

가상기지국을 활용한 지적기준점 관측 정확도 분석 -진주시 일원을 중심으로-

Accuracy Analysis of Cadastral Control Points Surveying using VRS case by Jinju city parts

최 현¹⁾ · 김규철²⁾

Choi, Hyun · Kim, Kyu Cheol

Abstract

After development of GPS in the 1960's, the United States released SA(Selective Availability) in 2000 and then the GPS has become commercialized to the present. The result of repeatedly developed GPS observation, the GPS real-time observation methods is RTK which basically always needs two base stations and has a fault of the accuracy decreasing as the distance between a mobile station and a receiver is increasing. Because of these weakness, VRS method has come out. VRS(Virtual Reference Station) generates the imaginary point near mobile station from several observatory datum of GPS, sets the accurate location of mobile station, thus shows high reliability and mobility. Now, the cadastral datum point is used with azimuth, repetition, and graphical traversing method for traverse network. The result of measurement indicates many problems because of different accomplishment interval given point, restrictions on the length of the conductor, many errors on the observations. So, this study did comparative analysis of the cadastral datum points through VRS method by Continuously Operating Reference Station. Through the above comparative analysis, The comparative result between surveyed result with repetition method through total station observed Cadastral Control Points and surveyed result with VRS-RTK has shown that average error of x-axis is -0.08m, average error of y-axis, +0.07m and average distance error is +0.11m.

Keywords : GPS, SA, VRS(Virtual Reference Station), Cadastral Control Points

초 록

1960년대 GPS가 개발되어 2000년도 미국에서 SA(Selective Availability)를 해제함에 따라 본격적인 상용화가 시작되며 현재에 이르렀다. 개발을 거듭해온 GPS의 관측 방식 중 실시간 이동측량방식은 항상 2대의 수신기가 필요하며 기준국과 이동국의 거리가 멀어짐에 따라 정확도가 떨어지는 문제점이 발생한다. 이러한 개선방안으로 가상기지국 방식이 도입되었다. 가상기지국은 여러 개의 GPS상의 관측소 자료로부터 이동국 인근에 가상점을 생성시켜 이동국의 정밀한 위치를 결정하는 방식이므로 신뢰성과 이동성이 높다. 또한 현재의 지적기준점은 방위각법, 배각법, 다각망도선법 등의 방법으로 관측하여 사용하고 있으며, 측량성고가 서로 다른 기지점의 성과차, 도선의 길이에 대한 제약, 관측시의 여러 오차들로 인하여 문제점들이 많이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 상시관측소 데이터를 이용하여 지적기준점에 대하여 가상기지국 방식을 통한 데이터를 비교·분석하였다. 관측결과, 지적기준점을 관측한 토털스테이션을 사용하여 배각법으로 관측한 성과와 VRS-RTK로 관측한 성과를 비교한 결과 X축 평균오차 -0.08m, Y축 평균오차 +0.07m, 평균거리오차 0.11m로 나타났다.

핵심어 : GPS, SA, 가상기지국, 지적기준점

1) 정희원 · 교신저자 · 경남대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail: hchoi@kyungnam.ac.kr)

2) 경남도청 토지정보과 (E-mail:kim4848@korea.kr)

1. 서론

지적재조사 사업이란 지적불부합지 정리와 디지털화 등 지적 선진화 사업을 위한 것으로 2030년까지 단계적으로 추진하는 사업을 말한다. 지적재조사 사업지구는 토지 소유자들의 2/3 이상 동의를 받아 사업지구 고시를 하고 토털스테이션 및 GPS(Global Positioning System) 등을 사용한 정밀 측량을 한다. 측량이 완료되면 필지별 경계, 면적 조정 작업을 하고, 청산과정을 거쳐 새로운 지적공부로 등록이 된다. 지적재조사사업과 관련된 연구는 최근 활발하게 진행되고 있다. 박민호 등(2007)은 실시간이동측량 방법인 RTK-GPS측량기법에 의해 지적도근점을 효율적으로 관측하는 방법에 대해 제안하였다. 이를 위해 실시간이동측량 측정방법으로서 교차측정방법과 반복측정방법으로 각각 실시하여 산출된 성과를 정지측량에 의해 얻어진 성과와 비교·분석하였으며, 궁극적으로 정지측량 성과를 기준으로 한 실시간이동측량 성과의 정확도에 대해 연구하였다. 신동운 등(2008)은 실시간이동측량 기법과 VRS RTK 기법으로 지적도근점에 대한 관측 좌표를 등록좌표와 비교하여 실시간이동측량 방법인 RTK-GPS측량기법에 의해 지적도근점을 효율적으로 관측하는 방법에 대해 제안하였다. 장상규(2009)는 토털스테이션과 RTK GPS 측량을 대신하여 VRS GPS 측량으로 경계점의 좌표를 취득하여 지적세부측량의 정확도를 평가하였다. 또한 황병달 등(2010)은 Network RTK 장비를 이용하여 삼각점과 지적기준점의 X, Y의 관측 결과를 분석하고 수준점과 통합기준점의 높이에 대한 관측 결과를 분석하였으며, 최우석 등(2011)는 VRS RTK GPS 측량에서 이동국과 기지국간의 거리에 따른 정확도 저하의 문제점을 파악하기 위해 GPS 상시관측망의 안쪽과 바깥쪽에 존재하는 경남 거제시를 대상으로 정확도를 분석하였다. 그리고 김감래 등(2009)는 VRS를 활용한 Network RTK 관측데이터와 지적측량에 활용중인 전자평판의 관측데이터를 비교하여 오차를 분석하였으며, 홍성언 등(2010)은 현행 지적좌표계를 세계좌표계로 변환하는 실험연구를 통하여 위치 및 면적의 변화량과 이로 파생되는 문제점들을 검토·분석하였다.

