

다중기준국 방식을 이용한 GPS 반송파 상대측위 정확도 향상

Improvement of Relative Positioning Accuracy with GPS Carrier Phase Using Multi-Base Station

이재원¹⁾

Lee, Jae One

Abstract

In general, RTK-GPS(Real Time Kinematic GPS) based on the single reference station is able to determinate the high accurate position of rover on the spot using error correction information of transmitted carrier phase from the base station via wireless modem. However, single reference station method has some weak points to decrease positioning accuracy because it must be obtained carrier phase from the each satellite continuously, allowed to transmit without obstacle and limited to short base line distance between base and rover station. This paper aims to attempt network based GPS carrier phase differential positioning using three multi reference stations to overcome the method of single reference station and RTK network is realized by real time monitoring program with Visual C++. The optimum error correction value of three multi reference stations by RTK networking is selected automatically to correct the position of rover station. In this paper, this algorithm is applied to determine sea water level using GPS buoy, and the accuracy results of water level change were analyzed and compared with each other using single and multi reference stations.

Keywords : Multi Reference, Network RTK GPS, Carrier Phase Differential Positioning

초 록

일반적으로 단일기준국을 이용하는 실시간 동적(Real Time Kinematic) GPS는 무선모뎀을 통해 반송파 오차보정량을 이동국으로 전송하여 현장에서 바로 고정밀의 위치를 결정할 수 있다. 하지만 단일기준국 방식은 각 위성마다의 시간대별 반송파 측정값을 지속적으로 제공해야 하며, 전송장애와 모뎀간의 거리 따른 증가 등으로 위치정확도가 저하되는 단점이 있다. 본 논문은 이러한 단점을 보완하기 위해 3대 이상의 다중기준국을 활용한 네트워크 기반의 GPS 반송파 상대측위기술을 구현하였으며, Visual C++로 제작된 실시간 모니터링 프로그램을 이용하여 RTK 네트워크를 구성하였다. 네트워크 구성에서 얻어지는 다중기준국의 오차보정량 가운데 최적의 값을 자동으로 선택하고, GPS buoy 이동국에 적용하여 해수면 관측을 수행하였으며, 이를 통해 얻어진 해수면 변동량을 단일기준국과 비교, 분석하여 결과를 도출하였다.

핵심어 : 다중기준국, Network RTK GPS, 반송파 상대측위기술

1. 서 론

최근 GPS는 3차원 실시간 위치결정 분야를 기반으로 한 텔레매틱스(Telematics), 유비쿼터스(Ubiquitous) 등의 도입으로 항공, 해상, 차량항법 및 개인위치정보 서비스(LBS) 등 그 이용 범주가 실생활 전역으로 광범위하게 확대되고 있다. 또한 GPS는 관성항법장치 등과 연계하여

위성체와 각종 센서의 거동과 회전각 측정 등에도 크게 실용화되고 있는 실정이다. 하지만 측지, 측량, 항측 등과 같은 정밀위치결정을 위한 GPS 활용의 기본 조건은 반송파를 이용한 상대위치결정 기법의 적용이 필수적이다. 따라서 위성궤도오차, 전리층 및 대류권 지연 및 관측지점의 오차 원인에 대한 활발한 연구가 진행 중에 있다. 그 이유는 수 cm 수준의 정확도를 획득하기 위해서는 정확

1) 교신저자 · 정회원 · 동아대학교 토목공학부 교수(E-mail:leejo@dau.ac.kr)

