage easily in order to perform the management, maintenance and reinforcement of the levee later.

▶ Keyword : Levee Visual Inspection, Mobile, DGPS, Range Finder, Augmented Reality

I. Introduction

전세계는 지구의 온난화의 영향으로 집중호우와 홍수해의 빈도가 증가하고 있으며, 우리나라 또한 산업화로 인한 환경 변화 및 이상기후로 발생하는 태풍, 집중호우, 홍수 등의 자연재해로 인하여 주요 시설물의 파괴 및 관련 산업·사회의 인적·물적 피해가 지속적으로 발생하고 있다.

이에 따라 홍수 및 태풍 등으로부터 하천 주변의 시설물 및 인명을 보호하기 위하여 건설된 제방에 대한 체계적인 관리를 통한 지속적인 안정성 확보가 매우 중요한 요소로 부각되고 있다. 그러나 제방은 하천의 대표적인 치수시설물임에도 불구하고 제방 자체가 단순구조물로 인식되어 기술적인 유지관리지침이 타 시설에 비해 미흡하고, 특별시 및 광역시를 제외한 농촌 및 중소도시에 위치한 제방의 경우에는 시·특법 대상에서 제외되어 있어 안전점

검이 정기적으로 이루어지지 않는 상황이다.

따라서 본 연구에서는 제방을 현장에서 관리하는 업무 담당자들이 효율적으로 제방에 대한 육안점검을 수행하고 이를 바탕으로 제방의 취약도를 합리적으로 평가할 수 있도록 Android 모바일 기반의 육안점검 방법과 정확한 위치 측정을 위한 DGPS 장비, 휴대용 거리측정기를 활용한 위치 측정 방법을 제시하며, 이를 바탕으로 제방의 취약도를 합리적으로 평가할 수 있는 시스템을 개발하여 제방 관리 업무의 효율화 및 체계화를 달성한다.

본 논문에서는 먼저 본 연구와 연관된 제방의 육안점검을 수행하기 위한 기술 동향을 파악하고 모바일 제방 육안점검 시스템의 설계 방안 및 세부 기능을 소개하며, 마지막으로 본 시스템의 발전 방향 및 향후 연구 계획을 제시한다.

• First Author: Seung-Hyun Kang, Corresponding Author: Jong-Min Lee

*Seung-Hyun Kang(setsuna2@nexgeo.com), NEXGEO Inc.

**Jong-Min Lee(jm1210@nexgeo.com), NEXGEO Inc.

• Received: 2016. 04. 26, Revised: 2016. 05. 07, Accepted: 2016. 05. 27.

• This paper was supported by construction technology research foundation(13 construction technology 01) funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport/Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement.

II. Preliminaries

1. 기술 동향

1.1 국내외 동향

하천제방의 취약도를 평가하기 위하여 국내외적으로 진행되는 연구들을 살펴보면, 먼저 네덜란드의 Deltares DAM(Dike strength Analysis Module)의 경우 ICT(Information and Communication Technologies) 기반의 제방 취약도 평가 정보를 통합적으로 운영하고 있다. 또한 싱가포르의 경우에는 DPGS를 활용하여 제방의 육안점검 시 정밀도가 향상된 위치 정보를 제공하고 있다.

특히 네덜란드 Deltares DAM의 경우 제방의 안정성 및 내구도를 평가하여 제방의 효율적인 관리 및 재난 상황 대응에 필요한 주요 정보를 신속하게 제공한다.[1][2]

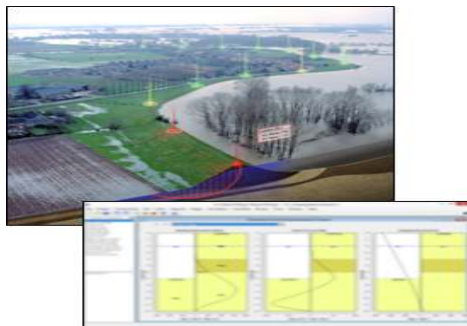


Fig. 1. Automated Calculation of the Strength of Dike(DAM, Deltares Delft Software)