현재 국토지리정보원에서 운영하고 있는 상시관측소는 총 45점이며 이들 VRS가 설치된 관측점들은 GPS상시관측망 내에 관측하고자 하는 임의의 이동국에 대한 보정 값을 전송하여, 이동국 근처에 가상의 기준국을 설정하여 이동국에 보정 값을 송신함으로써 미지점의 위치를 결정하

는 방식이다. 현재의 지적기준점은 배각법 및 다각망도선법에 의하여 설치되어 있는 기준점으로 수년에 걸쳐 설치되어 있으며, 각 도선별로 각기 다른 기지점을 사용하여 같은 위치의 기준점에도 불구하고 개별 기준점의 성과차이 및 다른 도선과의 성과차이로 인하여 민원의 발생 및 측량의 어려움 등의 문제점을 안고 있는 현실이다. 또한 GPS의 보급 및 활용이 활발해지는 추세에 지적측량분야에서는 베셀(bessel)타원체를 기준으로 하는 좌표계를 사용하고 있어 GPS를 이용해 획득한 성과를 다시 지적좌표 체계로 변환해야 하는 등의 번거로움이 있으며, 이는 좌표 변환에 있어 오차가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 상시관측소를 이용하여 지적기준점에 대하여 VRS 방식으로 관측을 실시하여, 기 등록된 지적기준점의 성과와 비교·분석하여 지적기준점의 정확도를 분석하였다.

2. GPS

GPS는 1960년대 군사적 목적을 위하여 개발을 시작하여 1990년대에 들어 실용화를 이루었으며 현재 여러 분야에서 사용되고 있다. GPS는 이동측량의 방법을 이용해 위치를 결정하는 정지측량(static)방식과 같은 후처리에 의한 방법과 실시간으로 데이터를 처리하여 위치를 결정하는 실시간 이동측량(RTK; Real Time Kinematic)방식이 있다. 특히 RTK-GPS방식은 경리정리지구, 택지개발지구 등과 같이 전파수신에 장애가 없는 지역에서는 토털스테이션보다 효율적이다. RTK-GPS는 알고 있는 한 점에 기준국을 설치하고 미지의 다른 점에 이동국을 설치한 후, 기준국에서 이동국으로 보정치를 전송함으로써 이동국의 위치를 정확하게 결정할 수 있다(황병달 등, 2010). 이에

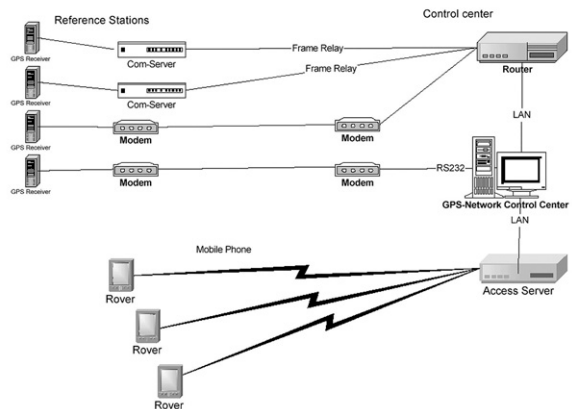


그림 1. 가상기지국 GPS 측량의 개념(Trimble, 2001)

RTK방식에서의 기준국과 거리에 비례하여 정확도가 떨어지는 거리의존오차를 보정하고 광범위한 지역에서도 정밀한 위치를 결정하기 위해 도입된 개념이 가상기지국(VRS; Virtual Reference Station)을 활용한 Network RTK방식이다. 가상기지국을 활용한 Network RTK 측량은 여러 개의 GPS상시 관측소 자료로부터 이동국 인근에 가상점을 생성시켜 이동국의 정밀한 위치의 관측 자료를 모두 사용하기 때문에 단일 기준점 측위에 비해 서비스의 신뢰도와 이용가치가 높다(그림 1).

2.1 실시간이동측량

실시간이동측량은 실시간으로 센티미터 수준의 정확도로 위치를 결정할 수 있는 기법으로 1990년 중반에 개발되었다. 광범위한 관측점의 정밀좌표를 빠른 시간 내에 취득하기 위해서 이동측량을 수행하는 동시에 후처리를 따로 수행하지 않기 때문에 신속한 측량이 가능하다. 그것은 정밀도에 근접한 결과를 산출하기 위한 목적으로 개발되었으므로 공사현장 뿐만 아니라 각종 연구에 많은 활용이 되고 있다. 실시간이동측량의 기본 개념은 정밀한 위치를 확보한 기준점의 반송파 오차 보정 값을 이용하여 사용자가 실시간으로 관측 값을 얻을 수 있다. 그리고 이동국과 기준국으로 구성되며 기준국에서는 관측데이터 또는 보정데이터를 이동국으로 전송하기 위한 통신수단이 추가적으로 필요하며 이동국 또한 이러한 데이터를 수신하기 위한 통신 수단이 필요하다. 이러한 실시간이동측량의 기본개념은 오차보정을 위해 기준국에서 전송되는 데이터가 반송파 수신자료라는 것을 제외하고는 DGPS 개념과 유사하다. 각 위성에 대한 반송파 측정값을 지속적으로 제공하여야 하며 데이터의 전송 방식에 따라 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGPS 보다 상대적으로 크기 때문에 안정적이고 신속한 데이터 전송 시스템이 요구된다.

2.2 가상기지국 GPS 측량

가상기지국(VRS; Virtual Reference Station) GPS측량 방식은 Network RTK GPS측량 방식 중 한 가지 방법으로 GPS 상시관측소로 이루어진 기준국망을 이용하여 오차를 분리하여 모델링하고, 네트워크 내부 임의의 위치에서 관측된 것과 같은 가상기준점을 생성한 후 이 가상기준점과 이동국과의 실시간이동측량을 통하여 정밀한 이동국의 위치를 결정하는 측량방법이다. 가상기지국 GPS 측량 방식은 네트워크 내의 실제 기준국을 이용하여 이동국에서 가까운 지점에 가상기준국을 생성한 후 데이터를 중앙

서버로 전송한다. 그리고 기준국에 형성된 네트워크를 이용해 계산된 보정 값을 수신하여 가상기준국에 대한 위치를 재계산 한뒤 이동국에 대한 정확한 위치를 결정하는 방식이다. 이 VRS GPS측량 방식의 가장 큰 특징은 기존의 Network RTK GPS측량 방식이 기지국에 1대, 이동국에 1대 총 2대의 수신기를 필요로 했던 것을 국내에 24시간 가동 중인 국토지리정보원에서 운영하는 상시관측소의 데이터를 사용함으로써 1대의 수신기와 블루투스 통신이 가능한 1대의 휴대전화로 GPS측량이 가능하다.

