스마트폰과 Google Earth를 이용한 TS 측량 및 가시화 안드로이드 앱 개발

박진우 · 이성규 · 서용철[†]

부경대학교 공간정보시스템공학과

Development of an Android-based App for Total Station Surveying and Visualization using Smartphone and Google Earth

Jinwoo Park, Seongkyu Lee and Yongcheol Suh[†]

*Department of Spatial Information Engineering, Pukyong National University

Abstract : Current surveying and spatial information technology incorporates information and communication technology and is user friendly. However, it is not convenient to use in the field because a connection to a computer, such as a laptop, tablet PC, or desktop PC, is needed to obtain the survey results and the coordinates of the surveyed points. To solve this problem, we developed an app that can display surveyed data on a map and the current survey results through a connection between a total station and smartphone using a Bluetooth wireless communication device. The app allows users to perform field work simultaneously with office work in the field, because it consists of Bluetooth, closed traverse survey, current status survey, and coordinate conversion modules. The proposed app should increase user convenience and the operational capability of the total station in the field.

Key Words : Total station, Smartphone, Android, current status surveying, Google Earth

요약 : 최근 측량 및 지형 공간정보 분야의 기술들은 정보통신기술 발달로 사용자 친화적인 기술로 발전하고 있다. 그러나 현장에서 측량성과와 측량한 지점의 좌표를 알기 위해서는 노트북, 태블릿 PC 및 데스크톱 PC 등의 보조 장치와 토탈스테이션을 연결하여 관측 데이터를 얻어야 하는 불편함이 있다. 따라서 본 연구에서는 토탈스테이션과 스마트폰 간의 블루투스 무선 통신을 통하여 현황측량이 가능하며, 실시간으로 측정된 데이터를 인터넷 지도에 맵핑하고, 측량성과를 나타낼 수 있는 앱을 개발하였다. 개발된 앱은 블루투스 모듈, 트래버스측량 모듈, 현황측량 모듈, 그리고 좌표변환 모듈로 구성되어 있으며 현장에서 외업과 내업을 동시에 수행할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구는 현장에서의 토탈스테이션의 운용 능력과 사용자의 편의성을 향상시키는데 크게 기여할 것으로 사료된다.

접수일(2013년 4월 12일), 수정일(1차 : 2013년 4월 15일), 게재확정일(2013년 4월 17일).

[†] 교신저자: 서용철(suh@pknu.ac.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

오늘날 공간정보 획득을 위한 다양한 시스템이 활용되고 있고, 이들은 측량 및 측지분야뿐만 아니라 위치기반서비스와 같은 분야 등에 중요한 역할을 담당하고 있다. 최근 차량항법시스템과 위치기반서비스를 지원하는 스마트폰이 빠르게 보급됨에 따라, 누구나 공간정보를 손쉽게 사용할 수 있고, 이러한 서비스를 위해 보다 정확한 공간정보의 구축은 필수적이다 (Lee *et al.*, 2005).

공간정보 분야에서 광범위한 국토 모니터링을 위한 위성영상 활용과 수치지형도 제작을 위한 항공사진측량이 널리 이용되며, 공사 측량이나 수치지형도의 수정 및 갱신을 위해서 토탈스테이션(Total Station, TS)이 널리 사용되고 있다.

토탈스테이션 측량은 현장에서 여전히 기술자들에 의해 직접 측량이 수행되고 있다. 기술자들이 현장에서 측량 결과를 확인하기 위하여 데스크톱 PC를 사용하는 것은 휴대하는데 어려움이 있으며, 노트북, 태블릿 PC의 사용은 휴대가 가능한 반면 측량기와 연동하는데 불편함이 있다. 이와 같은 문제에 대한 대안으로 제시된 것이 토탈스테이션과 휴대용 단말기인 Personal Digital Assistant (PDA)를 결합한 측량방법에 대한 연구(Park, 2003; Lee *et al.*, 2005; Bae and Lee, 2005)이다. 이 연구는 현장에서 토탈스테이션만으로 측량하는 것에 비해 작업자의 환경 개선과 작업 능률성을 향상시켰다. 그러나 대안으로 제시된 PDA를 이용하는 경우는 다음과 같은 몇 가지의 문제점을 가지고 있다. 먼저, 토탈스테이션과 PDA는 연결 케이블을 통해서만 작업이 가능하기 때문에 연결된 케이블 내에서만 이용이 가능하다는 점이다.

