GPS/Galileo 시스템의 기하구조 및 영향 분석

이 재 원*

* 대한측량협회 측량정보기술연구원 연구위원

Analysis for Influence and Geometry of GPS/Galileo System

Jae-One Lee*

* Principal Researcher, Korea Association of Surveying & Mapping, Seoul 150-722, Korea

요 약 : 위성을 이용한 측위 시스템인 광역위성항법시스템(GNSS : Global Navigation Satellite System)은 측량 및 항법 등에 정확한 위치, 속도 그리고 시간 정보를 제공함으로써 위치결정의 중요한 도구가 되어왔다. 미 국방성에 의해 개발되어 운용되고 있는 범세계적위치결정시스템인 GPS는 GNSS 시장에 독점적인 존재이므로, GNSS 사용자는 GPS에 의존할 수 밖에 없는 상황이다. 이런 독점 상황을 극복하기 위하여 러시아, 유럽 그리고 일본은 독자적인 위성항법시스템을 개발하기 시작하였다. 특히 유럽의 Galileo 시스템은 2008년 발사 목표로 진행되고 있다. 본 연구는 위성궤도를 생성하고 분석할 수 있도록 제작한 GIMS2005 프로그램을 이용하여 차세대 GNSS인 Galileo 시스템을 GPS와 비교 분석함에 있다. 본 실험은 GPS 단독 처리의 한계와 GPS/Galileo 결합 시스템의 이점을 인식할 수 있게 한다. 기하구조 분석은 가시위성수, 정밀도 저하율, 내부 신뢰도 그리고 외부 신뢰도를 GPS 단독 처리와 비교하여 분석된다.

핵심용어 : GPS, Galileo, 기하구조, 정밀도 저하율, 신뢰도

Abstract : Global Navigation Satellite System (GNSS) has become an indispensable tool for providing precise position, velocity and time information for many applications like traditional surveying and navigation etc. However, Global Positioning System (GPS), which was developed and is maintained and operated by the U.S. Department of Defence (DoD), has monopolized the world industry and market, and hence there exists the situation that most of GNSS users absolutely depend upon the GPS. In order to overcome the monopoly, some countries, such as Russia, Japan and European Union (EU), have developed their own GNSSs, so-called GLONASS, JTRANS and Galileo systems. Among them, the most prospective system in near future is EU's Galileo system scheduled to launch in 2008. This research has focused on the next generation GNSS system based on GPS and Galileo system with developing a GNSS simulation software, named as GIMS2005, which generates and analyzes satellite constellation and measurements. Based on the software, a variety of simulation tests have been carried out to recognize limits of GPS-only system and potential benefits of integrated GPS/Galileo positioning. Geometry simulation results have showed that comparing with GPS-only case, the number of visual satellites, Dilution of Precision (DOP) values, internal reliabilities and external reliabilities.

Key words : GPS, Galileo, Geometry, DOP, Reliability

1. 서 론

인류 역사가 시작되면서 인간은 원하는 지점의 정확한 위치를 알고자 수많은 노력을 해왔다. 그리고 현대 사회에 접어들면서 급속한 과학 기술의 발달과 인간의 이런 욕구를 만족하기 위하여 새로운 개념의 측위 시스템을 개발하기 시작하였다. 과거 단순한 각과 거리에 의한 측위 기법이 아닌 우주 공간에서 위치 정보를 제공할 수 있는 광역위성항법시스템(GNSS : Global Navigation Satellite System)은 사용자에게 비교적 저렴한 가격으로 전 세계 어느 곳에서나 그리고 언제든지 위치 정보를 제공할 수 있다. GNSS의 측위 시스템을 바탕으로 위치정보 산업은 과거 군사 목적뿐만 아니라, 민간부분에서도 텔레매틱스, 유비쿼터스 등의 도입으로 항공, 해상, 차량 항법 그리고 개인 위치 정보 서비스 등 그 이용범주가 실생활 전역에서 광

범위하게 활용되고 있다.(Hofmann et al., 1997 ; 박 외, 2004)

