

지형공간정보의 획득과 항법을 위한 DGPS기법의 응용 Application of the Differential GPS method for Navigation and Acquisition of the Geo-Spatial Information

이용창* · Alfred Leick** · 이용욱***
Lee, Yong-Chang · Alfred Leick · Yong Wook

요 旨

본 연구에서는 지형공간정보의 획득과 항법을 위한 DGPS 측량기법의 효용성을 검토하는데 중점을 두었다. 이를 위해, 절대측위 및 DGPS 기법의 해석알고리즘을 정립, 프로그램을 작성하고 시험모델에 적용한 해석결과를 상업용 S/W의 결과와 비교하였다. 특히, 최근 부각되고 있는 정지위성을 매체로 한 실시간 확대위성시스템(Satellite-Based Augmentation System)중 ○○社의 SLX 수신기를 활용한 시험모델의 WADGPS 해석결과와도 비교·고찰하였고 아울러, SA 해제 전·후의 절대측위와 WADGPS에 의한 절대측위의 정확도를 검토한 결과, 지형정보의 구축에 각종 DGPS기법이 매우 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 사료되었다.

ABSTRACT

This study focuses on examination of the availability and effectiveness about application of the differential GPS methods for navigation and acquisition of the geo-spatial information. For this, the algorithms related to a navigation solution and differential GPS were implemented in MATLAB code, a number of software simulations on test model were carried out to assess its performance, comparing the results with those obtained from the commercial software. Expecially, the results coming from tracking test on test model of the ○○'s WADGPS which is the commercial real-time satellite-based augmentation system via geostationary satellite (GEOs), which has been investigated with those from the above GPS methods. And also, the accuracy of absolute positioning by Navigation solution and WADGPS before and after SA-off has been compared. The above results show that DGPS methods are very reliable and efficient methods for acquisition of the geo-spatial information.

1. 서 론

위성에 근거한 측위 system(Satellite-Based Positioning System : SBPS)으로는 미국의 GPS, 소련의 GLONASS가 현재 운용 중에 있고 유럽공동체의 Galileo가 2008년도까지 완전가동체제를 목표로 활발히 개발 중에 있다.¹⁻³⁾ GPS는 측량방식에 따라 정적측량(Static GPS), 동적측량(Kinematic GPS) 및 DGPS측량(Differential GPS)방식으로 나뉘며 수신자료의 처리시점에 따라 사후처리(Post-processing) 및 실시간 처리(Real-time processing)로 분류되어 연구 발전되고 있는데 최근의 동향은 GPS위성과

사용자간 위성신호에 포함된 동일한 속성의 오차를 제거하여 짧은 시간 내에서도 비교적 높은 정밀도의 위치측정이 가능하다는 특성 때문에 지도제작과 지형공간정보의 구축(Mapping/GIS), 육상, 해상 및 항공의 항법분야에서 DGPS 측정방식의 효용성이 부각되고 있다.^{4,5)} 특히, 지형공간정보구축은 신속, 정확하면서 동시에 경제적인 첨단기술이 요청되므로 DGPS 측량방식의 수요는 점차 증대될 것이며 DGPS 측량기법에 대한 정확한 이해와 좀더 향상된 결과를 얻기 위한 세부적인 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

GPS는 2000년 5월 2일 오후 4시(UTC)을 기하여 그동안 미 국방성의 전략적 정확도 비하 정책이었던 SA(Selective Availability)가 해제되었고 같은 시점에 GPS 현대화의 구체적인 계획 발표로 현재의 L1(C/A 및 P<Y>-code) 및 L2(P<Y>-code)에서 2번째 민간신호(L2

*시립인천전문대학 토목과 부교수,

**Dept. of GSISE, Univ. of MAINE, 교수

***충남대학교 대학원 토목과 박사과정

상의 C/A code)와 새로운 군사전용신호(L1 및 L2상의 M-code)가 2003년, 3번째 민간전용신호(L5 = 1176.45 MHz)가 2005년에 각각 추가될 예정으로서^{6,8)} 향후, SBPS는 신속 정확한 각종 오차보정과 실시간 Ambiguity 해석기술의 향상으로 측위 정확도가 더욱 증가되어 측지 측량, 지진예지, 각종항법 분야는 물론 교통 및 차대관리, 자연자원의 관리와 해안탐사, 경찰서, 소방서, 병원과 같은 Mayday system분야, 농업, 각종 편의시설물의 점검과 서비스 등 일상생활의 일부분야까지 점차 실용화될 것이므로 SBPS의 활용 연구는 국외차원에서 매우 중요한 분야로 부각되고 있다. 또한, 냉전시대 구 소련이 추진해 왔던 GLONASS의 점진적인 개방과 현재 개발중인 유럽의 Galileo가 조합된다면 세계는 바야흐로 위성측위 시대의 완전한 Spectrum 내에 있게 될 것이다.