토탈스테이션으로 측정된 데이터는 노트북, 태블릿, 데스크톱과 같은 컴퓨터에 전송한 다음 계산을 수행한다. 따라서 내업과 외업이 분리되어 운용이 되는 단점 때문에 측량 성과를 실시간으로 확인을 할 수 없다. PDA는 3 Generation (3G)나 4 Generation(4G)와 같은 무선데이터 통신기술 및 Global Positioning System (GPS)가 기본으로 내장되어 있지 않다. 결국 측량 결과를 디지털 지도와 함께 표현하기 위해서는 별도의 수치지형도 데이터를 PDA에 저장해야 된다. 또한 작업 전에

저장된 수치지형도를 이용하기 때문에 제한된 지역에서만 이용이 가능하다.

반면, 스마트폰은 3G나 4G 그리고 WiFi, 블루투스 와 같은 무선 데이터 통신 기술을 통해 언제 어디서나 네트워크에 접속하여 데이터의 공유 및 검색이 가능하다(Lee *et al.*, 2011). 또한 스마트폰에는 데이터 베이스인 SQLite가 탑재되어 있고 내·외장 메모리도 지원 가능하므로 실시간으로 데이터를 저장하거나 처리하는 것이 가능하며, 스마트폰만으로도 사용자가 요청한 위치정보를 웹브라우저, 구글맵, 네이버맵, 다음맵과 같은 인터넷 지도서비스와 앱(APP)을 통해 빠르게 제공받고 처리할 수 있다(Kim *et al.*, 2012). 따라서 스마트폰 환경은 PDA를 이용한 방법보다 편리한 환경에서 토탈스테이션 측량이 가능하다.

본 연구에서는 스마트폰과 토탈스테이션을 결합한 안드로이드 앱의 설계, 개발 및 측정된 데이터를 Google Earth를 통해 가시화하는데 목적이 있다. 기준점 결정을 위한 트래버스측량과 결정된 기준점에서의 현황측량, 측정된 데이터를 인터넷 지도서비스를 통해 실시간으로 확인 가능한 앱을 개발하였다. 또한 측량 성과를 Keyhole Markup Language (KML) 파일로 작성하여, 구글어스에서 가시화가 가능하도록 구현하였다.

2. 이론적 고찰

1) 토탈스테이션 측량

토탈스테이션은 광파거리측정기의 거리 측정과 디지털 데오도라이트의 각 측정을 결합한 측량기기로서 계산 및 제도까지 일괄 처리가 가능하다. 이로 인해, 다양한 측량의 효율성이 향상되었을 뿐만 아니라 현황측량에 있어서도 기존의 평판측량 및 시설물 현황측량에 까지 활용이 증대되고 있다(Park *et al.*, 2003). 지적측량에서도 토탈스테이션을 전자평판과 일체화하여 기존의 측판을 컴퓨터로 대체 시켜 놓은 전자측판 측량을 이용한 도해 및 수치지적측량이 시행되고 있다(Hong, 2007; Kwon *et al.*, 2012).

그리고 최근 network Real-Time Kinematic (RTK) 측위 시스템과 토탈스테이션을 하나로 통합하여 측량이

Fig. 1. Diagram of mapping system using surveying instruments(Bae and Lee, 2005).