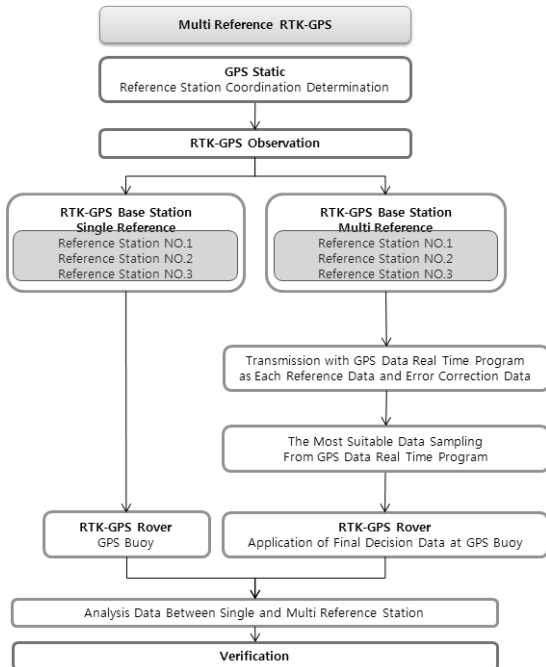


Fig. 1. Flowchart of Study

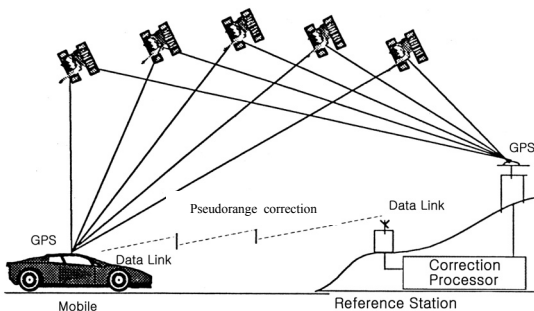


Fig. 2. Real-time DGPS

한 좌표값을 가지고 있는 기준국과 미지의 이동국으로 구성된 두 대의 GPS 수신기에서 취득한 반송파 관측값을 이용하여 다양한 오차를 보정하기 위함이다. 즉 상대측위 기법에서 두 대의 수신기 사이의 거리가 증가할수록 기선장에 따른 오차, 위성궤도오차, 전리층 및 대류권 지연이 증가하게 되어 이로 인해 두 수신기 사이의 거리를 10~20km 정도로 제한되어 사용되고 있다. 따라서 기준국과 이동국의 기선장이 길어지면 새로운 기준국을 설치해야 하므로 사용자가 상대측위를 수행하기 위해서는 임의의 지점에 별도의 기지국 수신기를 세워야하는 인력, 시간 및 장비설치의 이중 부담을 가지게 된다(최윤수 등,

2004).

따라서, 본 논문은 측량지역 내에 설치된 기준의 단일 기준국을 사용하는 대신 다중 기준국을 활용한 네트워크 기반의 GPS 반송파 상대측위기술(Network Based GPS Carrier Phase Differential Positioning)을 RTK GPS로 구현하고 실용성을 평가하고자 한다. Fig. 1은 본 연구의 흐름도를 나타내고 있다.

2. 실시간 이동측위의 원리

GPS의 신호체계상 반송파에 의한 위치결정 방법이 코드에 의한 위치결정보다 정밀도면에서 큰 이득을 주지만, 반송파에 의한 단독측위 역시 후처리 상대측위 기법보다는 정밀도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 광범위한 관측점의 정밀 좌표들을 빠른 시간 내에 획득하기 위해서는 이동측량을 수행하는 동시에 후처리 자료처리 기법이 갖는 정밀도에 근접한 결과를 얻을 수 있게 하는 방법이 요구된다. 이러한 목적을 위해 개발된 것이 고정밀 이동측량 기법인 RTK (Real Time Kinematic)로서, 기본개념은 정밀한 위치를 확보한 기준점의 반송파 오차 보정치를 이용하여 사용자가 실시간으로 수 cm의 정밀도를 유지하는 관측치를 얻을 수 있게 하는 것이다(Scherer, 1990; Moore et al, 2000). RTK의 기본개념은 오차보정을 위해 기준국에서 전송되는 데이터가 반송파 수신 자료라는 것을 제외하고는 DGPS의 개념과 거의 유사하다. 다만 RTK가 각 위성에 대한 반송파 측정치를 지속적으로 제공하여야 하고, 정보의 전송장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGPS보다 상대적으로 크기 때문에 보다 안정적이고도 신속한 정보전달 통신 시스템이 요구된다. 현재 GPS를 응용하는 여러 분야에서 DGPS와 RTK가 주로 사용되고 있으며, GIS나 측량, 항법 등 모든 응용분야가 RTK 기법의 사용에 초점을 맞추어 실용화되고 있다. 여기서, 실시간 차분측위(RT DGPS)와 실시간 동적측위(RTK GPS)로 구분되어 질 수 있다(이재원, 2001).

2.1 실시간 차분측위

실시간 차분측위를 위해서 기지국의 자료는 차분관측값을 형성하기 위해 자료연결을 이용해서 이동국에 전달한다. Fig. 2에서 자료연결은 한 쌍의 무선 송수신기, 지구 정지위성 연결, 휴대폰이나 FM 무선으로 이루어진다(Han et al, 1996). 최소의 자료 이동량은 초당 50bit 이

고, 일반적인 시간지연은 최대 수 초~10초정도이다. 기지국에서 위성 시계오차, 위성 궤도오차, 전리층과 대류층 지연오차와 고의적 잡음의 결합효과는 기지국 기준좌표를 사용해서 계산된다.

의사거리 보정량으로 정의된 이 값들은 자료연결을 통해 이동국에 전송된다. 이동국에서 기지국과 이동국 수신기사이의 단일차분 관측값을 형성하기 위해 그 보정량을 수신해서 이동국 의사 거리값에 적용한다. 기지국과 이동국 거리에 따라 수 m의 측위정확도를 얻을 수 있다. 의사거리 보정량은 국소지역 차분측위뿐만 아니라 광역망 차분측위에서 다중기지점을 사용해도 가능하다.