GNSS의 특성과 폭발적인 수요로 인한 국제 상황은 민감히 변하고 있다. 미국 주도의 GPS를 견제하기 위해 러시아는 이미 GLONASS(GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)를 구축하였으며, 후속 주자인 유럽 연합도 Galileo로 명명된 새로운 GNSS를 추진하고 있으며 2008년도부터 본격적인 서비스를 제공할 계획에 있다. 또한 일본에서도 준천정위성시스템을 준비하고 있다. 이처럼 각국에서 새로운 GNSS를 준비하는 이유는 과거 SA와 같은 미국 주도의 GPS에 종속되지 않고 기술적, 전략적으로 독자적인 GNSS를 구축하기 위함이다.(Bartenev, 2003; 이 외, 2002; Isao et al., 2004)

2. Galileo 시스템 및 위성 배치

1999년 7월 유럽연합은 EGNOS과 아올리 유럽 독자의 위성

* 대표저자 : 정희원, jolee@kasm.or.kr 011)9995-6850

항법시스템 구축계획을 시작하였다. 이 결과로 전 세계를 대상으로 하는 Galileo 계획이 수립되었고 “Galileo must be an open, global system, fully compatible with GPS, but independent from it”을 표방하고, 현재 Phase B2 (Mission Consolidation and Finalization of Preliminary Design)이 진행 중이다. 2003년 3월의 PSDR (Preliminary System Design Review)에서 시스템의 형태가 구체화되었으며, 2005년까지의 발전 및 확충 단계를 거쳐, 2006~2007년 사이에 위성 궤도를 완성하고, 2008년부터 FOC(Full Operational Capacity)를 제공할 예정이다.

2.1 Galileo 시스템

Galileo 시스템을 구성하고 있는 전체 시스템의 구성은 Fig. 1과 같이 Global component, Local components, 그리고 User receiver and terminals로 크게 세 부분으로 구성되어 있으며, 유럽 우주청과 Galileo 시스템과 연계된 외부 구성을 추가하기도 한다. Global component는 3개의 궤도 위성 위에 30기(27 + 3 active spares)의 항법 위성으로 구성되는 우주부와 항법 위성들을 모니터링하고 서비스를 제공하는 지상 통제부를 포함한다. 지상부는 정확도, 가용성, 연속성, 무결성 등에 대하여 부가적인 성능이나 기능을 더하여 지역적인 서비스를 제공하기 위하여 필요한 구성요소이다. 이러한 지역적인 정보도 위성신호를 통하여 제공된다.(Guenter, 2002)

Fig. 1 Composition of Galileo system

2.2 Galileo 위성

현재 Galileo 위성에 대한 설계는 적도면과의 궤도 경사각이 56° 혹은 55°로 설계될 것이며, 3개의 궤도에 30개의 MEO 위성으로 구성될 것이라고 예측된다. 위성의 높이는 지구에서 23,616km이고 궤도 주기는 14시간 21분 6초 정도로 예상하고 있다. 각각의 궤도에 10개의 위성을 고르게 배치할 것인지 아니면 9개의 위성을 고르게 배치하고 위성의 고장에 대비하여 교환이 쉬운 사용 가능한 예비위성 하나를 배치할 것인지에 대한 논의가 계속되고 있다.(Zandbergen, 2004; Hein, 2001)

3. GNSS Solution Program

본 논문에서는 Galileo 시스템에 대한 영향을 분석하고자 상

용 프로그램이 아닌 MATLAB을 이용한 GNSS 분석 프로그램을 제작하였다. 개발한 프로그램의 명칭은 GIMS2005 (GNSS Integrity Monitoring Software 2005)로 명명하였다.

3.1 GIMS2005 개발

Fig. 2는 GIMS2005에 대한 흐름도를 나타내고 있다. 먼저 MATLAB에서 제작한 m-file들을 활성화 시킨 다음, 변수값들을 설정하여 준다. 변수값은 측정점에 관한 변수와 위성에 관한 변수로 구분된다. 먼저 측정점의 관측 일시를 지정하고, 측정점의 고도를 지정하며 또한 위성수신고도각을 지정하여 준다.