한편, OmniSTAR, Satloc, DCI 社등에서는 이미 지구 정지위성(GEO: Geosynchronous Satellite)과 지상기지를 매체로 한 상업용 DGPS 서비스를 세계를 대상으로 제공하고 있고^{9,11)} 최근, 국제민간항공의 안전성 증대에 따른 GNSS(Global Navigation Satellite System)의 중요성이 부각되어 GEO를 매체로 한 확대항법시스템(Satellite-based Augmentation System: SBAS)에 관한 연구개발이 미국 항공연맹(Federal Aviation Administration)의 WAAS(Wide Area Augmentation System) 및 LAAS(Local Area Augmentation System), 일본의 MSAS(MTSAT-based Satellite Augmentation System), 유럽의 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service)을 중심으로 활발히 추진되고 있다.^{1,12-15)} 특히, 미 행정부의 GPS에 대한 SA정책이 해제되어⁶⁾ 교통, 응급조치, 자원탐사, Recreation, 각종 위성의 추적 및 시각의 동기화 등에 큰 이익은 가져왔으나 측량, 각종항법, 정밀한 농사 및 자원탐사 등 정밀성이 요청되는 분야의 경우는 SA 해제 이전과 같이 DGPS 기술이 절대 필요하다. 최근, 국내에서도 행정자치부 주관 하에 전국에 50~60 km 간격의 GPS 상시관측소 30개소를 설치하였고 이미 설치된 국제공인의 GPS관측소와 더불어 국가적인 DGPS(NDGPS)서비스를 위한 토대를 마련하게 되어 국내외적으로 DGPS의 응용성이 고조되고 있다.

2. 연구 목적 및 방법

지형공간정보의 획득은 신속, 정확하면서 동시에 경제

적인 첨단기술에 근간되어야 한다. 최근 부각되고 있는 DGPS 측량방식은 GPS위성의 각종 오차보정에 근거한 위치결정방식으로 GLONASS와 미래의 Galileo시스템과 함께 정밀측위는 물론 세계항법위성시스템(GNSS)을 위한 핵심으로 부각되고 있다. 이에 본 연구에서는 지형공간정보의 획득과 항법에 각종 DGPS 측량기법을 적용하고 그 효용성을 검토하는데 중점을 두고 우선, 절대측위 및 표준DGPS 측위의 해석알고리즘을 정립, Navigation solution, Pseudorange 및 Pseudorange의 Carrier-Smoothing에 의한 사후 표준DGPS 프로그램을 작성하고 시험모델에 적용하여 C/A code를 이용한 절대측위와 표준DGPS 및 L1 Carrier의 C/A-code Smoothing에 따른 각각의 해석결과를 고찰하고 기존의 상업용 S/W인 Ashtech 社의 Prism에 의한 결과와 비교한다. 특히, 최근 부각되고 있는 정지위성을 매체로 한 확대위성시스템(Satellite-Based Augmentation System)중 미국전역과 Canada 및 남아메리카 일부지역을 대상으로 AMSC(American Mobile Satellite Corporation)¹⁶⁾의 L-band 통신위성을 매체로 WADGPS 서비스를 제공하고 있는 ○○社의 WADGPS 운영체계를 고찰하고¹⁰⁾ WADGPS 보정신호 및 GPS 신호를 동시에 수신할 수 있는 SLX 수신기를 시험모델에 적용하여 앞의 해석결과들과 비교하였다. 아울러, SA해제 전·후의 Navigation solution 및 SLX 수신기에 의한 절대측위의 정확도도 고찰하여 각종 DGPS기법의 효용성을 검토하고 향후, 국가차원의 DGPS(National-DGPS)구축을 위한 활력소를 제공하고자 한다.

3. Navigation 해석 및 표준 DGPS 알고리즘

본 연구를 위해 작성된 프로그램의 응용범위는 1주파 수신기의 최대 응용범위로 설정하고 아래와 같이 각 해석방법 별 기본 알고리즘을 정립하여 MATLAB으로 작성하였다. 아래 3.1~3.3 해석에 대한 각 단계별 상세한 해석 알고리즘은 참조문헌^{4,5,17)}으로 대신하였다. 본 연구에서는 ○○社의 실시간 Wide Area DGPS의 운용체계¹⁰⁾에 관하여 주로 기술하였다.

3.1 Navigation solution

케플러의 16가지 궤도요소를 적용하고 Sagnac 효과를

보정하여 Epoch 별 위성의 좌표를 산출하고 Pseudorange에 포함된 수신기의 시계오차, 전리층 및 대류층 지연에 대한 오차보정을 통하여 위성과 수신기간의 Topocentric 거리를 산정 한 후, Epoch 별 Topocentric 거리에 대한 관측방정식을 구성하여 GPS 수신기의 절대 위치를 산정한다.

3.2 사후 표준DGPS solution

기준국에서 16가지의 케플러 궤도요소와 Sagnac 효과를 보정하여 계산된 위성의 좌표와 사전에 정확히 결정된 기준국 좌표로부터 각 위성들의 Pseudorange를 산정한 후, 수신된 Pseudorange와의 거리차를 계산하여 각 위성들에 대한 Pseudorange 보정값을 산출한다. 이동국에서는 각 위성의 좌표를 사전 방식으로 산정한 다음, 수신된 각 위성의 Pseudorange에 기준국에서 산출한 위성별 보정값을 적용하고 Epoch 별 이동국 수신기의 3차원 좌표를 산정한다.

3.3 Pseudorange의 Carrier Smoothing Solution

Pseudorange 측정값을 Complementary Kalman Filter을 적용하여 Carrier로 smoothing 처리한 Carrier-smoothed Pseudorange값을 3.2의 해석방법에 적용한다. 특히 smoothing에 의한 해석은 표준 DGPS 해석으로는 소거되지 않는 Multipath의 효과를 상당히 해소할 수 있다는

장점이 있다.