Fig. 2는 실시간 차분측위의 개략도이다. 이 기법으로, 의사거리 보정량은 수백 km~수천 km 떨어진 여러 기지국으로부터 추정될 수 있고 측위의 정확도, 신뢰도 및 그 리고 능률이 향상된다.

2.2 실시간 동적측위

실시간으로 고정밀도 위치결정을 위해서 이중차분은 반송파 위상을 이용해서 보완되어야 한다. 이것은 원시(raw) 의사거리, 반송파, 또는 그것들의 보정량이 0.5~2 초 간격으로 기지국으로부터 이동국에 전송되어야 한다. 이것을 “실시간 동적측위” 라고 한다. 공간적 비상관성

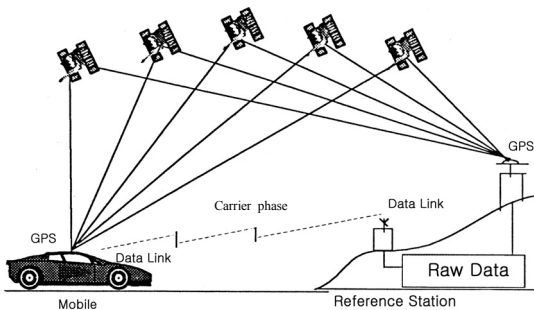


Fig. 3. RTK GPS

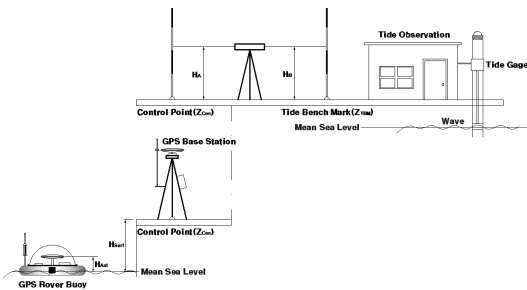


Fig. 4. Overview of GPS Buoy Observation

(decorrelation)이 이중차분 관측값의 정확도를 저하시키므로, 기지국과 이동국의 거리는 수십 km로 제한되어야 한다. 미지정수는 이동 중 초기화 기법으로 고정되거나 실수해(float solution)로 결정될 수 있다. 미지정수가 정수가 되면 수 cm 정확도를 얻을 수 있다. 실수해를 사용해서 1m~10m의 정확도를 얻을 수 있다. Fig. 3은 실시간 동적측위의 개념도를 나타내고 있다(Hofman-Wellenhof, B., 2003).

3. 실험 및 분석

본 연구는 기존의 단일기준국만을 사용해오던 RTK GPS 기법의 정확도 및 신뢰성을 보완하기 위해 여러 개의 기준국을 사용하는 다중기준국 방식으로 실시간 반송파 상대측위 방법의 정확도 향상에 대한 검증을 수행하고자 한다.

먼저 GPS 상시관측소와 국가기준점을 연계하여 GPS 정지측량을 통한 연구대상지내의 3곳의 기준점 좌표(Ref. No.1, 2, 3)를 취득하여 이들 기준점에 RTK GPS의 기준국을 설치하였다. 이동국은 실시간 조위관측소 데이터와 연계하기 위하여 조위관측소 부근의 해수면에 GPS 부이를 설치하여 조석변화에 따른 해수면관측을 수행하였다. 그리고 사용된 기준국에 따른 평면위치결정의 정확도 변화를 분석하기 위하여 기준국 3곳을 독립적으로 연계한 각각의 결과와 다중기준국을 이용했을 때의 결과를 비교하였다. 표고위치결정의 정확도 분석은 부이가 설치된 해수면의 정밀 조위관측소 데이터를 기준으로 하여 GPS 관측결과와 상대비교를 실시하였다.

3.1 연구대상지 및 관측

3.1.1 연구대상지 및 다중기준점 망 구성

연구대상지는 육지와 연계하여 GPS 부이의 해수면 관측에 필요한 망으로 구성하였으며, 결과의 비교분석을 위해 조위관측소가 위치한 부산시 영도지역을 선정하였다. GPS 부이는 RTK GPS 관측 시 이동국으로 사용되며, 유동의 부이 관측결과를 검증하기 위해서는 조위관측소의 자료가 필수적이다. 그리고 영도 조위관측소 주위에는 TBM이 설치되어 있어 Fig. 4와 같이 RTK GPS 부이측량 결과에 대한 높이의 보정과 변환이 용이하다.