Fig. 2 Flowchart of GIMS2005

위성에 관한 변수는 GPS almanac과 생성한 Galileo almanac를 각각 지정하여 준다. 이렇게 설계된 프로그램은 관측 조건의 변화에 민감히 대처할 수 있도록 설계하였으며, 설정된 변수들에 의해 위성관측점의 좌표를 산출할 수 있었으며, 그에 따른 의사거리, 가시 위성 개수, DOP, 내부 신뢰도 및 외부 신뢰도를 생성할 수 있었다.

3.2 GIMS2005 검증

먼저 GIMS2005를 검증하기 위해 상업용 소프트웨어와 비교하였다. 사용한 프로그램은 Topcon사의 Pinnacle 소프트웨어이며, 검증의 신뢰성을 제공하기 위해 현재 추적 가능한 GPS almanac을 이용하였다.

전세계에 걸쳐 경도, 위도 1°에 걸쳐 PDOP을 생성하였으며, 측정 위치의 고도는 동일하게 50m로 지정하였으며, 양각은 10°로 지정하여 비교 분석하였다. 특정시간을 지정하여 대표적인 네 곳의 PDOP 값을 표기 하였으며, 가장 큰 값을 나타내는 동북아시아의 Osora 지역에 대해서는 24시간 관측하여 시간대별로 그 성과값을 나타내었다.

Fig. 3 PDOP for 4 points in global

Fig. 3은 전세계 중에서 대표적으로 큰 값을 보이는 네 곳에 대해 개발 프로그램과 상업용 프로그램에 의한 처리 결과값을 나타내고 있다. 북태평양 지역은 두 프로그램 모두 4.0 이상의 값을 나타내며, Saudi 지역에서는 GIMS2005에서는 7.93이며 Pinnacle에서는 8.01로 생성되었다. 호주지역에서도 비슷한 값을 생성할 수 있었다. 특히, 주목해야 할 점은 Osora 지역에서는 두 프로그램 모두 17.0 이상의 높은 값을 생성되었다.

4. 실험 및 분석

4.1 범세계적 기하 구조 분석

위성의 기하구조를 분석하기 위해 측점에서 먼저 위성 측량이 가능하도록 할 수 있는 가시 위성 수를 분석하였고 이를 바탕으로 각 지점에서 생성한 DOP을 분석하였다. 또한 정확도와 다른 의미인 신뢰도를 평가하여 본 논문에서 제시하는 성과값이 실제 관측값과 일치할 수 있는 판단 기준으로 하였다. 내부 신뢰도를 평가하여 기하학적 관찰이 얼마나 잘 수행되었는지 그리고 과대오차를 검출해 내고 정오차를 검사하는 능력을 평가하였다. 마지막으로 검출되지 않는 오차가 관측값에 미치는 영향에 대해 분석하고자 외부 신뢰도를 평가하였다. 이는 다른 궤도와 고도를 가지고 있는 GPS와 Galileo에 대해 기하학적 구조를 분석하고 GPS와 Galileo GNSS의 영향을 분석할 수 있으며, 향후 우리나라에 미치는 영향을 분석할 수 있다.

Galileo 위성 배치는 3개의 원형궤도에 30개의 궤도 위성으로 구성하였으며 적도면과 54° 경사각과 고도 23,000km 그리고 위성의 궤도 주기는 14시간 21분 6초로 계획하였다.

측점에 대한 조건은 먼저 측점 고도를 타원체고 50.0m로 설정하였고, 위성 수신 고도각은 10°와 30°로 변화를 주었으며 측점 간격은 경, 위도 1° 간격으로 생성하여 전 세계 어느 지역에서든 성과값을 알 수 있도록 하였다.(Gunter, 1993; Steue et al., 2004; Lee, 2004)

1) 가시위성수 분석

Fig. 4와 Fig. 5는 위성 수신 고도각이 10°와 30°에 대해 전 세계에 걸쳐 경, 위도 1°간격인 64,800점에 대한 백분율로 나

타낸 것이다. Fig. 4는 고도각이 10°인 경우이며 GPS 단독 처리 일 때는 최소 4개의 가시 위성을 확보할 수 있지만, GPS와 Galileo 결합의 경우에는 전 세계의 90%이상 지역에서 최소 13개의 가시위성을 확보할 수 있다. 하지만, Fig. 5에서처럼 고도각이 30°로 증대되었을 때는, GPS 단독 처리에만 의존한다면 위성 관측이 가능한 최소 4개의 위성을 확보하는 지역은 37%만 존재한다. GPS와 Galileo 결합형태는 90%이상 지역에 대해 7개의 가시위성을 제공할 수 있다.