국내의 경우 국토교통부에서 하천유지보수 매뉴얼 및 육안점검 기법을 개발하여 이를 배포하고 있다. 특히 육안점검 기법에서는 점검준비, 점검수행, 점검결과 기록 등의 전 과정에 걸친 절차 및 점검양식의 표준화를 구축하여 제방 육안점검에 활용하고 있다. 또한 이를 위하여 하천에 대한 육안점검을 수행하고 해당 정보를 지속적으로 관리하기 위한 모바일 기반의 국가하천 유지관리 정보 시스템을 구축하여 운영하고 있다. 하천 유지관리 정보 시스템에서는 보 시설물의 육안점검을 수행하여 보의 기본 정보 및 사진 정보 관리, 손상정보 관리 등의 기능을 수행한다. 본 시스템은 보의 육안점검 정보의 관리에 중점을 두고 있기 때문에 손상 위치 정보 등에 대한 좌표 정보는 스마트폰이나 태블릿에 내장된 GPS 모듈을 그대로 사용하여 추출하며 C/S 기반의 국가하천 유지관리 정보시스템과의 연계를 위하여 해당 시스템과 서버 및 DB를 공유한다.

또한 입력한 보 육안점검 정보는 Web 기반의 국가하천시설 유지관리 종합정보시스템을 통하여 조회할 수 있도록 구현하여 정책 담당자들의 의사결정을 지원하고 있다.



Fig. 2. Modules Diagram of the Levee Inspection System(Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

III. Levee Visual Inspection Information System Using Mobile Technology

1. 모바일 제방 육안점검 시스템 개발

1.1 시스템 개념

본 연구를 통하여 개발하고 있는 모바일 제방 육안점검 시스템은 제방의 취약도를 평가하고 관리하는 제방 취약도 평가 시스템 (LeVAS : **L**evee **V**ulnerability **A**ssessment **S**ystem)에서 제방의 취약도를 평가하기 위한 8가지 지표(홍수사상, 파이프, 활동, 기초지반, 제체재료, 제체세굴, 액상화, 육안점검) 중의 하나인 육안점검 취약도를 입력 및 관리하는 시스템이다. 육안점검 취약도의 경우 제방 현장에서 입력한 육안점검 정보를 기반으로 A, B, C의 3가지 등급 중의 하나로 도출한다. 제방 현장에서의 육안점검은 제방의 형태, 부위에 따라 다양한 요소를 점검하며 육안점검을 실시하는 항목은 국토교통부의 하천시설 점검표 양식을 준용한다.

또한 하천 제방의 경우 수목이 식생하거나 동물이 서식하는 구멍들이 존재하는 경우 제방의 안전성을 위협하는 요소가 되므로 차후 보수 및 보강을 위하여 손상 위치를 다시 방문할 필요가 있기 때문에 최대한 정밀한 좌표를 획득할 필요가 있다.

이를 위하여 휴대용 DGPS 및, 육안점검 입력을 위한 모바일 태블릿, 휴대용 거리측정기를 결합한 모바일 기반의 육안점검 시스템을 구성하였으며, 세부 개념도는 아래의 그림과 같다.

1.2 시스템 아키텍처

모바일 제방 육안점검 시스템은 안드로이드 플랫폼 기반으로 개발하였으며 좌표 추출에 사용되는 DGPS 및 휴대용 거리측정기는 블루투스 통신을 한다. DGPS 모듈과 휴대용 거리측정기는 각각의 SDK를 통하여 좌표, 거리, 각도, 방향 정보를 전송하며, 시스템은 이를 세계측지계 좌표로 변환하여 GIS 화면 상에 표출하도록 구현하였다. 모바일 제방 육안점검 시스템의 아키텍처는 아래 그림과 같다.