다중기준국 망의 구성은 RTK GPS 측위기법의 특성상 모뎀간의 통신거리가 가장 먼저 고려되어야 하며, 모뎀



Fig. 5. GPS Network and Test Area

Table 1. Reference Station Coordinates

Station	N(m) B(deg)	E(m) L(deg)	H(m)
Ref. NO.1	177470.0256 35-05-46.5529	203103.6602 129-02-04.2537	2.345
Ref. NO.2	176313.7436 35-05-09.8724	202750.4124 129-01-52.0679	7.228
Ref. NO.3	175947.4206 35-04-46.0969	204971.4931 129-03-28.6179	394.720

간 기선거리는 이론적으로 최장 15km까지도 가능하지만 실제적으로는 주위의 전파방해와 전파 세기강도의 제한 등으로 인하여 3~5km 정도 로 제한되는 경우가 일반적이다. 이러한 점을 고려하여 이동국인 GPS 부이와 지상 기준국과의 최대거리는 2.5km(Ref.3)로, 최소 거리는 약 50m(Ref.1)로 하고, 이의 중간에 해당하는 기선거리 1.2km(Ref.2)의 3지점에 기준국을 각각 설치하여 기선거리 에 따른 위치결정의 정확도에 대한 다양한 분석을 실시 하였다. Fig. 5는 기준점 망과 측정 명, GPS 부이와의 위치관계, 기준점간의 기선거리를 나타내고 있으며, Table 1은 각 기준점의 직각좌표와 경위도좌표 및 정표고를 나타내고 있다.

3.1.2 GPS 부이 관측

다중기준점을 이용한 RTK GPS 반송파 상대측위 관측은 2008년 7월 25일 연구대상지인 영도에서 수행하였으며, 바람이 잔잔하여 해양의 물리적인 파랑에 대한 영향이 최소화 되는 시점을 고려하여 4시간 관측을 수행하였다. GPS 데이터의 수신간격은 부이의 위치가 연안에 접해있어 조류와 파도의 영향을 덜 받아 해면상에서 거의 일정한 위치에 있으므로 2초로 설정하였다. 따라서 GPS 초기화 시간과 관측 중 신호의 단절로 인한 수신장애를



Fig. 6. View of Reference Stations

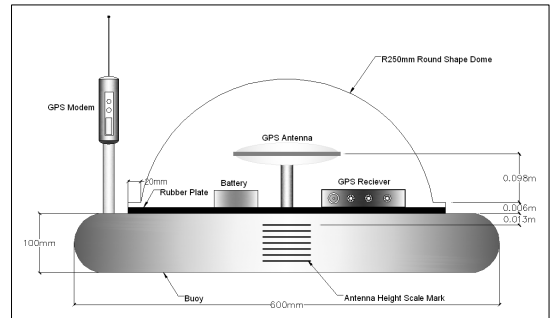


Fig. 7. GPS Buoy Design

제외하면 총 7,200개의 수신 가능한 GPS 관측값 중에 6,238(86.6%)개의 데이터를 취득하였다.

Fig. 6은 세 기준국(Ref. NO. 1, 2, 3)에 RTK GPS 기지점을 설치한 전경을 나타내고 있으며, 우측 아래의 경우 NO.1 위치에서 GPS 부이를 이용한 이동국의 관측 모습을 볼 수 있다.

RTK GPS 측량은 기본적으로 송수신 모뎀이 필수적이며, 오차보정량을 산출하기 위하여 세 기준국의 좌표를 수신기에 입력시키고 송신 모뎀의 통신 및 채널을 설정하게 된다. NO.1은 채널 1, NO.2는 채널 2, NO.3은 채널 3으로 설정한 후, 이동국 수신 모뎀과 각각의 통신 상태를 점검하고 GPS 부이를 해양에 설치하였다.

Fig. 7은 GPS 부이의 제작도면을 나타내고 있다. 부이는 파랑의 영향으로 인한 기울어짐과 바다 표면의 GPS 반사 신호에 의한 멀티패스로 인해 야기되는 오차 요소들의 발생률을 최소화되도록 설계하였다. 부이설치의 안전성과 GPS측량의 편이를 위해 조위관측계가 장치된 해안선 가까운 곳에 설치하였다. 부이 옆면에는 측정 시 주의

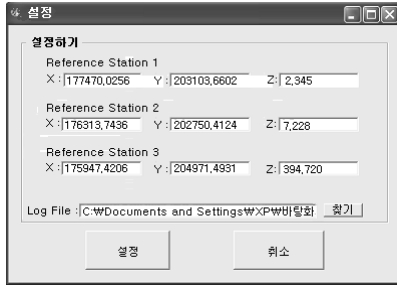


Fig. 8. Auto-setting window of reference Stations

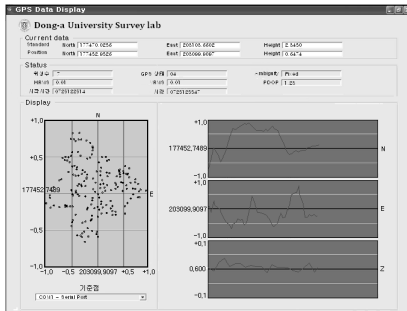


Fig. 9 GPS Data Real Time Display

Epoch	HRMS	VRMS	PDOP	Res.	Port
0725123658	0.01	0.01	1.05	OK	Com 1
0725123660	0.01	0.01	1.12	OK	USB 2
0725123662	0.01	0.01	1.09	OK	Com 1
0725123664	0.01	0.01	1.21	OK	USB 1
0725123666	0.01	0.01	1.16	OK	USB 2
0725123668	0.01	0.01	1.14	OK	Com 1