2.3 상시관측소

GPS 상시관측소는 GPS의 실용화를 위한 시스템으로 시간, 거리, 장소, 기상 등의 제한 없이 실시간으로 정확한 위치정보를 제공하여 국가기본측량, 공사측량, GPS를 위한 D/B갱신, ITS 운영, 지구활동 감시를 통한 지진감지 등에 효과적으로 활용할 수 있다. 특히 지적측량에서 기준점측량은 물론 RTK 기법을 이용한 일필지 측량까지도 실용화시킬 수 있는 체계이다. GPS 상시관측소를 설치함으로써 얻을 수 있는 가장 큰 장점은 GPS 사용자가 원하는 위치에서 균일한 고정밀의 성과를 획득할 수 있으며, 기준국에 따라 수신기를 설치할 필요가 없다는 점이다. 또한 GPS 사용자에게 다량의 정보가 신속히 제공되며, 인공위성에서 발생하는 각종 오차보정정보를 제공함으로써 사용자는 보다 편리하게 정보를 제공받을 수 있다. 미국, 유럽, 일본 등의 외국에서는 1990년대 초 이미 GPS 상시관측망을 구성하였고, 현재 우리나라에 24시간 가동 중인 국토지리정보원에서 운영하는 상시관측소는 총 45곳이 있다(그림 2).

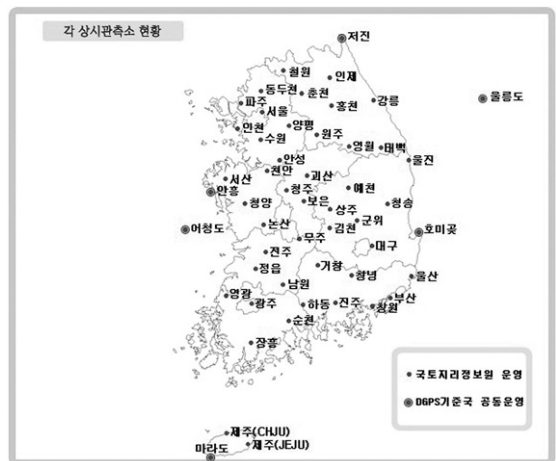


그림 2. 국내 상시관측소현황
(출처: <http://gps.ngii.go.kr/>)

3. 지적기준점 관측

3.1 연구대상지역

연구대상지역은 2011년 12월 현재 진주시 집현면 일원의 지적기준점은 총 220여개가 설치되어 지적측량에 사용되는 지역으로 선정하였다. 집현면의 면적은 약 46km²이며 동서의 길이는 8km, 남북의 길이는 11km 정도의 크기를 가지고 있다(그림 3).

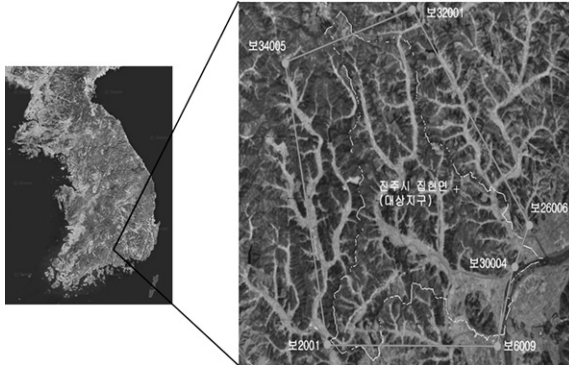


그림 3. 연구대상지역

3.2 측량 방법

본 연구에서 사용된 장비는 그림4와 같이 TOPCON사의 HiPer Ga 수신기와 Fc-250 콘트롤러 그리고 휴대폰을 이용하여 실시하였다. HiPer Ga 수신기의 경우 GPS위성과 GLONASS위성의 전파를 동시에 수신할 수 있는 수신기이며 정확도는 Static의 경우 3mm+0.5ppm의 수평정확도를 가지고 있으며, 실시간이동측량의 경우 10mm+1ppm의 수평정확도를 가지고 있다. 또한 채널수는 40채널 수신기이며, 통신포트는 무선연결이 가능한 블루투스 시스템이다(그림 4), (표 1).



그림 4. 연구에 활용된 수신기 및 콘트롤러

표 1. HiPer Ga 수신기 제원

모델명	HiPer Ga	
수신기 형식	2주파 40채널	
	GPS/GLONASS	
VRS지원	가능	
측량 가능	정지측량/실시간이동측량측량	
업그레이드	가능	
위성 초기화 시간	10초 (Warm Start)	
정밀도	후처리(정지측량)	수평(H) : 3mm + 0.5ppm 수직(V) : 5mm + 0.5ppm
	DGPS/RTCM	50cm 이하
	RTK(실시간측량)	수평(H) : 10mm + 1ppm 수직(V) : 15mm + 1ppm
모델형식	내장형 디지털 모델	
RTK 위치 갱신율	5Hz, 20Hz 업그레이드 가능	
배터리 사용시간	RTK TX 모드 10시간, RX모드 12시간, 정지측량 16시간	
배터리 타입	내장 일체형	
사용환경 테스트	IPX6	
메모리 형식	32MB 128MB까지 업그레이드 가능	

4. 관측 및 결과 분석

관측시의 위성의 수는 평균 GPS위성의 경우 평균 6~8개, GLONASS위성의 경우 평균 4~5개 정도의 수신율을 보였다. 관측은 2011년 1월 17~20일, 2011년 2월 21~23일에 걸쳐 세션당 epoch는 10회 실시하였으며 진주시 집현면 일원의 기준점 중 188점에 대하여 관측을 실시하였다(그림 5).



그림 5. 가상지구 GPS 지적기준점 측량 모습

VRS의 경우 상시관측소의 데이터를 사용하여 지구상의 위치를 결정하는 방법이라고 할 수 있다. 현재 상시관측소의 데이터는 국토지리정보원에서 세계측지계 경위도좌표로 데이터를 전송하고 있다. 하지만 아직 지적측량에서는 베셀측지계에 의한 평면직각좌표를 사용하고 있는 실정이

다. 이에 로컬라이제이션이라는 방법을 통하여 경위도좌표를 평면직각 종횡선좌표로 변환하는 과정을 거치게 된다. 로컬라이제이션이란 WGS-84 좌표계를 사용하는 GPS 관측좌표를 실용좌표계로 사용하기 위한 변환과정을 말하는데 측량지역내의 최소한 3개 이상의 기지점에 GPS를 순차적으로 설치하여 현장좌표 변환계수를 추출하였다. 7 파라미터 값은 지역에 따라 다르기 때문에 반드시 현장 로컬라이제이션을 수행하여 높은 정확도의 측량 성과를 얻을 수 있다. 본 연구에서 사용된 로컬라이제이션의 좌표는 총 188 점 중 보조삼각점 6점을 기준으로 하였으며 6점의 잔차는 표 2와 같다. 표 3은 측량 성과표의 일부를 나타내고 오차는 표 4에서 보는 바와 같이 연구대상지역의 지적기준점 성과와 VRS측량 성과와의 편차는 X축 +0.30m ~ -0.38m, Y축