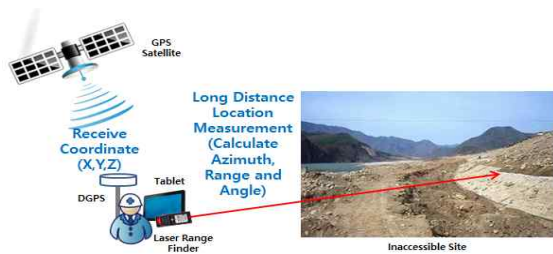


Fig. 3. A Conceptual Diagram of the Levee Visual Inspection Information Management System

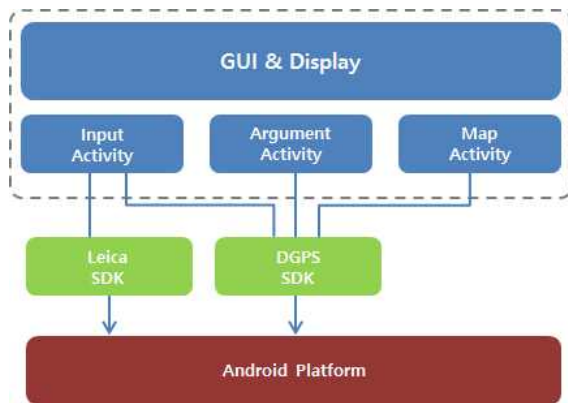


Fig. 4. System architecture of Levee Visual Inspection Information Management System[4]

1.3 시스템 설계

모바일 제방 육안점검 시스템은 크게 육안점검 수행 기능과 기 입력한 육안점검 좌표 정보를 기반으로 해당 육안점검 지점을 찾아가는 위치추적 기능으로 구분된다.

먼저 육안점검 수행 기능은 제방 현장에서 수행되는 육안점검 정보를 입력·관리하며 해당 지점의 좌표를 추출하여 저장한다. 이때 점검자가 접근하기 어려운 지점의 경우에는 DGPS 정보와 휴대용 거리측정기를 사용하여 해당 지점의 거리, 각도, 방향을 측정하여 정확한 좌표를 추출한다.

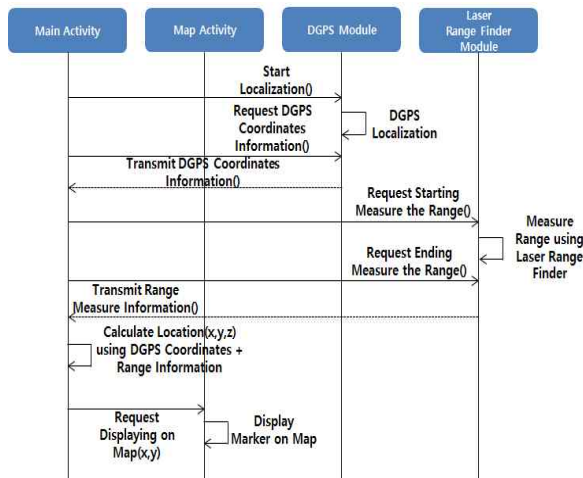


Fig. 5. Sequence of Visual Inspection in Levee Visual Inspection Information Management System

위치추적 기능은 육안점검 정보를 입력하면서 추출한 좌표를 기반으로 증강현실 기법을 이용하여 해당 지점을 찾아갈 수 있도록 구현하였다. 해당 지점의 위치는 스마트폰이나 태블릿의 카메라 화면에 마커로 표시되며 점검자가 이동함에 따라 주기적으로 갱신된다.

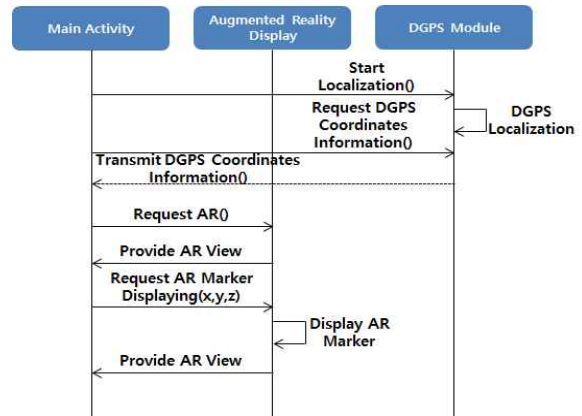


Fig. 6. Sequence of Location Tracking in Levee Visual Inspection Information Management System

1.4 DGPS 장비 및 휴대용 거리측정기 활용

현장 육안점검시 제방 육안점검 위치가 접근하기 어려운 지점인 경우 점검자는 휴대용 거리측정기를 활용하여 해당 지점을 측정한다. 해당 지점까지의 거리, 방향, 각도 정보가 블루투스 통신을 통하여 모바일 제방 육안점검 시스템으로 전송된다. 측정된 정보는 DGPS에서 측정한 좌표 정보를 기준으로 자동 계산되어 저장된다. 해당 지점의 좌표를 도출하기 위한 수식은 아래와 같다.