3.4 ○○사의 실시간 Wide Area DGPS(WADGPS) system

1997년 5월 이래로 ○○社에서는 RMS(Root mean square)정확도가 수평 및 수직성분이 각각 0.6 m, 1.2 m 급의 WADGPS 상업용 보정서비스를 전 미국과 Canada, Mexico 등에 제공하여 왔다. 보정값의 근원은 2주파 Astech Z-12 GPS 수신기로 미국전역에 설치된 15개 관측망(1999년 4월 OmniSTAR가 Satloc의 Network를 인수)에 근거하고 있는데 각 관측소에서는 1초 간격으로 수신된 GPS 관측자료를 TCP/IP protocol Frame-relay 통신 links를 통하여 2개소의 제어국(NCC : Network Control Center, Reston VA, Scottsdale, AZ)에 전송한다. NCC에서는 Win-NT에서 구동되는 Pentium-PC Network에서 자료를 처리하고 WADGPS 보정값을 산정한다. 이 보정값은 750 bps data message로 구성된 후 1500bps data stream으로 viterbi 암호화되어 AMSC의 L-band 통신위성에 송신되게 되며 다시 3개의 중복 부를 갖는 Spot beam으로 미국전역과 Canada 남부 및 Mexico 북부 지역에 전송되게 된다. 보정값 산정을 위한 핵심 알고리즘을 간략히 흐름도로 도시하면 그림 1과 같으며 핵심알고리즘의 대부분은 JPL에서 개발된 것으로 GIPSY/OASIS II(GOA II)에 근거하여 WADGPS 및 기

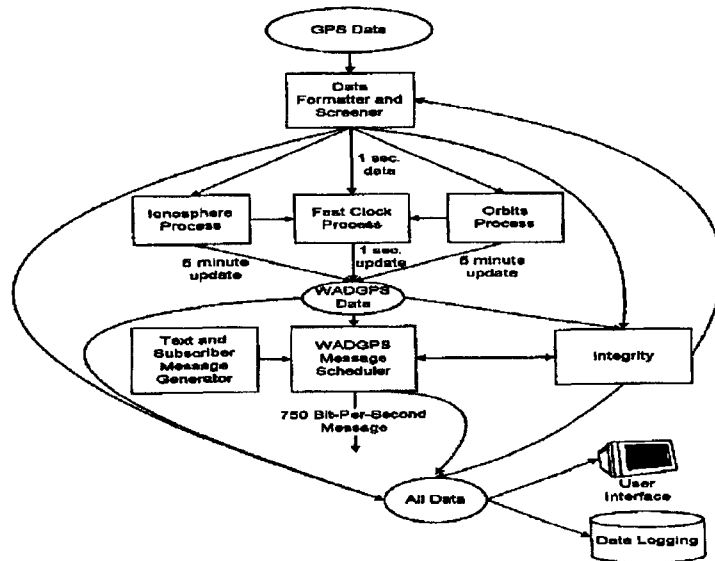


그림 1. ○○사의 WADGPS 보정값 산정 흐름도

타 실시간 응용을 위해 별도로 개발된 Real-Time Gipsy (RTG)를 활용하여 작성되었다. 이 알고리즘의 핵심 code는 FAA의 WASS 운용을 위해서도 활용되고 있다. 보정 알고리즘에서 GPS 궤도결정부분의 경우, 매 5분 간격으로 2주파 Pseudorange 및 carrier phase 측정값을 Extended Kalman Filter로 처리하여 산정하고 있고 실시간으로 전리층지연의 정밀한 보정값을 산정하기 위해 JPL에서 개발된 Global Ionosphere Map(GIM) S/W의 수정 본을 활용하고 있다.

본 연구의 WADGPS 적용실험은 2000년 5월 2일 이전, 즉 SA가 해제되기 전에 실시된 관계로 특히, SA 오차요인 중 위성시계의 정확도 비하(δ -process)에 대한 WADGPS 보정부분을 강조하기로 한다. ○○社の Fast Clock Filter는 JPL에서 개발한 RTG clock filter의 접근 방식과 약간 상이한 면이 있는데 먼저 대수적으로 수신기의 시계오차를 산정하고 Kalman filter를 사용하여 대류층 지연 및 위성시계오차를 동시에 산정한다. 즉, Clock filter는 각 위성관측값에 대하여 전리층지연, 위성시계오차, 수신기시계오차 및 대류층지연 보정 등을 고려한 수신기에서 위성까지의 참거리와 Carrier-smoothed Pseudorange간의 거리차(SAmeas)을 식 (1)에 의해 계산한다.

$$SA_{meas} = True_Range - PseudoRange - SV_clock + Receiver_clock + Modeled_Tropo + Iono_Delay \quad (1)$$

여기서 대류층 지연보정은 Niell Mapping Function을 사용한다. 핵심알고리즘의 단계별 상세한 내용은 참고문헌¹⁰⁾으로 대신한다. 또한, WADGPS 기준좌표계는 ITRF94 좌표를 채택하고 있지만, ITRF94와 WGS84 좌표간의 차가 WGS84 좌표 자체의 오차이내에서 일치하므로 실용적으로는 문제없이 사용하고 있다. WADGPS 보정신호는 모든 state-space 성분과 보조 message가 포함되며 총 4초 이내의 latency로 사용자의 L-Band 수신기에 도착하게 되면 표준 type 1 RTCM message로 재구성되어 GPS수신기로 전달, 보정된 위치가 산정 되도록 한다. WADGPS 보정신호에 대한 보정값의 주기는 Clock 보정값이 1초, 궤도보정은 10초, 전리층 보정의 경우 1분의 주기로 전송된다. 현재 WADGPS State-space 보정값은 L1 C/A code 사용자 수신기에 적합하며 2주파 장비에 사용할 경우는 clock correctors에 내재되는

interfrequency bias를 제거해야 한다.