Fig. 4 Available satellite numbers in elevation cutoff 10°

Fig. 5 Available satellite numbers in elevation cutoff 30°

Fig. 6 Global map of available satellite numbers in elevation cutoff 10°

Fig. 6은 경, 위도 1°간격으로 총 64,800점에 대하여 위성 수신 고도각 10°일 때의 가시 위성 수를 나타내었으며 모든 지역에서 GPS 단독 처리보다 GPS/Galileo 결합 형태가 두 배의 높은 값을 보임을 알 수 있다.

2) 정밀도 저하율 분석

GPS 위치결정 정확도는 위성의 기하학적 배치상태에 의존한다. 새로이 추가되는 Galileo 위성의 기하 구조를 분석하기 위해 위성 수신 고도각 10°에 따른 전 세계에 걸친 정밀도 저하율에 대하여 분석하였다.

Fig. 7은 경, 위도 1°간격으로 생성한 전 세계의 64,800지점에 대한 값을 백분율로 표현하였다. 일반적으로 DOP 수치가 5.0 이상이면 위성의 기하구조가 불량하므로 위성측량이 불가능한 것으로 판단한다. 따라서 GPS 단독처리 시에는 DOP 수치가 5.0 값을 가지는 지역이 4.4%이므로 이 지역에서는 위성측량이 불가능하다.

Fig. 8은 위성 수신 고도각이 30° 일 때의 백분율을 도시하였다. GPS 단독 처리 시에는 전 세계의 85.7% 지역에서 5.0의 DOP치를 가지고 있었다. 하지만, GPS/Galileo 결합 형태는 10.57% 지역만이 5.0의 값을 가짐을 알 수 있었다.

Fig. 7 Percentage of DOP value according to elevation cutoff 10°

Fig. 8 Percentage of DOP value according to elevation cutoff 30°

Fig. 9는 위성 수신 고도각이 10°일 때의 DOP 수치를 채색도 형식으로 도시하였다. GPS 단독 처리 시에는 대부분 지역에서 5.0 이하의 값을 가지지만, 특정 지역에서는 훨씬 높은

값을 가짐을 알 수 있었다. 하지만, GPS/Galileo 결합 시에는 전 세계 어느 곳에서도 위성측량이 가능한 5.0 이하의 값을 가짐을 알 수 있었다.

Fig. 9 Global map of DOP value according to elevation cutoff 10°

Fig. 10과 Fig. 11은 GPS 단독 처리 시와 GPS/Galileo 결합 시에 위성 수신 고도각에 따른 HDOP 값을 도시한 것으로 GPS 단독 처리보다 GPS/Galileo 결합이 HDOP에서도 우수함을 알 수 있었다.

Fig. 10 HDOP value according to elevation cutoff 10°

Fig. 11 HDOP value according to elevation cutoff 30°

Fig. 12와 Fig. 13은 위성 수신 고도각이 10°와 30°일 때 GPS 단독 처리 시와 GPS/Galileo 결합 시의 VDOP 값을 도시한 것으로 GPS 단독 처리보다 GPS/Galileo 결합이 VDOP에서도 우수함을 알 수 있었다.

Fig. 12 VDOP value according to elevation cutoff 10°

Fig. 14 Internal reliability mean according to cutoff 10°

Fig. 13 VDOP value according to elevation cutoff 30°

Fig. 15 Internal reliability mean according to cutoff 30°

3) 내부 신뢰도 분석

위성의 기하학적 구조를 분석하기 위해서는 신뢰도 개념의 도입이 필수적이다. 실제 관측을 위해 조정모델이 가정과 일치하는지 또한 위성 측량에서 획득한 측위 결과가 정확한 것인지를 판단하기 위해서는 신뢰도 분석을 수행하여야 한다. 이중 내부 신뢰도는 기하학적으로 관찰이 얼마나 잘 이루어졌는지 검사하는 것으로 과대오차를 검출해 내고 정오차를 검사하는 능력을 의미하는 것으로서 확률과 유사한 의미를 가지고 있다.