Fig. 10. Window of Data Output

를 요하는 안테나 페이즈 센터에 대해 차감계산을 위한 눈금자가 표시 되어 있다. 안테나 페이즈 센터의 높이는 관측에 필요한 GPS 장비를 설치한 후 흐름과 파랑이 없는 잔잔한 지역에서 관측한 결과 약 0.124m 인 것을 알 수 있었다(홍정수, 2007).

3.1.3 GPS graph 프로그램

본 연구는 동시에 여러 지점에서 수신되는 신호를 수신하기 위해 GPS data real time graph 프로그램을 적용하였다. 이 프로그램은 기존의 대형구조물 모니터링에 대한 경고프로그램을 Visual C++로 변형하였으며, RTK GPS 시스템에서 얻어지는 좌표와 그래프, GPS 상태와 정확도

등을 실시간으로 확인할 수 있는 장점이 있다. 예전의 경고시스템과 달리 다중기준국의 데이터를 수신할 수 있으며, 각각의 축별 RMS와 위성의 배치상태인 DOP을 고려하여 동시간대의 최대 정확도를 필터링하여 표시할 수 있다.

기지국에서 보내오는 반송파 오차보정량을 적용한 이동국의 데이터를 직접적으로 컴퓨터로 전송하고, RTK GPS 관측에 사용되는 수신기 인터페이스 언어를 모듈에 입력하면 텍스트 파일로 전환하여 지정 파일에 저장된다. 이렇게 작성된 텍스트 파일의 데이터는 개발된 GPS data real time graph 프로그램과 실시간으로 연결이 가능하며, 현장에서 바로 각각 기지국을 통한 좌표 변화량을 확인할 수 있다(이현우, 2002).

Fig. 8은 프로그램의 시작 초기 화면으로 각 기준점에 대한 절대 좌표값을 입력할 수 있으며, 다양한 시스템을 적용하기 위해 경위도좌표의 입력도 가능하다. 기준 좌표값은 RTK GPS 시스템에서 초기의 좌표입력을 통해 컴퓨터에 입력된 값을 사용하여 자동으로 설정한다. 그리고 log file은 텍스트로 변환된 GPS 부이 관측 파일과 실시간으로 연결할 수 있다.

Fig. 9는 프로그램의 메인화면으로 크게 세 부분으로 구성되어 있으며, 첫 번째 'Current data' 부분은 평면직각좌표에 의한 기준 좌표와 실시간으로 취득하고 있는 GPS 부이 이동국의 좌표값을 나타낸다. 두 번째 'Status' 부분은 위성수, DOP, 관측시간 및 각각의 좌표축에 대한 RMS 등을 나타내며, 세 번째 'Display' 부분은 RTK GPS 기준국의 좌표를 고정으로 하여 결정된 미지점의 실시간 좌표의 변화량을 도시한 그림이다.

Fig. 10은 프로그램의 출력부에 해당하는 창으로 각 시간대의 수신간격과 최적치를 필터링한 RMS, PDOP 및 출력되고, 저장되는 기준국의 연결단자를 표시해주며, 저장파일의 경우 텍스트 파일로 변환된다. 결과값의 선택은 매 수신간격별 각 기지국별 가장 우수한 RMS값과 PDOP을 선별하여 기지국의 데이터를 결정하게 되며, 사용 기지국의 오차보정량을 적용하여 이동국을 계산하게 된다.

3.2 데이터 분석

3.2.1 수평방향 분석

Fig. 11은 다중기준국을 이용한 GPS 부이의 수평방향 변위량을 나타내고 있으며, 각각의 기준국별 합산 18,000여 관측점을 나타내고 있다. 여기서 육상에서 GPS 시스템 초기화하는 동안의 데이터와 가시위성을 확보하지 못

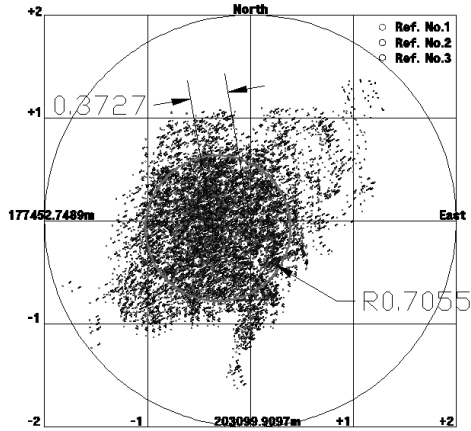


Fig. 11. Position Variation of GPS Buoy(X, Y)