가능한 통합측량시스템이 등장하였다(Kwon and Kim, 2011). 다양한 기기를 이용한 통합측량시스템은 GPS 위성의 신호강도가 약한 음영지역, 산림지역 또는 고층 건물이 많은 도시지역에서 효과적으로 이용이 가능하다. 이는 GPS 측량이 비교적 어려운 지역에서는 토탈스테이션을 이용하여 프리즘 또는 무타켓 방식으로 측정이 가능하다. 이러한 장점으로 인해 최근의 지상측량에서는 GPS 측량과 토탈스테이션을 겸용한 측량이 주로 이루어지고 있다. 즉 GPS 측량에 의해 기준점의 절대좌표가 결정되고, 이러한 성과를 바탕으로 토탈스테이션을 통한 대상 측점의 3차원 위치가 결정된다. 그리고 통합측량시스템에서 측량과 동시에 계산 및 측량성과의 실시간 확인이 어렵기 때문에, 최근의 현황측량은 토탈스테이션이나 GPS 수신기에 노트북이나 PDA를 연결하여 현장에서 측정과 동시에 지형도를 작성하는 실시간 맵핑 시스템으로 발전되고 있다(Park, 2003; Lee *et al.*, 2005; Bae and Lee, 2005).

통합측량시스템과 PDA를 결합한 맵핑 시스템은 Fig. 1과 같다. 이 시스템은 현장에서 PDA를 통해 관측된 데이터 수집만 가능하기 때문에 내·외장이 별도로 운용된다. 이는 노트북, 태블릿 PC, 데스크톱 PC와 같은 컴퓨터로 측정데이터를 복사하여 좌표와 측량성과를 계산해야 되는 단점이 있으며, 토탈스테이션과 휴대용 단말기 간에 RS-232C 케이블을 통해 작업해야 하며, 수치지형도를 맵핑하기 위해서는 PDA에 수치지형도 데이터를 현장관측 전에 적재시켜야 하는 단점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 블루투스나 같은 무선 데이터 통신 기술을 이용하여 언제 어디서나 토

탈스테이션과 연결이 가능한 스마트폰을 이용한 연구가 필요하다. 스마트폰은 SQLite와 내·외장 메모리에 측량 결과의 저장 및 관리를 통해 내장이 가능할 뿐만 아니라, 위치정보를 인터넷 지도서비스를 통해 표출이 가능한 장점이 있다.

2) Google Earth & KML

Google Earth는 2006년부터 위성 영상, 지도, 지형 및 3D 빌딩 등 전 세계 각 지역 정보에 대해 위성영상 지도 서비스를 제공하고 있다. 표준 해상도는 15 m이고 대도시나 특별한 지역은 1 m 이상의 고해상도 영상으로 웹 브라우저나 Google Earth 데스크톱 프로그램, 모바일 앱을 통해서 무료로 제공되고 있어 전지구적 공간정보의 3차원 시각화가 가능하다(Google, 2013b). Google Earth는 Google Earth API를 공개하고 있어서 3차원 지구 위에 위치표시, 선, 폴리곤 등을 영상이나 3D 모델을 중첩하는 형태로의 매쉬업이 가능하다(Choi and Yang, 2009).

Google Earth는 eXtensible Markup Language (XML) 표준을 이용하여 태그 기반 구조로 작성된 Open Geospatial Consortium (OGC)에서 관리하는 국제 표준 형식인 Keyhole Markup Language (KML)을 사용한다. KML은 중첩된 태그기반 구조를 사용하여 Google Earth에 원하는 형태로 공간정보를 표현할 수 있다(Google, 2013a).