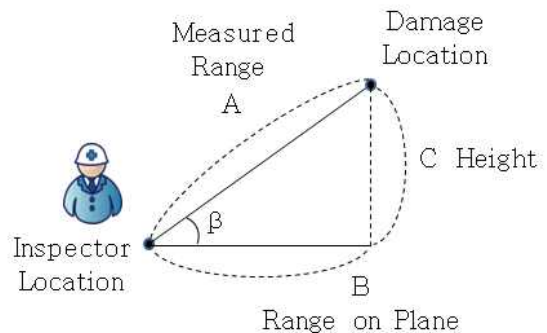


Fig. 7. Damage Location Calculation(Height/Range)

$$B = A \cdot \cos \beta$$

$$C = A \cdot \sin \beta$$

점검자가 서 있는 지점의 위치 좌표는 DGPS를 통하여 계산되며, 이를 (x, y) 라 가정하고, 휴대용 거리측정기로 측정한 손상 지점의 위치를 (x1, y1) 라 가정한다.

먼저 휴대용 거리측정기를 활용하여 측정한 손상 지점까지

의 거리(m), 방위각(Radian), 각도(Radian) 정보를 각각 A, α, β 라 가정하면 손상 지점의 높이 C 는 아래와 같이 정의된다. 여기서 B 는 점검자 위치에서 손상 위치까지의 평면상의 거리이다.

또한 손상 위치까지의 평면상의 거리 B 가 도출됨에 따라 손상 지점의 좌표(x₁, y₁) 는 아래 그림과 같이 정의된다.

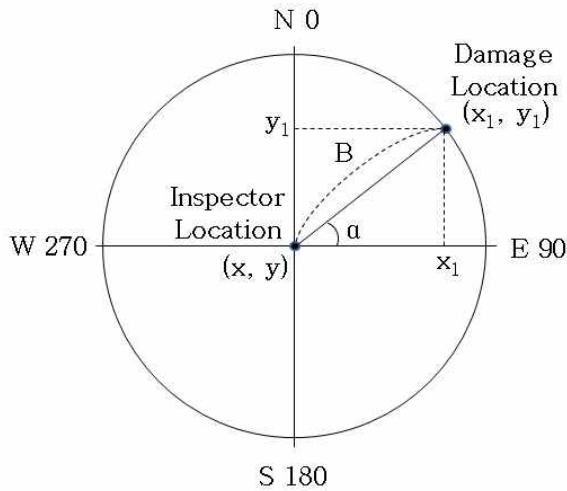


Fig. 8. Damage Location Calculation(x₁,y₁)

$$x_1 = B \cdot \cos \alpha$$

$$y_1 = B \cdot \sin \alpha$$

그러므로 최종 계산 공식은 다음과 같으며

$$x_1 = (A \cdot \cos \beta) \cdot \cos \alpha$$

$$y_1 = (A \cdot \cos \beta) \cdot \sin \alpha$$

$$C = A \cdot \sin \beta$$

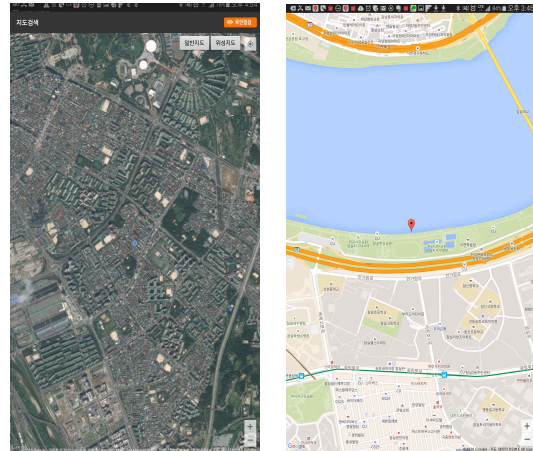
계산된 손상 지점의 좌표와 높이는 DB 에 저장되며 모바일 제방 육안점검 시스템의 증강현실 기능을 활용한 위치 파악 시에 측정 위치 마커를 표시하는 정보로 활용된다.