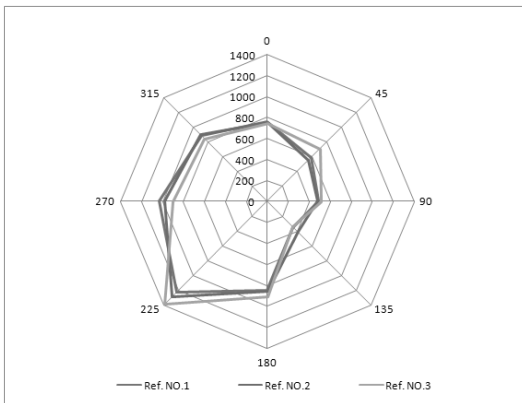


Fig. 12. Distribution Chart for each Ref. NO.

해 위치해를 계산할 수 없어 수신단절이 발생한 구역을 제거하였다.

관측 초기좌표를 기준으로 남서방향에 대한 중심 편위를 보이고 있으며, 반경 0.7m 이내에 취득데이터의 80% 이상 군을 형성하고 있다. 방향에 대한 편향은 당시의 환경적인 요소인 바람과 선박우향으로 인한 영향으로 사료되며, 파랑에 의한 부이의 이동을 최소화하기 위해 부이의 양 측면을 조표로 지상에 두 군데 이상 고정하였으나 0.37m의 중심 편위 관측값을 얻었다.

Fig. 12는 각 기준국 별 관측데이터의 수평방향 변화의 분포도를 그래프로 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯 기선거리의 차이가 확연하게 크지 않아 큰 차이를 나타내고 있지는 않으나, 기선거리가 2km이상 멀어지는 Ref. NO.3의 기준국이 다른 기준국에 비해 방향별 형상의 차이가 나타나는 걸 알 수 있으며, 수평에 대한 RMS의 값에서도 차이를 보이고 있었다.

3.2.2 수직방향 분석

이동국을 GPS 부이로 사용하는 가장 궁극적인 목적에 해당하며, 유동의 부이에 GPS를 장착하여 조석에 따른 해수면의 변화량을 관측하고자 하였다.

다중기준점 각각에 대한 기지국의 높이값은 GPS 정지 측량을 통해 산출시 인근의 수준점과 TMB를 참고로 하여 처리하였으며, 토털 스테이션으로 확인해 본 결과 기선거리 3km이내에 $\pm 3.8\text{cm}$ 이하의 우수한 정확도를 얻을 수 있었다.

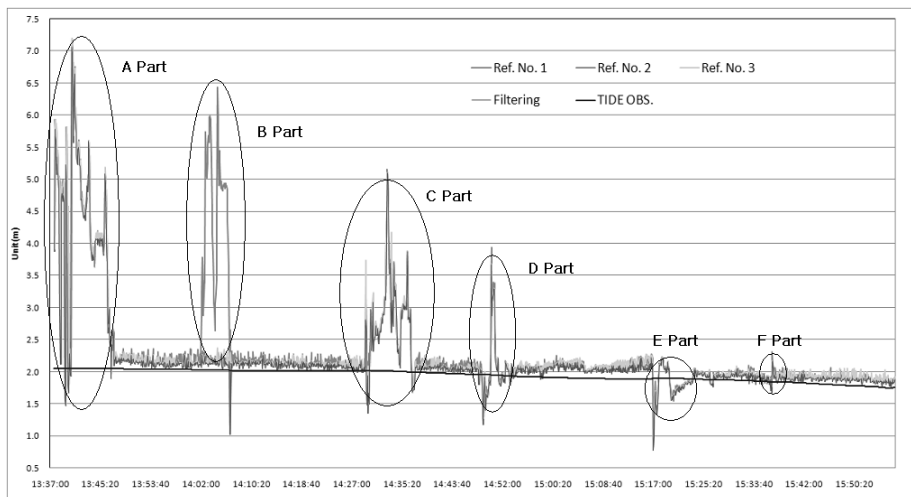


Fig. 13. Displacement Position Sample(Z)

Table 2. Accuracy of Each Reference Station

	Ref. No.1	Ref. No.2	Ref. No.3	Filtering
Max. Dev.	0.284m	0.297m	0.360m	0.284m
Stan. Dev.	0.096m	0.091m	0.174m	0.052m