SLX DGPS 수신기는 GPS 수신기와 보정신호 수신용 L-band 수신기가 일체화된 형태로 WADGPS 보정값 신호 및 GPS 신호가 1개의 안테나를 통해 동시에 수신되고 GPS data는 내장된 GPS수신기에 의해 처리되며 WADGPS 보정신호는 L-band 수신기로 처리된다. L-band 수신기와 GPS 수신기는 표준 NMEA 및 RTCM message 형식으로 serial port에 의해 연결된다. L-band 수신기 S/W는 AMSC 위성에서 전송된 State-space data와 GPS 수신기에서 산정된 사용자 위치정보를 사용하여 수신기에 적용할 수 있는 Differential 보정값으로 재구성한다. 특히, GPS수신기로 WADGPS 보정값을 전송하는 데는 타 수신기와의 호환성을 고려하여 RTCM SC-104 type 1 형식을 사용하는데 Zcount, PRCs(Pseudorange corrections), RRCs(Range rate corrections) 및 IODEs (Issue of data ephemeris) 값을 포함하고 있다.¹⁸⁾

그림 2는 Real-Time SLX WADGPS 안테나 및 수신기를 나타낸 것이며 그림 3은 SA해제 이전의 1시간

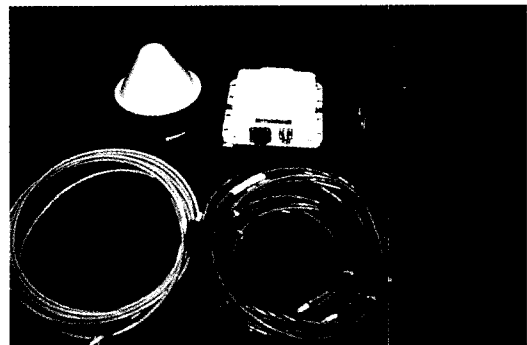


그림 2. ○○社の 실시간 SLX WADGPS 안테나 및 수신기

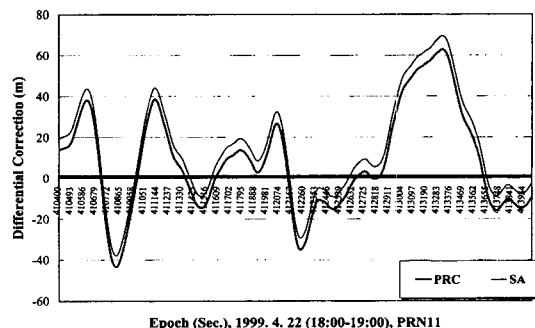


그림 3. ○○社 WADGPS의 보정 신호정보 중 SA 및 RRC 분포(Epoch 1ch)

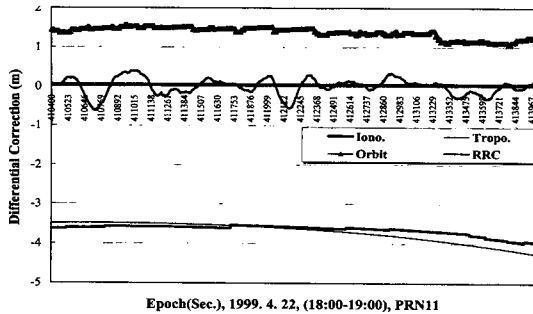


그림 4. ○○社 WADGPS의 보정 신호정보 중 전리층, 대류층, 궤도 및 RRC

보정자료 중 SA 및 PRC에 대한 보정값을 도시한 것이다. 특히, 그림 4는 보정정보 중 전리층, 대류층, 위성궤도정보 및 RRC 보정값을 Epoch = 1초 간격으로 분석하고 도시한 결과로서 실시간 WADGPS의 보정값에 가장 큰 영향을 주는 요소는 SA의 영향이었고 다음으로 전리층지연, 대류층지연, 위성궤도력의 정확도 순으로 나타났다.

현재 ○○社의 서비스체계는 미국전역과 Canada 및 남아메리카 일부지역에 대한 농업 및 기타 응용을 위한 Aerial guidance와 지상장비의 Guidance, 측량 및 각종 GIS 구축 등에 효율적으로 활용되고 있다.

4. 실험 및 해석

본 연구에서 작성한 절대측위 및 DGPS 프로그램과 WADGPS의 효용성을 검토하기 위하여 선정된 시험모델의 장소는 그림 5의 좌측 상부에 위치한 미국 Maine주 OldTown시내 소재, University of Maine Campus의 Harold Alfond Stadium 내 Morse Field 미식축구 경기장이다.

미식축구장내 거리선 간의 간격은 5 야드로 20개가 구획되어 있고 중 방향 구획선의 시작부와 종료부를 기준으로 좌·우측 끝대까지의 거리는 10야드였다. C/A code를 이용한 Navigation Solution과 표준 DGPS 및 Carrier의 Code Smoothing에 의한 DGPS 해석 프로그램은 각각 기본 알고리즘에 따라 MATLAB S/W를 사용하여 작성하였다. 미식축구장 내 거리선과 격자선에 대한 Tracking Data는 SA가 해제되기 전인 1999년 4월 24일(GPS week 1006, DOY 114) Astech 社의 Z-XII 2주파 P