Fig. 14는 전 세계에 걸쳐 경, 위도 1°씩에 해당하는 지점 즉, 64,800 지점에 대해 평균 내부 신뢰도 값을 차지하는 지점의 백분율로 도시하였다. 위성 수신 고도각이 10°일 때, GPS 단독 처리 시에는 10.0m 이하의 값을 가지는 지역이 100%에 가까웠지만 12.0m 이상의 값을 가지는 지역에서는 백분율이 현저히 적어짐을 알 수 있었다. 하지만, GPS/Galileo 결합 시에는 대부분의 지역에서 10.0m 이하의 양호한 성과값을 가짐을 알 수 있었다.

Fig. 15에서는 위성 수신 고도각이 30°일 때의 평균 내부 신뢰도의 값을 전 세계 지역에 대한 백분율로 도시하였다. GPS

단독 처리 시에는 60.0m 이상의 값을 가지는 지역에 전 세계에서 68.6% 지역을 차지하고 있으나, GPS/Galileo 결합 시에는 전 세계 대부분의 지역에서 10.0m 이하의 양호한 내부 신뢰도를 유지함을 보여주고 있다.

Fig. 16은 평균 내부 신뢰도에 대한 채색도로써 평균 내부 신뢰도를 획득한 동일 시간대로 위성 수신 고도각을 10°에서 생성한 값을 도시하였다. 그림에서 보듯이 GPS/Galileo 결합에 의한 처리가 GPS 단독 처리에 의한 결과값보다 우수함을 보여준다.

Fig. 16 Global map of averaged Internal reliability according to cutoff 10°

4) 외부 신뢰도 분석

GMM(Gauss Markov Model) 등에서 과대오차나 정오차를 완전히 소거한다는 것은 불가능하므로 검출되지 않은 오차가 관측값에 미친다. 이런 과대 오차가 관측값에 미치는 영향의 크기로서 외부 신뢰도를 나타낸다. 본 연구에서는 과대 오차로 인한 영향을 분석하기 위해 수평 외부 신뢰도와 수직 외부 신뢰도를 구분하여 분석하였다. 먼저 시간대를 동일하게 설정하여 위성 수신 고도각을 10° 와 30° 로 구분하여 다양한 환경에서 분석하고자 하였다.

Fig. 17은 위성 수신 고도각을 10° 로 설정하였을 때의 GPS 단독 처리 시와 GPS/Galileo 결합 시의 수평 외부 신뢰도 결과를 도시하고 있다. 전 세계에 걸쳐 경, 위도 1° 간격 즉, 64,800 지점의 결과값을 생성하고 그에 따른 결과값을 백분율로 표현하였다. 특히 수평 외부 신뢰도가 2.0m 값을 가지는 영역이 GPS 단독 처리 시에는 72.4%에 해당하지만 GPS/Galileo 결합 시에는 전 세계 지역에서 단지 1.5%만 해당함을 알 수 있었다.

Fig. 18은 위성 수신 고도각이 30° 일 때의 수평 외부 신뢰도의 백분율을 도시한 것이다. 여기서도 GPS 단독 처리보다 GPS/Galileo 결합의 우수성을 보여주고 있다. Fig. 19는 위성 수신 고도각이 10° 일 때의 수직 외부 신뢰도를 분석한 결과이다.

Fig. 17 Horizontal external reliability according to cutoff 10° Fig. 18 Horizontal external reliability according to cutoff 30° Fig. 19 Vertical external reliability according to cutoff 10°

본 연구의 외부 신뢰도 분석 결과 수평 외부 신뢰도보다 수직 외부 신뢰도가 관측값에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 수직 외부 신뢰도가 2.0m에 해당하는 지역이 GPS 단독 처리 시에는 전 세계의 90%에 해당하며 GPS/Galileo 결합 시에는 단지 17.17%만이 해당됨을 알 수 있다. 고도각이 30° 로 증가된 결과는 Fig. 20에서 도시하였다. 신뢰도가 2.0m에 해당하는 지역이 GPS 단독 처리 시는 99.42%로 대부분의 영역이지만, GPS/Galileo 결합 관측 시에는 75.96%로 향상됨을 알 수 있었다.