2. 모바일 제방 육안점검 시스템 기능

2.1 GIS 화면

모바일 제방 육안점검 시스템의 메인화면은 GIS 화면을 기반으로 점검자의 현재 위치와 육안점검 수행 위치를 마커로 표시한다.

모바일 제방 육안점검 시스템에서 활용되는 지도는 Open API(Application Programming Interface)를 활용하였으며, 일반 지도와 위성 영상을 함께 조회할 수 있다.



(a) Main Screen

(b) Labeling of Visual Inspection Location

Fig. 9. Main Screen and Labeling of Visual Inspection Location on Map

2.2 육안점검 조회 및 입력

제방 육안점검의 기본 정보를 입력하고 제방의 형태에 따라 둑마루와 비탈면에 대한 월류, 활동, 누수, 동물서식구멍 등의 주요 점검 항목에 대하여 점검 등급, 사진, 점검자 의견, 좌표 등의 정보를 입력한다. 좌표 정보는 세계측지계 기준의 경위도 좌표로 표시되도록 구현하였으며 휴대용 거리측정기를 사용할 경우 측정한 지점의 좌표 정보를 자동으로 변환하여 입력하도록 구현하였다.

육안점검 정보를 입력하는 화면은 아래의 그림들과 같다.



Fig. 10. Searching Visual Inspection List

육안점검 항목은 국토교통부의 하천시설 점검표를 준용하였으며, 제방의 형태(일반형/특수형) 및 각 제방의 둑마루, 비탈면 등의 주요 부위에 따라 발생할 수 있는 월류, 활동 등에 대한

점검 내용을 A, B, C 의 3가지 등급으로 구분하여 기록할 수 있도록 구현하였다.[5]

점검번호	점검일자	하천명	좌우안별	점검구역	
4	20150404	송남댐	좌	점검구역 NO.2	
시설명	날씨	점검자			
송남	흐림	김건우			
점검사항		점검결과			
		a	b	c	
일반형 (토사)	독마루	일류	2	1	4
		활동	0	1	0
		세굴 및 침식	1	0	0
	비탈면	훼손	1	0	0
		활동	1	0	0
		누수	2	1	0
		침하	1	0	0
		세굴 및 침식	3	0	0
		훼손	1	0	0
		동물서식구멍	3	1	0
수목식생	1	0	0		
특수형 (구조물) 옹벽형 육감문	적립구조물 침하	1	0	0	
	기물어짐 / 전도	1	1	0	
	기초부 세굴	1	1	0	
	구조물 파손	1	1	1	

Fig. 11. Levee Visual Inspection Chart[6][7]

점검 정보를 입력할 때 DGPS 및 휴대용 거리측정기를 활용한 좌표 정보가 자동으로 도출되며 사진 등의 추가적인 정보를 등록할 수 있다.

점검번호	점검일자	하천명	좌우안별	점검구역
1	20140104	낙동강	좌	점검구역 NO.1
시설명	날씨	점검자		
활동 점검결과				
점검결과	<input type="radio"/> a <input checked="" type="radio"/> b <input type="radio"/> c			
점검자의견	활동 발생 가능성 있음			
좌표 정보	35.829469	128.487434	좌표정보연기	
사진	<input type="button" value="📷"/> <input type="button" value="📷"/> <input type="button" value="📷"/>			
저장				

	동물서식구멍	0	0	0
	수목식생	0	0	0
특수형 (구조물) 옹벽형 육감문	적립구조물 침하	12	0	0
	기물어짐 / 전도	1	1	0
	기초부 세굴	0	0	0
	구조물 파손	0	0	0

Fig. 12. Writing Visual Inspection contents

2.3 증강현실 기법을 활용한 육안점검 위치 추적

앞서 도출한 제방 육안점검 좌표 및 높이 정보를 기반으로 증강현실(Augmented Reality) 기법을 활용하여 해당 위치를 실시간으로 추적한다. 증강현실 기법은 ARToolKit에서 제공하는 API를 활용하여 구현하였으며, 해당 API를 통하여 육안점검이 실시된 위치 정보를 카메라에 마커로 표출되며 해당 지점까지의 거리 정보가 추가적으로 제공된다.