3) 안드로이드 플랫폼

안드로이드는 리눅스 기반의 개방형 모바일 운영 체제로써 리눅스 커널, 런타임, 라이브러리, 애플리케이션

이션 프레임 워크, 애플리케이션 컴포넌트로 구성된다. 리눅스 커널 위에는 응용 프로그램들이 공통적으로 사용하는 자바가 아닌 C언어로 작성되어 있는 libc, Media, SQLite, WebKit, OpenGL 등의 시스템 라이브러리와 달빅가상머신(Dalvik Virtual Machine)과 자바 코어 라이브러리의 안드로이드 런타임으로 구성되어 있다. 그리고 라이브러리와 런타임 위에는 Activity Manager, Window Manager, Concept Provider, View System, Notification Manager, Telephony Manager, Resource Manager, Location Manager의 어플리케이션 프레임 워크가 있다. 이러한 어플리케이션 프레임워크가 바로 개발자들이 사용하는 안드로이드 API이다(Kang and Lee, 2010, 2011; Komatineni and MacLean, 2012).

안드로이드는 블루투스 프로토콜 스택을 포함하고 있다. 안드로이드 블루투스 프레임워크는 안드로이드 기반의 디바이스가 블루투스 연결 및 데이터 전송 기능을 사용하기 위한 프로파일 모듈과 블루투스 하드웨어 사용을 위한 인터페이스를 제공한다. 이러한 안드로이드 블루투스 프레임워크를 사용하여 블루투스 헤드셋 등 스마트폰에 내장된 블루투스를 이용한

연구가 수행되었다(Cho, 2012).

3. 안드로이드 앱 설계 및 구현

본 연구에서는 토탈스테이션과 스마트폰 간의 블루투스 무선 통신방식을 이용하여 트래버스 및 현황 측량 및 인터넷 지도에 측정된 데이터의 실시간 맵핑이 가능한 앱을 설계하고 구현하였다(Fig. 2).

토탈스테이션 측량을 위한 안드로이드 앱은 Bluetooth Connection 모듈, 좌표변환 모듈, 트래버스측량 모듈, 현황측량 모듈로 구성된다. 먼저, Bluetooth connection 모듈은 블루투스 장치가 부착된 토탈스테이션과 스마트폰에 내장된 블루투스를 연결하고, 트래버스 및 현황측량의 Survey 기능과 토탈스테이션에서 측정된 데이터를 수신하는 역할을 한다. 좌표변환 모듈은 현황측량에서 폐합트래버스 망조정 계산과 좌표 결정에 사용되며, Java Map Projection Library(<http://www.jhlabs.com/java/maps/proj/>)로 구현되었다. 이 모듈은 도(Degree)와 도분초(DMS : Degree-Minute-Second) 그리고 TM

Fig. 2. Diagram of developed android app.

Table 1. System configuration

Item	Detail
Smartphone	Samsung Galaxy Note II
Smartphone Operation System	Android 4.1.2 Jelly Bean
Development Tool	Eclipse IDE
Map API	Google, Naver, Daum
Total station	SOKKIA CX-105

좌표(transverse mercator)와 WGS84 좌표 간 상호 변환이 가능하다.

트래버스 측량 모듈은 Survey, Dataview, Process, Mapview 로 구성되며, Survey기능은 Bluetooth Connection 모듈을 통해서 받아온 측정데이터를 SQLite database에 저장한

다. Dataview 기능은 SQLite database에 저장된 측정데이터를 보여주고, Process 기능은 측정데이터로 폐합트래버스 계산을 수행하고 좌표계산 결과와 측량 성과를 SQLite에 저장하거나 이메일로 전송한다. Mapview 기능은 폐합트래버스 계산으로 결정된 미지점의 좌표를 인터넷 지도서비스에 맵핑하는 역할을 한다.

현황측량 모듈은 Survey, Dataview, Mapview 기능으로 구성된다. Survey 기능은 블루투스 모듈을 통해서 받아온 측정데이터를 SQLite database에 저장하고, 트래버스 측량에서 결정된 기준점을 SQLite database에서 로드하여, 후시점과 기계점을 설정하고 시준점의 좌표를 결정하는 기능을 담당한다. Dataview 기능은 트래버스 측량

Fig. 3. Screenshots of control points surveying of the app: (a) main, (b) Survey(current status surveying), (c) dataview(current status surveying), (d) process(closed traverse surveying), (e) send e-mail (f) mapview(closed traverse surveying) - Daum satellite map, (g) mapview(current status surveying) - Naver satellite map

의 Dataview 기능과 동일하며, Mapview 기능은 측량과 동시에 계산된 시준점의 좌표를 인터넷 지도서비스에 매핑하여 실시간으로 확인이 가능한 기능을 제공한다.