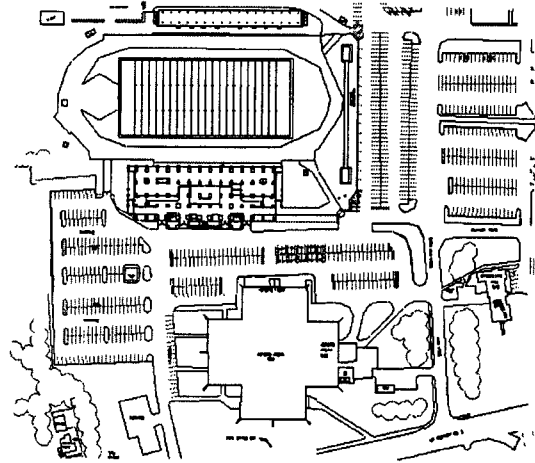


그림 5. 시험모



그림 6. Ashtech Z-II수신기 Tracking

code 수신기와 ○○社의 SLX WADGPS 수신기를 사용하여 각각 별도의 session으로 획득하였다. Ashtech Z-XII 수신기에 의한 Tracking 실험 시 신호저장간격은 수신기의 내부기억용량 제한 관계로 2초로 설정하였고 직선부에서는 일반 보행속도로 경계부 및 전환점에서는 그림 6과 같이 5초간 정지 후 진행하였다. SLX 수신기의 경우는 기본적으로 WADGPS의 보정신호가 1초 간격으로 갱신되는 관계로 1초마다 좌표가 산정되었고 두 수신기의 안테나는 각각 동일한 Pole을 사용하고 안테나 높이를 보정하여 표고를 산정하였다. Ashtech 수신기로 획득한 위성별 수신자료 중 Stadium 내 남쪽에 설치된 스탠드와 지붕 구조물 관계로 고도 30° 이상의 위성 중

Cycle slip이 발생되지 않은 7대의 위성(SV=4, 5, 10, 13, 18, 24, 30)에 대하여 각각 C/A code pseudorange와 L1 carrier를 추출하여 Navigation Solution과 표준 DGPS 및 Carrier의 Code Smoothing을 위한 입력자료로 활용하고 3차원 Tracking 결과를 산출하였다.

아울러, 최근 부각되고 있는 정지위성을 매체로 한 실시간 확대위성시스템(Satellite-Based Augmentation System) 중 ○○社の SLX DGPS수신기를 활용하여 미식축구장 내 거리선과 격자선에 대한 실시간 Tracking 시험 결과를 분석하고 상업용 S/W인 Ashtech 社の Prism으로 처리한 결과를 기준으로 각각의 해석결과를 비교·고찰하였다.

그림 7은 Navigation Solution 프로그램에 의해 산정된 미식축구장의 Track 모습이고 그림 8 및 그림 9는 각각 C/A code에 의한 표준DGPS 및 L1 carrier에 의한 C/A code의 Smoothing DGPS 결과이다. Astech 社の Prism S/W를 이용한 결과는 각각 그림 10 및 그림 11과 같다. 그림 7의 C/A 단독측위 Tracking 결과는 SA, 보정모델의 오차 및 Noise 등으로 인하여 경기장의 형태를 구분할 수 없을 정도로 나타난 반면, 그림 8의 C/A code를 활용한 표준 DGPS 결과는 그림 10의 상업용 프로그램에 의한 결과 이상의 궤적을 산출할 수 있었다. 그림 9의 C/A code L1 smoothing에 의한 DGPS 해석결과는 C/A code 만에 의한 DGPS 결과에 비해 경

기장의 실제모습을 재현하고 있으며 그림 11의 Prism 해석결과와 상응하는 궤적을 나타내었다.

특히, 본 연구에서 작성된 C/A code를 이용한 절대측위와 표준DGPS 및 L1 Carrier의 C/A-code Smoothing에 따른 각각의 해석결과를 기존의 상업용 S/W인 Ashtech 社の Prism에 의한 결과와 비교하기 위하여 그림 11의 해석결과를 기준으로 그림 8 및 그림 9의 결과

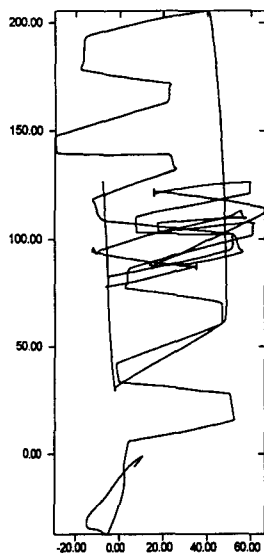


그림 7. C/A 단독측위

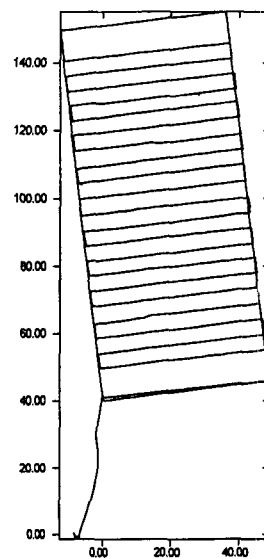


그림 8. C/A-DGPS

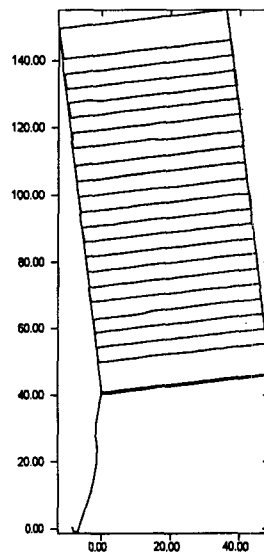


그림 9. C/A-L1 sm DGPS

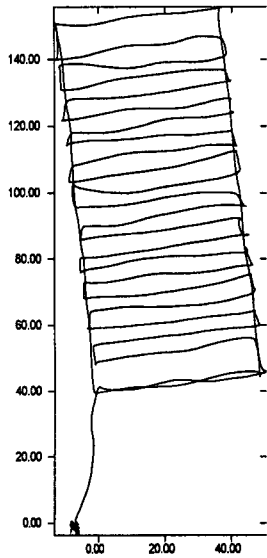


그림 10. C/A-DGPS(Prism)