+0.26m ~ -0.33m, 거리오차는 최대 0.38m로 나타났다. 이는 각 도선별 기지점의 차이와 관측시 오차로 인하여 나타나는 것으로 보인다. 연구대상지역 전체를 기준으로 하였을 때 최대거리오차는 0.38m로 현재 RS방식에 의한 작업규정이나 허용정확도에 대한 기준이 없다. 측량성과와 검사성과의 연결오차 지적도근점의 0.25m와 비교하면 50여점 가량이 초과하는 것으로 나타났으나 본 논문에서의 나머지 지적기준점의 경우 0.25m이하로 경계점 좌표등록부지역이 아닌 도해지역에서의 측량성과에는 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다(그림 6, 그림 7, 그림 8). 이는 집현면 일원의 기준점이 서로 다른 기지점을 사용하여 관측한 결과치를 사용하는데 있어서의 차이로 판단된다. 로컬라이제이션에서 기준으로 사용한 기준점의 오차는 표 5와 같다.

표 2. 로컬라이제이션 잔차

기준점 명	잔 차(m)	비 고
보32001	0.062	2006년 9월 21일 지적삼각보조점신설시 관측
보26006	0.046	2006년 9월 22일 지적삼각보조점신설시 관측
보3004	0.033	2006년 9월 23일 지적삼각보조점신설시 관측
보34005	0.050	2006년 9월 24일 지적삼각보조점신설시 관측
보2001	0.050	2006년 9월 25일 지적삼각보조점신설시 관측
보6009	0.035	2006년 9월 19일 지적삼각보조점신설시 관측

표 3. GPS 관측표

No.	기준좌표		관측좌표		No.	기준좌표		관측좌표	
	X	Y	X	Y		X	Y	X	Y
30014	198307.50	116710.64	198307.61	116710.84	30217	195189.02	115207.10	195189.21	115207.02
30015	196932.42	116325.17	196932.59	116325.42	30218	195229.59	115348.60	195229.78	115348.50
30016	197054.65	116611.70	197054.80	116612.00	30220	195065.72	115425.08	195065.84	115425.00
30017	197109.93	116652.79	197110.05	116653.10	30243	195889.84	117834.13	195889.72	117834.35
30018	197193.73	116716.77	197193.86	116717.08	30246	195406.9	117932.69	195406.76	117932.88
30021	197515.87	116727.63	197515.99	116727.94	30254	194400.70	117934.55	194400.68	117934.67
30023	197579.16	116791.18	197579.28	116791.48	30255	194248.14	117960.47	194248.11	117960.57
30024	197713.83	116788.03	197713.94	116788.33	30263	195337.12	119631.32	195336.97	119631.12
30025	197824.83	116799.07	197824.96	116799.33	30264	195362.87	119470.61	195362.70	119470.41
30026	197917.86	116782.87	197918.00	116783.12	30266	195279.11	119509.06	195278.99	119508.87
30027	198067.74	116763.91	198067.89	116764.24	30273	191355.03	120133.80	191354.85	120133.71
30028	198213.38	116721.13	198213.5	116721.35	30274	191496.00	120085.64	191495.83	120085.54
30052	190789.66	113965.50	190789.79	113965.29	30275	191532.53	119991.66	191532.38	119991.55
30053	190861.13	114121.17	190861.23	114120.99	30276	191650.64	119999.59	191650.50	119999.53
30054	190981.20	114178.60	190981.28	114178.46	30278	191835.48	120017.66	191835.34	120017.63
30057	191346.49	114342.54	191346.60	114342.39	30279	191953.67	119959.79	191953.54	119959.79
30058	191472.28	114424.87	191472.44	114424.75	30280	192036.69	119876.27	192036.58	119876.23
30059	191604.17	114482.57	191604.33	114482.46	30281	192156.41	119797.92	192156.28	119797.91
30060	191722.50	114610.67	191722.63	114610.58	30282	192272.16	119709.42	192272.02	119709.40
30061	191882.66	114665.68	191882.81	114665.61	30283	192324.53	119649.00	192324.42	119649.00
30069	192136.88	114947.87	192137.01	114947.84	30284	192470.94	119612.94	192470.82	119612.91
30070	192221.39	115030.25	192221.51	115030.23	30286	192541.73	119400.95	192541.61	119400.04
30079	192843.91	115802.86	192844.17	115802.76	30287	192555.04	119297.77	192554.95	119297.73
30082	193082.15	115988.73	193082.40	115988.67	30288	192515.09	119245.03	192514.99	119245.01
30087	193592.59	115679.73	193592.85	115679.63	30290	192226.54	119211.32	192226.44	119211.33