증강현실을 구현하기 위한 소스코드는 아래와 같으며, 손상 위치는 붉은색의 원형의 점으로 표시되고, 상세 방향 및 거리는 우측 상단의 나침반 및 수치로 표시된다.

```

// 손상 위치 마커 표시
arContent = new OverlayView(this);
arContent.setLeveePosition(lat, lon, mApp);
arViewPane.addView(arContent);

// 나침반 및 거리 표시
final DrawView sensorView = new DrawView(getApplicationContext());
l1_sensor.addView(sensorView);
    
```

Fig. 13. Source code for Tracking Visual Inspection Location[8][9]

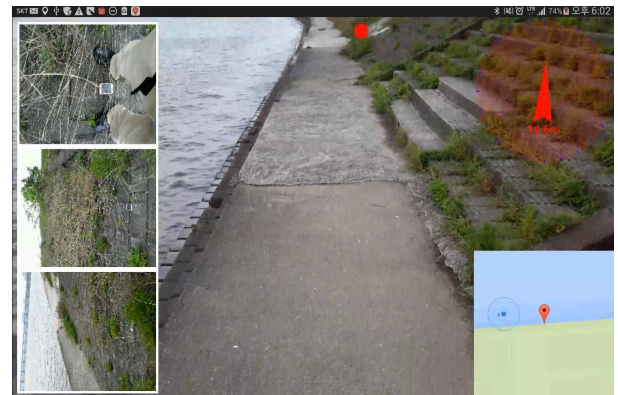


Fig. 14. Tracking Visual Inspection Location

IV. Conclusions

본 논문에서는 제방 현장에서의 육안점검 정보를 효과적으로 관리하고 제방의 취약도를 합리적으로 평가하기 위한 모바일 제방 육안점검 시스템의 구성 및 주요 기능을 서술하였다.

이를 통하여 수변 지역 재해 예방의 최전선에 해당하는 제방의 안정적인 관리를 도모하고, 수재해의 선제적 예방을 위한 합리적인 의사 결정을 지원하기 위한 방안을 제시하였다.

아울러 DGPS, 휴대용 거리측정기, 증강현실 등의 모바일 기술을 적극 활용하여 제방의 점검 및 사후 관리 체계를 간소화·편리화 함으로서 제방의 유지·관리에 소요되는 인적·경제적 비용을 절감할 수 있는 방안을 제시하였다.

또한 향후 좀 더 정확한 손상 위치 좌표 정보 획득을 위하여

DGPS 장비와 휴대용 거리측정기를 통한 좌표 계산 시의 오차를 보정하기 위한 연구를 수행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Deltares, <https://deltares.nl/en/software/dam-dike-strength-analysis-module/>
- [2] Deltares, <https://deltares.nl/en/software-solutions/>
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "River Facilities Maintenance Information System Test Operation and Supplementation", pp. 49, 2014.
- [4] Android Reference, <https://developer.android.com/reference/packages.html>
geosystems.com/en/Downloads_6843.htm?cid=11720
- [5] Jin-Man Kim, Jin-Woo Cho, Bong-Hyuck Choi, Won-Beom Cho, "Development of Visual Inspection System for Culvert in Levee Using Checklists and Smart Phone", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 17, No. 3, pp. 097-107, May. 2013.
- [6] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "River Maintenance Manual" pp. 303-305, 2012.
- [7] Nam-Joo Lee, Kwon-Kyu Yu, Sang-Ho Lee, "Inspection Manual for River Levee and Culvert", pp. 096-110, 2013.
- [8] ARToolkit Reference Manual,
<http://artoolkit.org/documentation/>
- [9] Leica SDK Manual, http://metrology.leica-geosystems.com/en/Downloads_6843.htm?cid=11720

Authors



Seung Hyun Kang received the B.S. degrees in Computer Science and Mathematics from Catholic University, Korea, in 2007, respectively. He is now working for NEXGEO.



Jong Min Lee received the B.S. degrees in Computer Science from KEDI, Korea, in 2003, respectively. He is now working for NEXGEO.