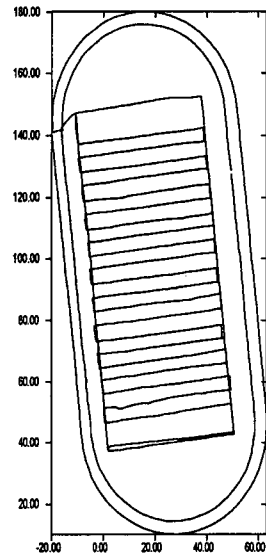


그림 12. SLX WADGPS

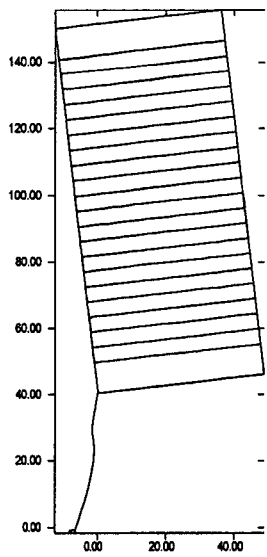


그림 11. C/A-L1sm(Prism)

를 각 Epoch 별로 E, N 및 U 방향에서 비교 검토하였다. 그림 13은 C/A Code만을 이용한 DGPS 경우의 E, N 및 U 방향의 편차를 도시한 것으로 세 방향성분의 평균편차는 ± 1 m 이내를 보였다.

그림 14는 C/A Code에 L1 Carrier를 보완하여 Smoothing 처리한 DGPS 결과의 Epoch 별 좌표편차를 도시한 것으로 초반부 Up 방향의 편차를 제외하고는 평균 ± 0.5 m의 편차를 보여 단순히 Code만을 이용한 결

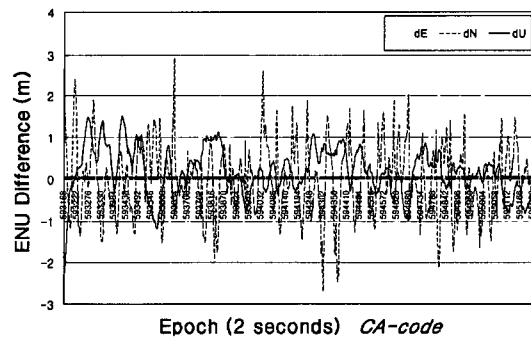


그림 13. Prism S/W와의 E, N 및 U 편차(CA only)

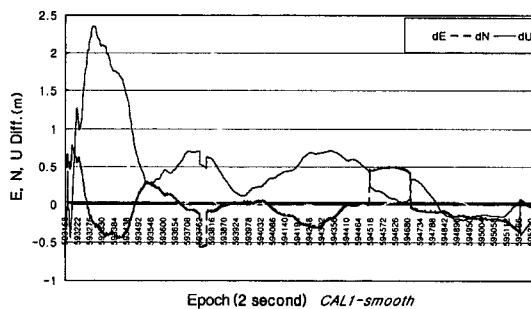
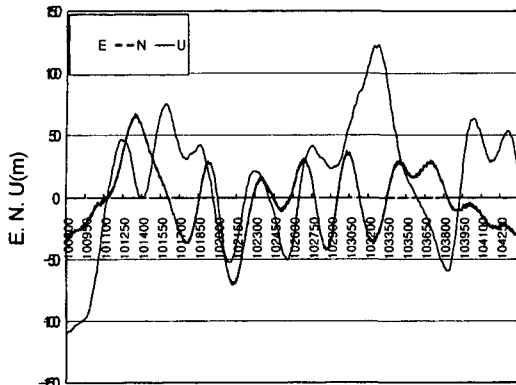
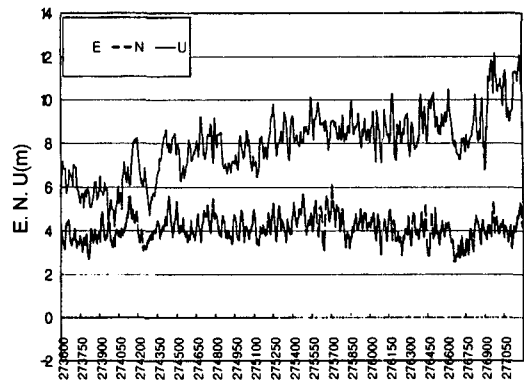


그림 14. Prism S/W와의 E, N 및 U 편차(C/A-L1 sm)

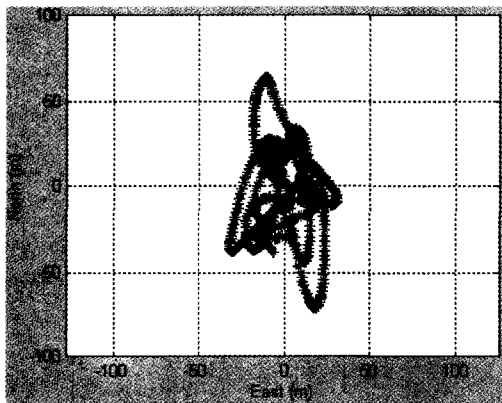
과에 비해 Smoothing 처리를 한 경우가 현저히 양호한 결과를 나타내었고 특히, 본 연구에서 작성된 S/W의 신뢰도의 입증은 물론 DGPS의 효용성을 확인할 수 있었다.