30089	193835.26	115505.64	193835.52	115505.51	30291	192309.75	119173.65	192309.64	119173.63
30090	194001.56	115453.51	194001.79	115453.37	30292	192434.33	119163.29	192434.23	119163.24
30091	194137.93	115395.83	194138.18	115395.67	30294	192456.26	119054.28	192456.16	119054.23
30093	194345.64	115545.87	194345.87	115545.71	30298	191220.03	114704.93	191220.16	114704.83
30098	190971.73	114240.20	190971.84	114240.04	30299	191102.32	114790.94	191102.45	114790.86
30099	190954.94	114306.78	190955.02	114306.64	30300	191068.27	114908.28	191068.41	114908.20
30104	191214.75	114144.70	191214.85	114144.58	30301	190888.63	114923.65	190888.80	114923.58
30159	193786.51	117926.76	193786.49	117926.82	30302	190746.37	114943.89	190746.54	114943.85
30160	193712.49	117923.18	193712.48	117923.22	30303	190609.7	115049.23	190609.88	115049.21
30163	193814.80	117683.06	193814.83	117683.15	30304	190399.38	115106.12	190399.58	115106.11
30164	193894.74	117592.73	193894.80	117592.85	30310	198778.81	114637.25	198778.51	114637.39
30167	193921.10	117330.97	193921.19	117331.12	30312	199229.52	114459.85	199229.26	114459.89
30168	193944.68	117453.23	193944.75	117453.37	30314	199278.12	114589.14	199278.07	114589.15
30169	193548.99	117381.63	193549.09	117381.76	30315	199065.91	114698.92	199065.90	114698.99
30170	193474.34	117463.95	193474.41	117464.05	30318	198579.24	114801.22	198579.31	114801.44
30172	193384.71	116950.76	193384.81	116950.89	30322	197988.91	114843.63	197989.02	114843.93
30180	193354.34	117110.97	193354.44	117111.03	30324	197897.53	115041.32	197897.69	115041.62
30186	193554.18	117556.94	193554.22	117557.05	30342	193946.63	121468.69	193946.60	121468.69
30191	193497.99	117819.23	193498.02	117819.35	30345	193519.82	121070.48	193519.75	121070.26
30192	193400.68	117540.22	193400.72	117540.28	30347	193405.85	120876.21	193405.75	120875.96
30193	193275.28	117886.48	193275.28	117886.54	30348	193247.70	120778.10	193247.6	120777.85
30194	193339.38	117962.36	193339.39	117962.43	30350	193044.04	120667.81	193043.96	120667.55
30196	193432.77	117743.49	193432.82	117743.59	30364	194783.40	115317.54	194783.47	115317.56
30197	193242.61	117706.77	193242.65	117706.87	30365	194934.22	115257.67	194934.3	115257.68
30199	196609.64	116225.42	196609.80	116225.72	30366	194944.72	115118.09	194944.77	115118.08
30200	196379.11	116157.41	196379.30	116157.63	30367	195003.50	114888.13	195003.57	114888.12
30201	196283.73	116090.25	196283.92	116090.41	30368	195113.09	114623.44	195113.16	114623.42
30204	196082.32	115648.88	196082.67	115648.91	30369	193916.20	120845.76	193916.19	120845.79
30205	196007.63	115495.20	196008.01	115495.17	30370	194067.09	120737.80	194067.05	120737.82
30206	195844.41	115396.85	195844.78	115396.78	30371	194203.92	120715.90	194203.9	120715.92
30207	195696.46	115306.29	195696.82	115306.19	30372	194306.61	120676.26	194306.61	120676.26
30208	195439.57	115220.68	195439.87	115220.55	30373	194398.94	120612.37	194398.92	120612.36
30210	195087.25	115235.06	195087.54	115234.96	30374	194493.03	120566.44	194493.02	120566.42
30213	194582.58	115383.36	194582.84	115383.29	30375	194661.83	120482.16	194661.8	120482.13
30214	194429.73	115593.79	194430.03	115593.70	30376	194720.50	120438.21	194720.23	120438.34
30215	194307.66	115756.42	194307.92	115756.32	30377	194839.12	120245.85	194838.85	120245.98
30378	194992.86	120113.35	194992.60	120113.48	30421	194199.27	116981.07	194199.34	116980.97
30379	195177.30	119993.11	195177.02	119993.23	30422	194143.67	117088.65	194143.75	117088.57
30380	195385.10	119920.47	195384.82	119920.57	30423	194005.20	117159.38	194005.26	117159.30
30381	195532.45	119892.34	195532.17	119892.41	30424	193756.60	117117.99	193756.65	117117.91
30382	195722.64	119877.17	195722.36	119877.19	30425	193694.67	117321.57	193694.70	117321.48
30386	192281.80	118444.15	192281.73	118444.16	30426	193749.19	117559.73	193749.28	117559.60
30387	192266.37	118533.50	192266.33	118533.51	30428	193566.57	117929.21	193566.70	117929.09
30388	192185.93	118536.52	192185.89	118536.54	30429	193319.75	118148.31	193319.89	118148.20
30389	192038.55	118448.09	192038.49	118448.14	30430	193080.26	118216.22	193080.40	118216.12
30391	191847.04	118485.35	191847.01	118485.42	30431	192958.43	118129.30	192958.55	118129.18
30392	191775.37	118495.46	191775.36	118495.54	30432	192845.01	118192.06	192845.14	118191.96
30393	191747.30	118451.77	191747.27	118451.85	30433	192701.32	118188.50	192701.43	118188.42
30394	191683.00	118432.32	191682.96	118432.39	30434	192548.54	118096.72	192548.60	118096.62
30395	191568.51	118420.79	191568.48	118420.88	30435	192434.09	118065.50	192434.13	118065.41
30399	193995.62	121327.45	193995.59	121327.47	30436	192358.62	118222.95	192358.70	118222.87
30400	194020.99	121211.08	194020.97	121211.10	30437	192359.78	118399.32	192359.88	118399.22
30407	194596.57	115429.67	194596.60	115429.66	30438	192510.08	118384.81	192510.21	118384.68
30408	194641.40	115590.17	194641.48	115590.15	30439	192496.02	118643.19	192496.18	118643.05
30409	194786.27	115672.18	194786.35	115672.15	30441	192184.01	118717.24	192184.14	118717.14
30410	194725.66	115780.48	194725.76	115780.45	30442	191917.53	118780.42	191917.65	118780.34
30411	194629.19	115949.70	194629.29	115949.67	30443	191723.70	118826.53	191723.81	118826.47
30412	194552.36	116125.22	194552.47	116125.18	30444	191553.91	118866.90	191553.99	118866.85
30413	194483.22	116158.02	194483.31	116157.99	30445	191393.47	118905.13	191393.53	118905.09
30414	194424.33	116175.48	194424.41	116175.44	30446	191242.71	118941.01	191242.75	118940.98
30415	194384.87	116220.96	194384.94	116220.93	보30001	194362.78	115489.18	194362.78	115489.18
30416	194362.01	116419.11	194362.07	116419.06	보30002	194136.09	115379.20	194136.11	115379.21
30417	194323.15	116520.94	194323.21	116520.88	보30004	193872.23	120979.56	193872.21	120979.58
30418	194333.32	116630.42	194333.38	116630.33	보30005	190305.26	115211.70	190305.38	115211.66
30419	194255.44	116723.14	194255.50	116723.05	보6004	191015.65	118563.76	191015.71	118563.72
30420	194217.11	116879.78	194217.17	116879.69	보6005	191110.9	118940.27	191110.93	118940.22