안드로이드 앱은 안드로이드 Software Development Kits (SDK)를 이용하여 Samsung Galaxy Note II에서 실행 되도록 개발되었다(Table 1). 개발 언어는 자바, 지도 API는 구글맵, 네이버맵, 다음맵 API를 이용하였다. 그리고 토탈스테이션에서 측정된 데이터를 수신하기 위해 블루투스 장치가 탑재된 토탈스테이션 SOKKIA CX-105에서 전송되는 데이터포맷을 기준으로 구현되었다.

구현된 안드로이드 앱을 실행하면 트래버스 및 현황 측량을 선택할 수 있는 화면이 나타난다(Fig. 3a). 각각의 측량 모듈을 선택하면 Survey, Dataview, Mapview 등 세부 기능이 탭으로 구성되어 나타난다(Fig. 3b, 3c, 3d). 트래버스 및 현황 측량의 Survey 탭에서 토탈스테이션 연결 버튼이나 스마트폰의 메뉴 버튼을 선택하면 토탈스테이션과 연결이 가능하다. 그리고 토탈스테이션에서 측정을 실시하고 측정 데이터 전송 버튼을 누르면, 측정된 데이터는 앱으로 전송되며 SQLite database에 저장 가능하다. Data view 탭은 SQLite 데이터베이스에 저장된 측정데이터를 목록으로 확인이 가능하다. 트래버스 측량의 Process 탭은 폐합트래버스

계산 기능을 제공하며, GPS 측량을 통해 측정된 두 개의 기지점을 입력하고 폐합트래버스 계산을 수행하면 폐합오차, 정확도, 면적 등의 측량성과를 볼 수 있다(Fig 3d). 그리고 트래버스 및 현황 측량에서 저장된 측량데이터, 측량성과는 이메일을 통해 전송이 가능하다(Fig. 3e), 인터넷 지도서비스를 이용하여 측량 데이터의 위치를 확인할 수 있다(Fig. 3f and Fig. 3g).

4. 실험 및 결과

본 연구에서 개발한 안드로이드 앱의 적용가능성 평가를 위해 부산광역시 소재한 부경대학교 대연캠퍼스 내의 한 건물을 대상으로 트래버스 및 현황 측량을 수행하였다(Fig. 4).

토탈스테이션을 이용한 현황 측량에서 대상 지역 내 최소 2개의 기준점이 확보되어야 한다(Park *et al.*, 2003). 따라서 SOKKIA GRX1 GPS 수신기를 이용하여 network RTK 방식으로 연구대상지 주변 두 점의 절대 좌표를 취득하였고(Table 2), 이들은 대상 트래버스에서 초기 방위각을 계산하는데 이용되었다.

실험은 개발된 앱에 포함된 트래버스 및 현황 측량 모듈에 의해 수행되었고, 트래버스는 Fig. 4와 같이 측

Fig. 4. Study area and location of surveying control point (source: Google Maps).

Table 2. Surveying control point coordinates by network RTK positioning

Point	Longitude(deg)	Latitude(deg)	Orthometric height(m)	HRMS(m)	VRMS(m)
A	129.10696003	35.13496035	3.920	0.0083	0.0138
D	129.10576917	35.13484014	3.439	0.0071	0.0140

Table 3. Survey achievement report calculated by app.