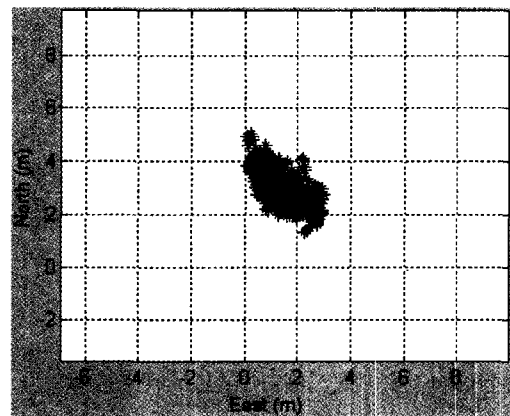
Epoch(sow) Cro_124e.00o (Int.5sec)
2000. 5. 1 4:00~5:00
그림 15. SA작동시의 절대측위



Epoch(sow) Cro_124e.00o (Int.5sec)
2000. 5. 1 4:00~5:00
그림 17. SA해제시의 절대측위



2000. 5. 1 4:00~5:00
그림 16. SA작동시의 절대측위(2D-plot)



2000. 5. 1 4:00~5:00
그림 18. SA해제시의 절대측위(2D-plot)

그림 12는 SLX WADGPS 수신기에 의한 미식 측구장과 인접한 트랙을 동시에 추적한 결과를 도시한 것이다. SLX 수신기에 의한 실험시 Ashtech 수신기와 동시에 행하지 않은 관계로 Epoch 별로 직접적인 비교는 할 수 없지만 본 연구에서 작성한 C/A code에 의한 표준 DGPS의 결과(그림 8)와 유사한 궤적을 나타내고 있다. Satloc-WADGPS의 정확도를 검토하기 전에 우선, 본 연구에서 작성된 절대측위 S/W에 의한 SA 해제 전·후의 절대측위와 SLX 수신기에 의한 절대측위의 정확도를 고찰하였다. 그림 15와 16 및 그림 17과 18은 각각 SA 해제 직전·직후 1시간의 관측자료에 대한 Epoch 별 절대측위좌표와 실제좌표간 E, N 및 U 방향의 편차와 E와 N 방향만의 2차원 좌표만을 나타낸 결과이다. 위성의 대

수, DOP 및 관측시간에 따른 변수가 있지만 대체로 SA 해제 전·후의 절대측위 정확도는 E, N 및 U 방향 성분 모두 10배 이상의 향상된 정확도를 나타내었고 특히, SA 오차요인 중 위성시계의 정확도 비하(δ -process)에 관련한 영향을 확인할 수 있었다. 미국 IGEB에서는 SA의 해제와 관련하여 1일 24시간의 관측자료를 토대로 절대측위를 해석한 결과, 과거 SA 해제 전에 비해 정확도의 현격한 향상은 있지만, 지역에 따라 아직도 1일의 오차 변동량이 20 m 정도임을 발표한 바 있다.⁶⁾

따라서, 본 연구의 절대측위 프로그램으로부터 산정된 SA 해제 전·후 절대측위의 결과를 고찰할 때 현재, SA가 해제된 상황에서 그림 7의 결과보다는 더 양호한 tracking 결과를 기대할 수 있을 것이다.

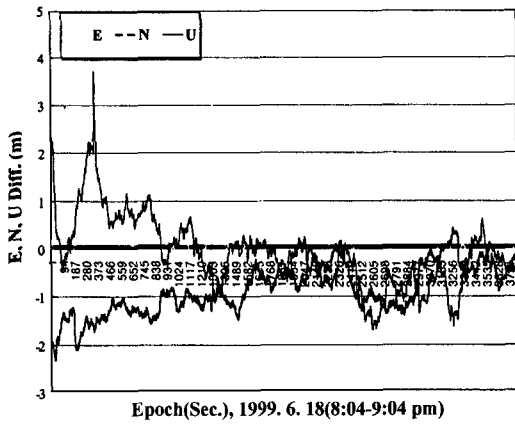


그림 19. SLX WADGPS의 절대측위(SA-on)

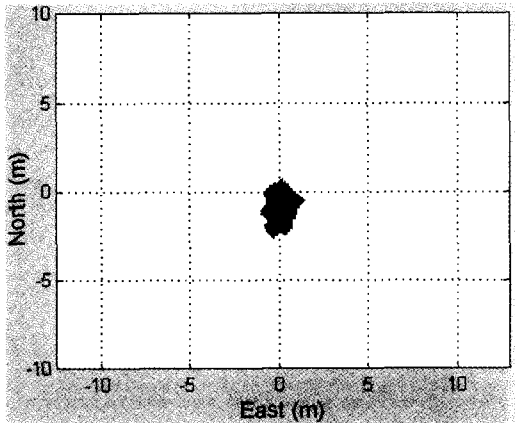


그림 20. SLX WADGPS의 절대측위(2D-plot)

그림 19는 SA 해제 이전에 그 위치가 사전에 정밀히 결정된 측점 상에 SLX 수신기를 설치하고 정지상태에서 1시간 동안(Epoch 1초) 관측한 WADGPS 보정결과의 E, N 및 U 방향의 좌표편차를 나타낸 것으로 세 방향의 좌표편차는 평균 ± 1 m 정도로 나타났다. 특히 그림 20의 E 및 N 방향편차를 그림 16 및 그림 18의 결과와 비교해 보면, 비록 SA가 해제되어 전반적인 정확도의 향상은 가져 왔으나 앞서 검토된 결과와 IGEB의 조사내용을 감안할 때 정확도를 요하는 측량 및 항법분야의 경우에는 DGPS기법의 필요성이 절대적임을 확인할 수 있다.