표 4. 관측 오차

No.	오차		편차	No.	오차		편차	No.	오차		편차
	X	Y			X	Y			X	Y	
30014	-0.11	-0.2	0.233	30217	-0.19	0.09	0.205	30378	0.26	-0.13	0.293
30015	-0.17	-0.25	0.301	30218	-0.19	0.1	0.211	30379	0.28	-0.12	0.303
30016	-0.15	-0.3	0.333	30220	-0.12	0.08	0.145	30380	0.28	-0.1	0.295
30017	-0.12	-0.31	0.33	30243	0.12	-0.22	0.251	30381	0.28	-0.07	0.285
30018	-0.13	-0.31	0.337	30246	0.14	-0.19	0.236	30382	0.28	-0.02	0.283
30021	-0.12	-0.31	0.333	30254	0.02	-0.12	0.122	30386	0.07	-0.01	0.069
30023	-0.11	-0.3	0.318	30255	0.03	-0.1	0.104	30387	0.04	-0.01	0.04
30024	-0.11	-0.3	0.323	30263	0.15	0.2	0.249	30388	0.04	-0.02	0.05
30025	-0.13	-0.26	0.288	30264	0.17	0.2	0.263	30389	0.07	-0.05	0.079
30026	-0.14	-0.25	0.287	30266	0.12	0.19	0.223	30391	0.03	-0.07	0.074
30027	-0.15	-0.33	0.36	30273	0.18	0.09	0.2	30392	0.01	-0.08	0.081
30028	-0.12	-0.22	0.252	30274	0.17	0.1	0.201	30393	0.03	-0.08	0.08
30052	-0.13	0.21	0.251	30275	0.15	0.11	0.19	30394	0.04	-0.07	0.084
30053	-0.1	0.18	0.204	30276	0.15	0.07	0.159	30395	0.03	-0.09	0.097
30054	-0.08	0.14	0.166	30278	0.15	0.04	0.149	30399	0.03	-0.02	0.033
30057	-0.11	0.15	0.182	30279	0.13	0	0.126	30400	0.02	-0.01	0.023
30058	-0.16	0.13	0.202	30280	0.11	0.04	0.12	30407	-0.03	0.01	0.031
30059	-0.16	0.11	0.191	30281	0.13	0.01	0.132	30408	-0.08	0.02	0.083
30060	-0.13	0.09	0.158	30282	0.14	0.02	0.137	30409	-0.08	0.03	0.09
30061	-0.15	0.07	0.164	30283	0.11	0	0.107	30410	-0.1	0.03	0.1
30069	-0.13	0.03	0.132	30284	0.12	0.03	0.125	30411	-0.1	0.04	0.105
30070	-0.12	0.02	0.124	30286	0.12	0.01	0.123	30412	-0.11	0.04	0.116
30079	-0.26	0.1	0.281	30287	0.09	0.04	0.099	30413	-0.09	0.03	0.098
30082	-0.25	0.06	0.255	30288	0.1	0.02	0.1	30414	-0.08	0.04	0.087
30087	-0.26	0.1	0.28	30290	0.1	-0.01	0.102	30415	-0.07	0.03	0.076
30089	-0.26	0.13	0.289	30291	0.11	0.02	0.116	30416	-0.05	0.05	0.075
30090	-0.23	0.14	0.27	30292	0.1	0.05	0.116	30417	-0.06	0.07	0.086
30091	-0.25	0.16	0.296	30294	0.1	0.05	0.114	30418	-0.06	0.09	0.11
30093	-0.23	0.16	0.283	30298	-0.13	0.1	0.164	30419	-0.06	0.09	0.107
30098	-0.11	0.16	0.191	30299	-0.13	0.08	0.151	30420	-0.06	0.09	0.107
30099	-0.08	0.14	0.161	30300	-0.14	0.08	0.16	30421	-0.07	0.1	0.122
30104	-0.1	0.13	0.158	30301	-0.17	0.07	0.185	30422	-0.08	0.08	0.112
30159	0.02	-0.06	0.063	30302	-0.17	0.04	0.177	30423	-0.06	0.08	0.098
30160	0.01	-0.04	0.041	30303	-0.18	0.02	0.183	30424	-0.04	0.08	0.094
30163	-0.03	-0.09	0.096	30304	-0.2	0.01	0.198	30425	-0.03	0.09	0.098
30164	-0.06	-0.12	0.134	30310	0.3	-0.14	0.331	30426	-0.09	0.13	0.154
30167	-0.09	-0.15	0.174	30312	0.26	-0.04	0.263	30428	-0.13	0.12	0.177
30168	-0.07	-0.14	0.153	30314	0.05	-0.01	0.051	30429	-0.14	0.11	0.178
30169	-0.1	-0.13	0.16	30315	0.01	-0.07	0.071	30430	-0.14	0.1	0.166
30170	-0.07	-0.1	0.118	30318	-0.07	-0.22	0.231	30431	-0.12	0.12	0.168
30172	-0.1	-0.13	0.159	30322	-0.11	-0.3	0.32	30432	-0.13	0.1	0.165
30180	-0.1	-0.06	0.116	30324	-0.16	-0.3	0.34	30433	-0.11	0.08	0.135
30186	-0.04	-0.11	0.117	30342	0.03	0	0.03	30434	-0.06	0.1	0.116
30191	-0.03	-0.12	0.126	30345	0.07	0.22	0.233	30435	-0.04	0.1	0.102
30192	-0.04	-0.06	0.072	30347	0.1	0.25	0.271	30436	-0.08	0.08	0.118
30193	0	-0.06	0.055	30348	0.1	0.25	0.264	30437	-0.1	0.1	0.143
30194	-0.01	-0.07	0.074	30350	0.08	0.26	0.275	30438	-0.13	0.13	0.186
30196	-0.05	-0.1	0.106	30364	-0.07	-0.02	0.072	30439	-0.16	0.14	0.213
30197	-0.04	-0.1	0.104	30365	-0.08	-0.01	0.084	30441	-0.13	0.1	0.16
30199	-0.16	-0.3	0.338	30366	-0.05	0.01	0.054	30442	-0.11	0.08	0.138
30200	-0.19	-0.22	0.288	30367	-0.07	0.01	0.072	30443	-0.11	0.06	0.126
30201	-0.19	-0.16	0.245	30368	-0.07	0.02	0.073	30444	-0.08	0.05	0.095
30204	-0.35	-0.03	0.35	30369	0.01	-0.03	0.035	30445	-0.06	0.04	0.075
30205	-0.38	0.03	0.384	30370	0.04	-0.01	0.046	30446	-0.04	0.03	0.055
30206	-0.37	0.08	0.381	30371	0.02	-0.02	0.024	보30001	0	0	0.005
30207	-0.36	0.1	0.369	30372	0	0	0.004	보30002	-0.02	-0.01	0.023
30208	-0.3	0.13	0.325	30373	0.02	0.01	0.019	보30004	0.02	-0.02	0.029
30210	-0.29	0.1	0.304	30374	0.01	0.02	0.025	보30005	-0.12	0.04	0.125
30213	-0.26	0.07	0.269	30375	0.03	0.04	0.044	보6004	-0.06	0.04	0.072
30214	-0.29	0.09	0.31	30376	0.27	-0.13	0.297	보6005	-0.03	0.05	0.06
30215	-0.26	0.1	0.277	30377	0.27	-0.13	0.297				