	Distance (m)	Angle (degree)	Azimuth (degree)	Northing (m)	Easting (m)	Total latitude (degree)	Total longitude (degree)	Double meridian distance(m)	Double area (m ²)
AB	58.594	89.99731481	351.77926246	57.992	-8.378	35.13548442	129.10688161	-8.378	-485.873
BC	112.188	91.80731481	263.58657727	-12.532	-111.486	35.13539278	129.10565599	-128.243	1607.087
CD	62.190	85.61759259	169.20416986	-61.090	11.649	35.13484018	129.10576957	-228.080	13933.316
DA	109.338	92.57981481	81.78398467	15.625	108.216	35.13496031	129.10696003	-108.215	-1690.863

Error of closure(m): 0.004 Accuracy: 1/85577.7 Area(m²): 6681.834

(a)

(b)

Fig. 5. Surveying data visualized by google earth: (a) closed traverse surveying (b) current status surveying

Table 4. Comparison of the proposed app and previous studies.

	This app	Park (2003)	Lee <i>et al.</i> (2005)	Bae and Lee(2005)
Field work /office work	Integration	Separation	Separation	Separation
Connection method for a surveying instrument	Wireless communication (Bluetooth)	Serial cable (RSC232C)	Serial cable (RSC232C)	Serial cable (RSC232C)
Internet map service mapping	Google maps, Naver map, Daum map	X	X	X
Survey achievement report calculation in real-time	O	X	X	X
Reporting services	E-mail	X	X	X

점 A로부터 시작하여 다시 측점 A로 폐합되는 폐합트래버스(A-B-C-D-A)이다. 모든 측점에서 각 관측은 오차를 줄이기 위해 각 측점에서 3회 이상 관측된 값의 평균을 사용하는 배각법에 의해 수행되었다. 본 연구에서 개발된 앱에 의해 계산된 폐합트래버스 망조정 결과는 Tabel 3과 같다. 이렇게 조정된 각 측점의 위치를 기준으로 대상 건물의 현황을 파악하기 위한 측량이 수행되었다. 이것은 개발된 앱 내 현황 측량 모듈에 의해 수행되었고, 트래버스 측량에 의해 이미 결정된 각 측점의 자료는 기계점과 후시점으로 입력되어 각 측선의 방향각을 결정하는데 이용되었고, 방사 측량에 의해 대상 건물에 대한 평면 위치를 결정하였다.

개발된 앱에서 계산된 트래버스 및 현황 측량의 결

과는 Open Geospatial Consortium (OGC)에 의해 국제표준으로 채택된 KML 파일로 생성이 가능하고 이메일을 통해 전송이 가능하다. 이메일로 전송된 KML 파일을 구글어스 뿐만 아니라 지도 관련 소프트웨어서도 출력이 가능하다(Fig. 5).

본 연구에서 개발된 안드로이드 앱의 평가를 위해 기존 연구와 비교, 평가하였다(Table 4). 먼저, 기존 연구에서는 RS232C 시리얼 케이블을 이용한 유선 방식의 시리얼 통신을 하였으나, 본 연구에서는 별도 케이블 없이도 블루투스 무선 장치를 통해 토달스테이션과 스마트폰 간의 연결이 가능하기 때문에 측량 작업자의 편의성을 향상시킬 수 있다. 두 번째, 기존 연구에서는 PDA와 같은 휴대용 단말기에 CAD형태로 수

치지형도가 저장되어 있어야 측량 결과를 확인 할 수 있었다. 그러나 본 연구에서는 별도의 수치지형도 없이도 인터넷 지도서비스를 이용하여 실시간으로 측량된 기지점의 좌표 확인 가능하다. 마지막으로 기존 연구에서 외업은 휴대용 단말기에서 실시되고, 내업은 데스크톱으로 옮겨서 실시되었지만, 본 연구에서는 외업과 동시에 내업의 계산과정을 통해 측량성과를 실시간으로 현장에서 확인이 가능한 장점이 있다.