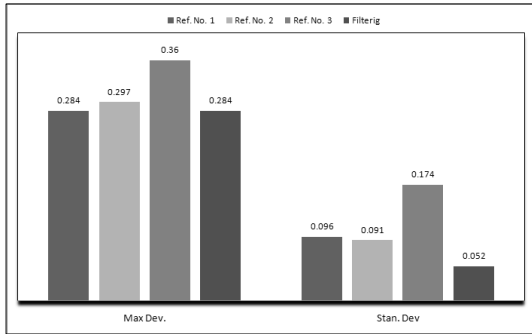


Fig. 14. Accuracy of Each Reference Station

Fig. 13은 다중기준점을 통해 얻은 4시간의 데이터에서 해수면 변화 중 특이 사항을 가지고 있는 설치 후 2시간 분량의 데이터를 도시화하여 나타내었다. 여기서 참값으로 사용된 조위관측소의 해수면 데이터는 하늘색으로 표시하였으며, 1개월 뒤에 제공되는 정밀 조위관측 값으로 실시간 조위 관측값에 조화분석을 적용하여 산출한 결과물이다. 2시간의 관측 데이터 중 정확도의 변화가 나타나는 특징적인 사항의 정밀분석을 위해 시간대별 세부 구역(part)으로 나누어 표기하였다.

A 구역의 경우 GPS 부이를 이동국으로 이용하기 위해 장비를 거치하는 시간에 해당하는 구간으로 초기화와 모델간의 원활한 통신관계, 위성의 가시성 등을 체크한 관계로 정확도가 다른 구역에 비하여 낮은 것을 알 수 있다. B 구역은 Ref. No.2의 GPS 기지국을 나타내고 있으며, 관측 도중 기지국 송신 모델의 전원이 약하여 송수신 모델 간의 제대로 된 통신이 불가능했던 구간을 나타내고 있다. 그리고 C, D, E, F 구간의 경우 관측 대상지역이 해안 주변이라는 특성 상 주위 방파제 영향으로 충분한 가시위성 수를 확보하지 못한 구간을 나타내고 있다.

RTK GPS의 경우 정지측량과 달리 최소 5대 이상의 위성 데이터를 확보해야 하며, 위치해를 계산하지 못하면 오토노모스 상태에서 오차보정량을 적용할 수 없다.

전반적으로 조위관측소 데이터와 비슷한 유형의 파형을 나타내는 것을 알 수 있으나 모델간의 통신, 가시위성의 확보에 대한 문제가 발생할 경우 새로운 초기화 설정 과정을 통해 부이의 재배치하는 과정이 발생하고, 새로운

Table 3. Orthometric Height by Tide Observatory and GPS Buoy

Time	GPS Buoy	Tide Obs.	Time	GPS Buoy	Tide Obs.
12:30	2.19	2.15	14:40	1.95	1.91
12:40	2.23	2.21	14:50	1.95	1.88
12:50	2.28	2.25	15:00	1.94	1.87
13:00	2.30	2.26	15:10	1.89	1.84
13:10	2.30	2.25	15:20	1.87	1.82
13:20	2.29	2.24	15:30	1.83	1.80
13:30	2.22	2.19	15:40	1.77	1.76
13:40	2.18	2.16	15:50	1.76	1.74
13:50	2.14	2.11	16:00	1.72	1.69
14:00	2.11	2.07	16:10	1.69	1.65
14:10	2.05	2.03	16:20	1.68	1.63
14:20	2.06	2.00	16:30	1.68	1.60
14:30	1.98	1.95	16:40	1.63	1.58

정보를 갱신하기 위해 그래프의 수직값이 조금 증가하는 경향을 알 수 있었다.

Table 2는 다중기준점에 대한 각각의 편차와 표준편차, 필터링한 결과를 조위관측소 기준으로 정리하여 나타낸 것이며, Fig. 13에서 보이는 구역(part) 내의 데이터는 포함하지 않았다.

Table 2에서 보면, 최대 편차의 경우 기선길이가 긴 No.3에서 가장 크게 나타나는 것을 알 수 있고, filtering의 경우 가장 낮은 No.1의 값을 채택하게 된다. 표준편차의 경우 각각의 기준국 자체가 가지는 결과는 크지만 필터링이 되어 최적의 결과를 수집하여 적용하게 되면, 정확도가 크게 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 14는 Table 2를 도시화하여 나타낸 것이며, 각 기준점에 대한 결과와 필터링 된 결과에 대해 비교값을 나타내고 있다.

3.2.3 조위관측소 데이터와의 비교 분석

Table 3은 과대 오차 구역이 발생하는 구역(part)을 제외하고, 표준편차를 이용하여 관측데이터를 조정 한 후, 10분 간격의 데이터를 추출하여 얻은 GPS 부이 값과 조위관측소의 데이터를 나타내고 있으며, 전체적인 조석의 움직임과 직접적인 비교가 가능하다.