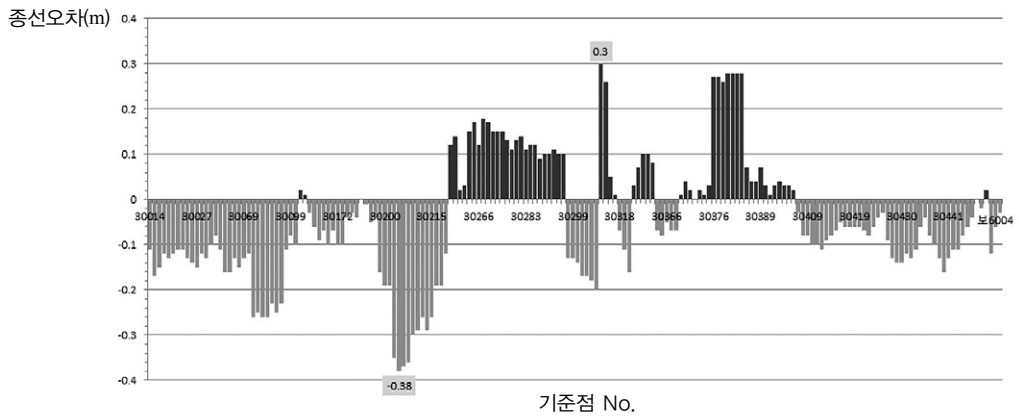


그림 6. 기준별 X축 오차

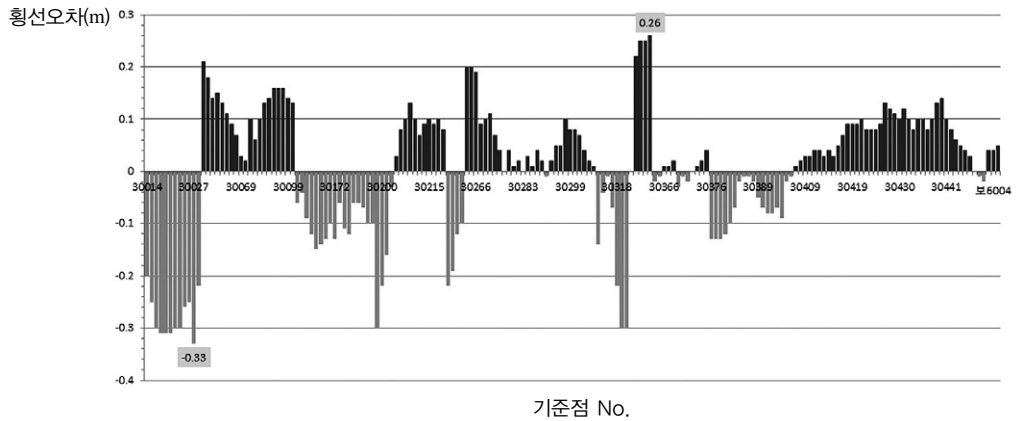


그림 7. 기준별 Y축 오차

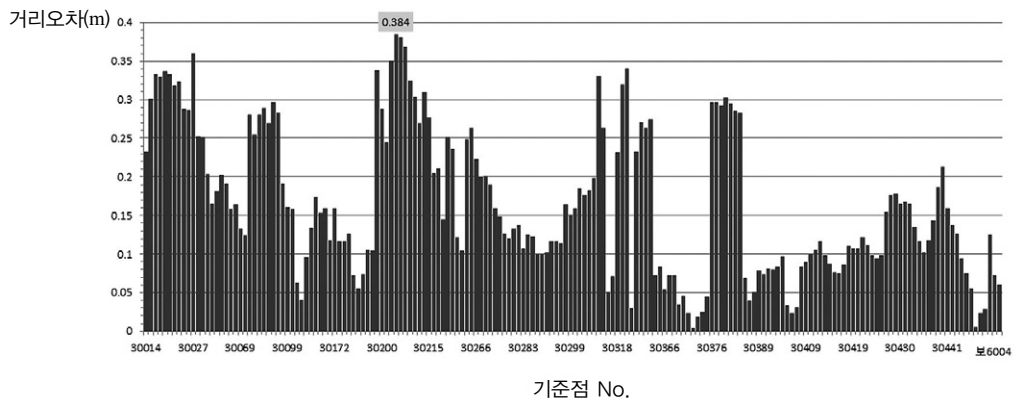


그림 8. 기준점별 거리오차

표 5. 로컬기준점을 사용한 관측치의 비교

No.	기준점좌표(X)	기준점좌표(Y)	관측좌표(X)	관측좌표(Y)	X축 오차	Y축 오차	오차
30342	193946.63	121468.69	193946.60	121468.69	0.03	0.00	0.030
30369	193916.20	120845.76	193916.19	120845.79	0.01	-0.03	0.035
30370	194067.09	120737.80	194067.05	120737.82	0.04	-0.01	0.046
30371	194203.92	120715.90	194203.90	120715.92	0.02	-0.02	0.024
30372	194306.61	120676.26	194306.61	120676.26	0.00	0.00	0.004
30373	194398.94	120612.37	194398.92	120612.36	0.02	0.01	0.019
30374	194493.03	120566.44	194493.02	120566.42	0.01	0.02	0.025
30375	194661.83	120482.16	194661.80	120482.13	0.03	0.04	0.044
30396	193490.13	121291.39	193490.10	121291.38	0.03	0.01	0.037
30397	193708.13	121436.82	193708.11	121436.83	0.02	-0.01	0.019
30398	193640.25	121505.47	193640.24	121505.46	0.01	0.01	0.016
30399	193995.62	121327.45	193995.59	121327.47	0.03	-0.02	0.033
30400	194020.99	121211.08	194020.97	121211.10	0.02	-0.01	0.023
보30001	194362.78	115489.18	194362.78	115489.18	0.00	0.00	0.005
보30002	194136.09	115379.20	194136.11	115379.21	-0.02	-0.01	0.023
						RMSE	0.026

표 5를 살펴보면 로컬기준점을 사용하여 관측한 기준점의 경우 X축의 최대오차는 +0.04m, -0.02m로 나타났으며, Y축의 최대오차의 경우 +0.04m, -0.03m로 나타났다. 그리고 거리오차의 경우 최대거리오차가 0.05m로 높은 정확도를 보이는 것으로 나타났다. 그림 9, 10, 11은 표 5에서

나타난 지역기준점 별 X축 오차, Y축 오차 그리고 거리오차를 나타낸 그래프이다. 지적기준점을 관측한 토털스테이션을 사용하여 배각법으로 관측한 성과와 VRS-RTK로 관측한 성과를 비교한 결과 X축 평균오차 -0.08m, Y축 평균오차 +0.07m, 평균거리오차 0.11m로 나타났다.