참고로 ○○社에서는 수평 및 수직성분의 RMS(Root-mean-square) 정확도를 각각 0.6 m 및 1.2 m로 발표한다. 따라서, 그림 11의 SLX WADGPS 수신기에 의한 미식 축구장 트랙의 정확도를 평균 ± 1 m 정도로

유추한다면 WADGPS의 응용분야는 높은 정밀도를 요하지 않는 신속한 지형정보의 구축에 적합하며 특히, 육상, 해상 및 항공의 항법분야에서도 매우 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, 국내에 설치운영 중인 국제 공인 및 비공인의 GPS관측소와 더불어 최근 50~60 km 간격으로 GPS 상시관측소를 30개소나 설치한 것은 국가적인 DGPS (NDGPS)서비스를 위한 1차적 토대가 마련된 상황으로서 이와 연계하여 조만간 국가 DGPS(National DGPS) 서비스 실시를 위한 활발한 연구와 지원이 시급히 요청된다 하겠다.

5. 결 론

절대측위와 DGPS기법의 해석프로그램을 작성하여 시험모델에 적용하고 WADGPS 및 Prism S/W의 해석결과와 비교·고찰한 결과, 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1. 절대측위, 표준 DGPS 및 Smoothing DGPS 기법에 대한 알고리즘을 분석하여 각 프로그램을 작성하고 시험모델에 적용한 해석결과, 상업용 S/W에 상응되는 결과를 산출할 수 있었다.
2. C/A code에 의한 DGPS결과에 비해 L1 smoothed C/A code에 의한 DGPS의 해석결과가 Multipath의 영향까지 보정할 수 있어 더 양호한 Tracking 결과를 제시하였다.
3. 본 시험모델에 대한 실시간 WADGPS 해석결과는 C/A code에 의한 표준 DGPS 결과에 상응되는 Tracking 결과를 제공하였다.
4. SA 해제 전·후에 대한 절대측위 결과를 고찰할 때 측량 및 지형정보의 구축분야와 같이 정확성을 요하는 응용분야의 경우, DGPS 기법이 절대 필요함을 알 수 있었다.

비록 본 연구에서는 사후 DGPS용 프로그램을 작성하여 연구되었지만 본 S/W를 통신매체와 연계, RTCM-104 형식의 보정요소를 추가한다면 실시간 DGPS용 S/W로 발전될 수 있을 것이다. 특히 최근까지 설치된 GPS 상시관측소를 국가적 차원의 DGPS용 기준국으로 운용하는 연구와 국내 및 주변국에 적합한 GPS신호의 보정 모델링 연구를 병용하여 실시간 국가차원의 DGPS 운영 체계(NDGPS)로 발전시킨다면 국내에 각종 지형정보의 구축은 물론 항법분야의 응용에 큰 활력소가 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 전반기 해외 Post-Doc. 연수기간 중에 수행된 ‘지형공간정보의 획득과 항법을 위한 DGPS 기법의 응용’ 연구의 결과로서 한국과학재단과 특히, 본 연구를 위해 SLX WADGPS 수신기를 구매하여 준 Alfred Leick 박사님께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Changdon Kee and Chulsoo Pyong, "A Solution of a Natural Way to Implement WADGPS in East Asia : Decentralized WADGPS", ION GPS '99, September 1999, Nashville, TN pp. 211-220.
2. R. Lucas, Daniel Ludwig, "GALILEO : System Requirements and Architectures", ION GPS '99, September 1999, Nashville, TN, pp. 2097-2101.
3. V Ashkenazi, G Hein, D Levy, P Campagne, "GNSS SAGE : SATNAV Advisory Group of Experts", ION GPS '98, September 1998, Nashville, pp. 1097-1101
4. Elliott D.Kaplan, "Understanding GPS Principles and Application", Artech House, 1996.
5. Bradford W. Parkinson, James J. Spilker Jr., "Global Positioning System : Theory and Applications Volume I, II, 1996 AIAA.
6. <http://www.igeb.gov/>.
7. Daniel Martens and Donald Latterman, "Stewardship and GPS Modernization One Step on the Road to the Future", ION GPS '99, September 1999, Nashville, TN pp. 1747-1754.
8. Siplker, J.J., and A.J. Van Dierendonck, "Proposed New Civil GPS Signal at 1176.45 MHz", ION GPS '99, September 1999, Nashville, TN pp. 1717-1725.
9. <http://www.omnistar.com/>.
10. Michael L.Whitehead, Gary Penno, Walter J. Feller, and Ivan C. Messinger, "A Close Look at Satloc's Real-Time WADGPS System", GPS Solutions, Vol. 2, No. 2, pp. 46-63, 1998.
11. <http://www.dgps.com/index.html>.
12. Rick Farnworth, Edward Breeuwer and Andrew Watt, "EGNOS Operational Test and Validation for Civil Aviation - User Requirements -", ION GPS '98, September 1998, Nashville, pp. 147-155.
13. Jorge Nieto, Joaquin Cosmen, Ignacio Garcia, "Interoperability Test Analysis between EGNOS and MSAS SBAS Systems", ION GPS '99, September 1999, Nashville, TN pp. 221-231.
14. Ronald Braff, "Description of the FAA's Local Area Augmentation System (LAAS)", Journal of Navigation, Vol. 44, No. 4, pp. 411-423, Winter 1997-1998.
15. Mohamed A. Abousalem, "Performance Overview of Two WADGPS Algorithm", GPS World, pp. 48-58, 1997. 5.
16. <http://www.networks.digital.com/>.
17. Gilbert Strang, Kai Borre, "Linear Algebra, Geodesy, and GPS", 1997, Wellesley Cambridge Press
18. RTCM Special Committee No. 104, "RTCM Paper 194-93/SC104-STD, RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service, Version 2.1", 1994.