4. 결론

본 연구에서는 최근 지상측량에서 주로 이용되는 토탈스테이션을 이용하여 스마트폰에서 트래버스 및 현황 측량이 가능한 안드로이드용 앱을 개발하였다. 개발된 앱은 블루투스모듈, 지도서비스, 데이터베이스(SQLite)를 사용하여, 현장에서 토탈스테이션의 운용 능력 향상과 사용자의 편의성을 증대시킬 것으로 사료된다. 또한 현황측량을 위한 트래버스 측량에서 폐합트래버스 계산을 스마트폰으로 계산함으로써, 내업과 외업을 별도로 분리하지 않고도 실시간으로 확인이 가능한 장점이 있다. 트래버스 측량에서 계산된 각 측점의 성과와 현황 측량에 의해 결정된 대상물의 좌표를 인터넷 지도서비스를 이용하여 실시간 위치 확인이 가능하다. 향후에는 Map view에서 표현된 좌표가 포인트만으로 표현되는 것이 아니라, 측량된 좌표를 바탕으로 현황도를 작성하는 기능이 가능하도록 연구를 확대하고 발전시킬 필요가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Bae, S.H., and Y.G. Lee, 2005. The development of PDA based mapping system using totalstation, *Journal of The Korean Society for Geo-Spatial Information System*, 13(4): 11-17 (in Korean with English abstract).
- Cho, H.S., 2012. *Design and implementation of an android-based advanced bluetooth handset application*, Kwangwoon university, MS Thesis, Korea (in Korean and English abstract).
- Choi, J.W., and Y.K. Yang, 2009. Design and implementation of the taxi telematics driving history data visualization system using google earth, *Korean Journal of Remote Sensing*, 25(1): 61-69 (in Korean and English abstract).
- Hong, S.E., 2007. Comparing efficiency of Numerical cadastral surveying using total station and RTK-GPS, *Journal of the korean society for Geo-Spatial Information System*, 15(3): 87-96 (in Korean and English abstract).
- Kang, S.G., and K.W. Lee, 2010. Development of android smart phone app for analysis of remote sensing images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 26(5): 561-570 (in Korean with English abstract).
- Kang, S.G., and K.W. Lee, 2011. Development of android smartphone app for corner point feature extraction using remote sensing image, *Korean Journal of Remote Sensing*, 27(1): 33-41 (in Korean with English abstract).
- Kim, H.J., G.S. Lee, and J.H. Park, 2012. *Mobile GIS programming*, Ji&Son Inc, Goyang, Gyeonggi-do, Korea.
- Komatineni, S. and D. MacLean, 2012. *Pro Android 4*, Apress, Newyork, NY, USA.
- Kwon, J.Y., S.H. Choi, and J.H. Kim, 2012. Accuracy assessment by difference cadastral inspection methods of cadastral surveying results, *Journal of the Korean Cadastre Information Association*, 14(2): 271-288 (in Korean with English abstract).
- Kwon, K.W., and J.H. Kim, 2011. Efficiency evaluation of cadastral reconnaissance surveying using integrated surveying system, *Journal of the Korean Cadastre Information Association*, 13(2): 101-115 (in Korean with English abstract).
- Lee, S.K., J.S. Kim, Y.S. Kim, and C.U. Choi, 2011. Development of android smartphone app for camera-based remote monitoring system, *Journal of Korean Spatial Information Society*, 19(5): 87-96 (in Korean with English abstract).

- Lee, Y.G., S.H. Bae, W.C. Han, and S.H. Kim, 2005. The development of PDA based mapping system using survey equipment, *Journal of the Korea society of computer and information*, 10(2): 179-186 (in Korean with English abstract).
- Park, B.U., D.G. Lee, and G.J. Yang, 2003. Evaluation of GPS and totalstation surveying for facilities mapping, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, 21(4): 373-381 (in Korean with English abstract).
- Park, H.D., 2003. *Acquisition and updating of spatial data using mobile system*, Kyonggi university, MS Thesis, Korea (in Korean and English abstract).
- Google, 2013a. <https://developers.google.com/kml>.
- Google, 2013b. <http://www.google.com/intl/ko/earth/index.html>.