Fig. 20 Vertical external reliability according to cutoff 30° Fig. 21 Global map of horizontal external reliability according to cutoff 10°

Fig. 21은 위성 수신 고도각 10°에 따른 수평 외부 신뢰도를 도시한 것이며, Fig. 22는 위성수신고도각 10°에 따른 수직 외부 신뢰도를 도시한 것이다.

Fig. 22 Global map of vertical external reliability according to cutoff 10°

4.2 국부적인 영향 분석

먼저 대상 지역에서 관측 가능한 가시 위성 수를 분석하였다. 2시간 단위로 모니터링한 결과 GPS 단독 처리 시에는 하루 평균 7.65개의 위성을 부산 지역에서 관측할 수 있었다. 하지만 GPS/Galileo 결합 시에는 205.45% 증가된 15.75 개의 위성을 관측할 수 있었다. 거의 두 배로 증진된 가시 위성 수로 인해 기존의 GPS 서비스보다 향상된 GNSS 서비스를 제공 받을 수 있을 뿐 아니라 안정적인 위성 측량이 가능하게 되었음을 알 수 있다. Fig. 23에서 부산 지역에서 24시간 관측한 가시 위성 수를 도시하였다.

Fig. 23 Available satellite numbers according to cutoff 10°-Busan

가시 위성 수 관측과 동일한 시간대에 부산 지역에 대한 정밀도 저하율을 분석하여 위성의 기하 구조가 측량에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 먼저 GPS 단독 처리 시에는 정밀도 저하율의 평균값이 2.53임을 알 수 있었으며, GPS/Galileo

결합 시에는 정밀도 저하율의 평균값이 1.52임을 알 수 있었다.

GPS/Galileo 시스템이 결합되었을 때, GPS 단독 처리 일 때 보다 하루 평균 59.96% 저감됨을 알 수 있었다.

Fig. 24는 부산 지역에서 24시간동안 두 시간 단위로 관측한 정밀도 저하율을 생성하여 도시하였다.

Fig. 24 DOP value according to cutoff 10°-Busan

동일 시간대에 대한 내부 신뢰도 분석을 수행하여 기하학적 으로 관찰이 얼마나 잘 이루어졌는지 분석하였으며 과대오차와 정오차를 검사하여 향후 제공될 Galileo 위성을 이용한 측위가 부산 지역에서 어떤 영향을 미칠지에 대해서 분석하고자 하였다. 24시간 모니터링 한 결과 GPS 단독 처리 시에는 내부 신뢰도의 평균값 14.756m임을 알 수 있었으며, GPS/Galileo 결합 시에는 평균 9.207m임을 알 수 있었다. 따라서 내부 신뢰도에 있어 GPS/Galileo 결합 형태가 GPS 단독 처리보다 62.40% 정도로 우수함을 알 수 있었다. 이는 단순히 가시 위성 수의 증대로 인한 위성 측량의 양적인 증대뿐만 아니라 과대오차와 정오차를 소거할 수 있는 질적인 증대를 증명한다.

Fig. 25 Internal reliability according to cutoff 10°-Busan

Fig. 25는 부산 지역의 내부 신뢰도 변화를 두 시간 단위로 보여주고 있다.

외부 신뢰도는 미지 변수 즉, 좌표, 변형변수의 추정값에 대해 발견할 수 없는 관측값의 과대오차의 영향을 설명한다. 부산 지역에 대한 24시간 모니터링 한 결과 GPS 단독 처리 시

에는 평균 4.513m이었으며 GPS/Galileo 결합 시에는 평균 0.592m 임을 알 수 있었다.

외부 신뢰도에 있어 GPS/Galileo 결합 시스템이 GPS 단독 처리 시보다 13.12% 정도의 값을 가짐을 알 수 있었다.

Fig. 26은 24시간 부산 지역에 대한 외부 신뢰도를 도시한 것이다.