조위관측소의 데이터 취득은 일반적으로 원통형 우물 방식으로 설계되어 해양을 물리학적 영향인 파랑과 바람

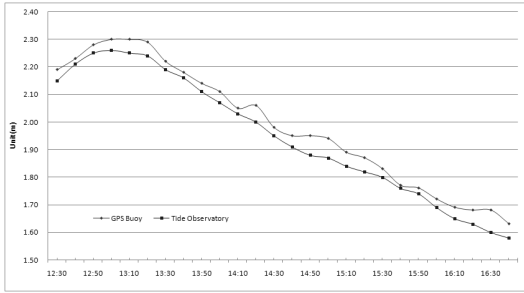


Fig. 15. Orthometric Height by Tide Observatory and GPS Buoy

등에 큰 영향을 받지 않기 때문에 조석곡선 자체에 큰 변동 폭이 없는 반면, GPS 부이의 관측 결과는 대체로 조위관측소 보다 수치값이 높으며, 선박의 운항으로 인한 파랑과 바람 등에 대한 영향으로 불규칙한 곡선 형태를 나타내고 있다. Fig. 15는 Table 3을 도시화하여 나타낸 것이다.

4. 결 론

본 논문은 다중기준점을 이용한 RTK GPS의 반송파 상대측위 기법의 정확도 향상에 그 목적을 두었으며, 유동의 GPS 부이를 이용하여 데이터를 취득한 후 그 실용성 및 효율성을 분석하고자 하였다.

1. 개발된 시스템을 적용하여 다중기준국 방식으로 RTK GPS 측량을 수행한 결과 주위에서 갑자기 발생하는 상황들과 환경에 대한 영향, 시스템적인 문제에서 발생하는 불필요한 과실들을 보완할 수 있었다. 좋은 예로 B 구역과 같이 관측 도중 모뎀의 전원 불량 상태로 인해 데이터의 통신이 불가능한 경우 다른 기준국의 취득데이터를 대체하여 관측을 완료할 수 있다.

2. 다중기준점을 이용하여 해수면의 높이관측을 수행한 바 최대편차의 크기를 획기적으로 줄일 수 있어 평균 5~10cm정도의 위치 정확도 개선에 이바지함을 알 수 있었다.

3. 해양의 물리적인 특성과 파랑에 대한 영향을 고려한다면 사용자의 소요정확도를 충분히 만족하며, 다중기준국을 이용할 시 단일기준국 방식보다 기준방향에 대한 좌표편향을 줄일 수 있다.

4. RTK GPS 관측의 경우 기본적인 단일기준국을 일반적으로 사용하고 있으며, 사용자가 원하는 충분한 정확도를 확보할 수 있다. 하지만 주위 환경에 대한 영향으로 데이터의 송수신이 불안정한 지역에서 다중기준국 방식

을 적용한다면, 경제성, 효율성, 취득데이터의 신뢰성 부분에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

현재 국가적인 차원에서 운용되고 있는 국토지리정보원의 GPS 상시관측소를 통한 VRS RTK 기법에 적용한다면 여러 대의 기준국을 편리하게 이용하여 최적의 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2006학년도 동아대학교 학술연구비(신임교원과제)에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

이재원 (2001), L1 반송파의 GPS 기선해석 소프트웨어 개발, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제21권, 제6-D호, pp. 851-860.

이재원 (2005), 지구물리측량의 활성화 방안 연구, 건설교통부 국토지리정보원, pp. 11-13.

최윤수, 이용창, 권재현, 이재원 (2004), GPS 가상기준점 도입에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제22권, 제2호, pp. 105-116.

홍정수 (2007), GPS 부이관측데이터를 이용한 해양기준면 결정, 동아대학교 박사학위논문, pp. 55-58.

이현우 (2002), RTK GPS와 IMU를 이용한 대형구조물 모니터링 시스템 구축, 동아대학교 박사학위논문, pp. 81-87.

Estel Cardellach, Dirk Behrend, Giulio Ruffini, and Antonio Rius (2000), The use of GPS buoys in the determination of oceanic variables, Earth Planets Space, DeLoach, S.R.(1995), GPS tides: a project to determine tidal datums with the Global Positioning System, U.S. Army Corps of Engineers Topographic Engineering Center, TEC-0071.

Han S., Rizos C. (1996), GPS Network Design and Error Mitigation for Real-Time Continuous Array Monitoring System, ION GPS, pp. 1827-1836.

Hofman-Wellenhof, B. (2003), *GPS theory and practice*, Springer-Wien NewYork, pp. 189-202.

Moore T., Zhang K., Close G., Moore R. (2000), Real-Time River Level Monitoring Using GPS Heighting, *GPS Solution*, Vol. 4, Number 2, pp. 63-67.

Vol. 52, pp. 1113-1116.

Scherer, W.D.(1990), Decomposition of Sea Level Variations: An Approach, *National Ocean Service, Oceanography Workshop*, unpublished manuscript.

(접수일 2008. 11. 26, 심사일 2008. 12. 10, 심사완료일 2008. 12. 17)