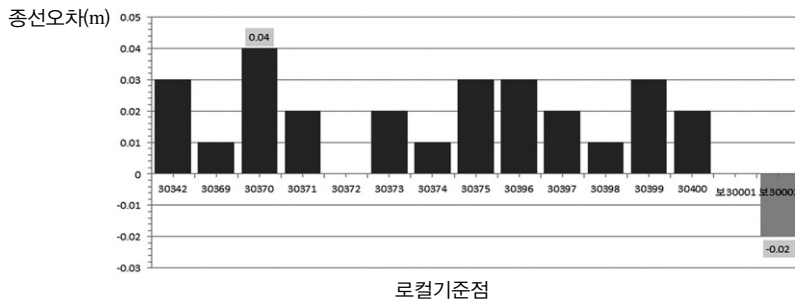


그림 9. 지역기준점 별 X축 오차

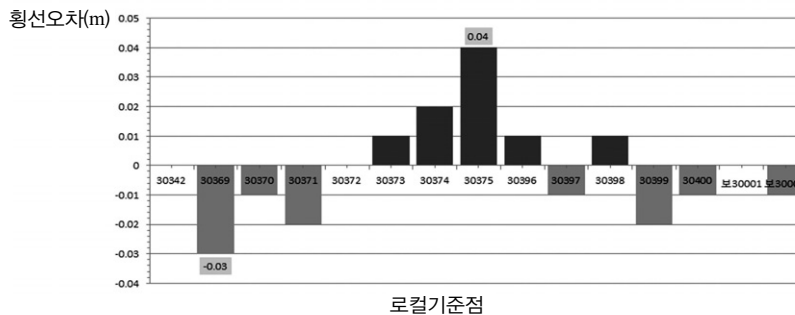


그림 10. 지역기준점별 Y축 오차

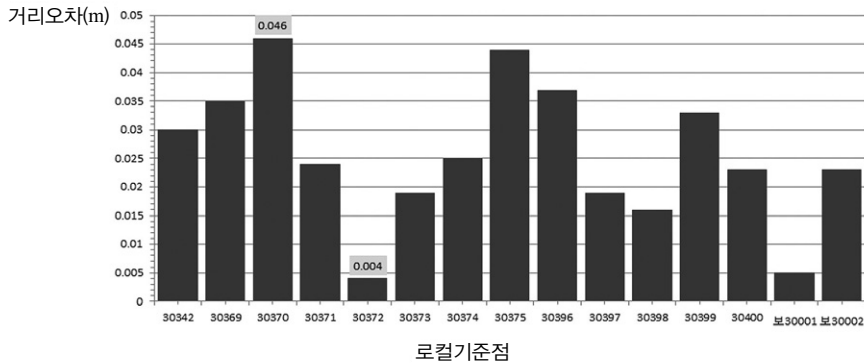


그림 11. 지역기준점별 거리오차

5. 결론

본 연구에서는 VRS RTK 시스템을 이용하여 지적도근점에 대한 정확도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 연구대상지역의 지적기준점성과와 VRS측량 성과와의 편차는 X축 +0.30m ~ -0.38m, Y축 +0.26m ~ -0.33m, 거리오차는 최대 0.38m로 나타났으며 각 도선별 기지점의 차이와 관측시 오차로 인하여 나타나는 것으로 판단된다.

둘째, 로컬기준점을 사용하여 토털스테이션 등을 사용하여 관측한 데이터와의 편차는 중선 +0.04m ~ -0.02m, 횡선 +0.04m ~ -0.03m, 거리오차 최대 0.05m로 나타났다.

셋째, 지적기준점을 관측한 토털스테이션을 사용하여 배각법으로 관측한 성과와 VRS-RTK로 관측한 성과를 비교한 결과 X축 평균오차 -0.08m, Y축 평균오차 +0.07m, 평균거리오차 0.11m로 나타났다.

향후 기준점 설치 시 VRS-RTK를 활용하여 기지점의 성과를 조사 할 수 있어 측량성과 검증에 활용될 수 있을 것이라 판단되며, 기준점 망실에 의한 이중성과방지와 기준점복구, 전자평판으로 관측하기 어려운 임야 등의 지적 측량에도 활용이 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 경남대학교 학술연구장려금 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

- 김감래, 강대룡, 송근필 (2009), VRS를 활용한 Network RTK의 지적측량 활용방안, 한국지적정보학회지, 한국지적정보학회, 제11권, 제1호, pp. 89-99.
- 박민호, 김병주 (2007), RTK-GPS측량기법에 의한 도근점 좌표결정 방법, 한국지적정보학회지, 한국지적정보학회, 제9권 1호, pp. 45-56.
- 박춘수, 홍성언, 박종오, 정택승, 성백영 (2010), 지적좌표계의 세계좌표 변환 연구, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제18권, 제3호, pp. 105-114.
- 신동운, 김진수 (2008), VRS RTK GPS를 이용한 지적기준점의 정확도 평가, 한국지적학회지, 한국지적학회, 제24권, 제2호, 12(2), pp. 127-134.
- 장상규, 김진수, 정공운 (2009), VRS GPS를 이용한 필계점의 정확도 평가, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제17권, 제1호, pp. 37-42.
- 최우석, 유환희 (2011), VRS-RTK GPS측량을 이용한 지적도근점 정확도 분석-거제시 사례를 중심으로-, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제19권, 제4호, pp. 65-70.
- 황병달, 김옥남 (2010), Network RTK를 이용한 3차원 지적기준점의 활용방안, 한국지적정보학회지, 한국지적정보학회, 제12권, 제2호, pp. 101-109.
- Gunther RETSCHER (2002), Accuracy Performance of Virtual Reference Station(VRS) Networks, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol. 1, No. 1, pp. 40-47.
- Trimble (2001), *Introducing the Concept of Virtual Reference Stations into Real-Time Positioning*, Technical information, 2001.