Fig. 26 External reliability according to cutoff 10°-Busan

5. 결 론

Galileo 프로젝트는 군사목적으로 개발된 GPS와 GLONASS와 달리 순수 민간 목적으로 개발된 새로운 위성항법시스템이다. 현재 해상 항법 등에서도 널리 사용되고 있는 GPS는 미국에 의한 기술적, 전략적 의존이 높은 현실이다. 이에 본 논문은 이런 국제적 상황을 극복할 수 있는 Galileo 시스템을 국내 최초로 적용하여 분석하였다. 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 새로운 위성항법시스템을 적용하기 위해 GNSS 해석 프로그램인 GIMS2005을 자체 개발하였다. 상업용 프로그램과 비교 검증하여 개발한 프로그램의 사용가능성을 입증하였다.
2. 범세계적인 기하 구조를 분석하기 위해 가시위성수, 정밀도 저하율, 내부신뢰도, 외부 신뢰도를 분석하였으며 GPS 단독 처리에 의한 방법보다 GPS/Galileo 결합 형태가 안정적인 위치 결정에 기여함을 알 수 있었다.
3. Galileo 위성의 실질적인 적용을 위해 부산지역에 대한 국부적인 영향을 분석하였다. 24시간 모니터링을 통해 GPS/Galileo 결합 시스템이 GPS 단독 처리에 비해 가시위성수에서는 205.45% 증가, 정밀도 저하율에서는 59.96% 향상됨을 알 수 있었으며, 내부신뢰도는 62.40% 그리고 외부신뢰도는 13.12% 수준임을 알 수 있었다.

우리나라에서도 2005년 2월 과학기술부에서 유럽의 Galileo 프로젝트에 참여하기 결정하였으므로, 이는 안정적인 측위를 위한 국가 인프라 측면에서도 중요한 사항이다.

따라서, 본 논문의 연구 결과는 향후 제공될 Galileo 시스템의 유용한 자료로 기대되며, 향후 Galileo 시스템의 다중 경로, 위성 궤도 오차 등과 같은 오차 원인에 대한 심화 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 박운용, 이동락, 이인수, 배경호(2004), "CORS를 이용한 Single RTK-GPS 정확도 검증", 한국지형공간정보학회 논문집 제12권 제2호, pp. 29~35.
- [2] 이인수, 이용희, 문두열, 손영동(2002), "GPS/GLONASS의 반송파 위상을 이용한 차량항법", 한국항해항만학회지, 제 26권 제 3호, pp. 303~309.
- [3] Bartenev(Nov 2003), GLONASS Status Updates, 4th CGSIC IISC Asia Pacific Rim Meeting.
- [4] Guenter W. Hein and Thomas Pany(2002), "Architecture and Signal Design of the European Satellite Navigation System Galileo-Status Dec.2002", Journal of Global Positioning System, Vol. 1, No. 2, pp. 73~84.
- [5] Gunter Seeber(1993), "Satellite Geodesy-Foundations, Methods and Applications", Walter de Gruyter & Co., pp. 292~295.
- [6] Hein G., Godet, J., Issler, J., Martin, J., Lucas-Rodriguez R. and Pratt, T.(2001), "The Galileo Frequency and Signal Design", Pro. of ION GPS 2001, pp. 1273~1282.
- [7] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Collins, J. (1997), "Global Positioning System Theory and Practice" Fourth, revised edition, Novographic. Ing, pp. 1~3.
- [8] <http://www.esa.int>.
- [9] http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm.
- [10] Isao Kawano, Masaaki Mokuno, Satoshi Kogure and Motoshisa Kishimoto(2004), "Japanese Experimental GPS Augmentation using Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)", ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, pp. 175~181.
- [11] Lee, Y. C.(2004), "Investigation of Extending Receiver Autonomous Integrity Monitoring(RAIM) to Combined Use of Galileo and Modernized GPS", ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, pp. 1691~1698.
- [12] Steve Hewitson, Lee, H. K. and Jinling Wang (2004), "Localizability Analysis for GPS/Galileo Receiver Autonomous Integrity Monitoring", Journal of the Institute of Navigation, Vol. 57, No. 2, pp. 245~259.
- [13] Zandbergen, R.(2004), "Galileo Orbit Selection", ION GNSS 17th International Meeting of the Satellite Division, 21-24 Sept. pp. 616~623.

원고접수일 : 2005년 7월 13일

원고채택일 : 2005년 10월 24일