
위성항법 통합시스템을 이용한 DOP 향상에 관한 연구

최창묵* · 고광섭**

A Study on the DOP Improvement using Hybrid Satellite Navigation System

Chang-Mook Choi* · Kwang-Soob Ko**

본 논문은 해군해양연구소의 2011년도 국고 연구비 지원을 받아 연구되었음

요 약

본 논문에서는 향후 많은 항법위성이 생길 경우 통합시스템 방식을 사용할 시 원하는 위성을 선택함으로써 고의적인 재밍에 대한 대책 및 위치정보의 정밀도 향상 측면에서 매우 유용할 것으로 판단되어 GPS와 GLONASS의 통합시스템 구축 시 정밀도의 근간을 이루는 DOP 향상에 대하여 연구하였다. 데이터 분석결과 단독 GPS 사용 시 보다 통합 위성항법 시스템이 0.3 ~ 0.8 정도의 GDOP, 0.2 ~ 0.6 정도의 PDOP와 0.1 ~ 0.3 정도의 TDOP의 향상된 정보를 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, the DOP improvement was studied for the solution to an intentional jamming and the increase of position accuracy by selecting preferred satellites with hybrid satellite navigation system(both GPS and GLONASS). As a result of data analysis, the increases in 0.3 ~ 0.8 GDOP, 0.2 ~ 0.6 PDOP, and 0.1 ~ 0.3 TDOP were acquired by using hybrid satellite navigation system instead of GPS-only.

키워드

재밍, 통합시스템, DOP, GLONASS, GPS

Key word

DOP, GLONASS, GPS, Hybrid Navigation System, Jamming

* 종신회원 : 해군사관학교(nav-sun@hanmail.net)

접수일자 : 2011. 05. 29

** 종신회원 : 해군사관학교

심사완료일자 : 2011. 08. 24

I. 서론

GPS(Global Positioning System)를 인터넷, 이동통신 등과 함께 21세기 정보화 시대에 인간의 생활에 큰 영향을 준 3대 발명으로 까지 부르는 가장 큰 이유는 GPS가 과거 어떠한 전파항법 방식도 갖고 있지 못한 3차원의 고정밀 실시간 위치, 이동체의 속도, 정확한 시간 정보를 세계 어느 곳에서나 기상 여부에 받지 않고 제공할 수 있기 때문이다[1], [2]. 이러한 이유 때문에 군사적 사용 목적을 위해 개발 되었음에도 불구하고, 오늘날에는 정보화 시대에 부응하여 군사 분야, 과학기술 분야 등 민간 산업 분야에 까지 널리 응용되어 그 중요성이 매우 높게 평가 되고 있다[2].

현재 미국의 GPS 시스템이 전 세계 위성항법 시스템을 대표 할 만큼 널리 사용되고 있는 가운데, 주요 강대국들이 전 세계 위성항법 시스템 구축 및 기술개발을 서두르고 있어 머지않아 성능면에서 GPS와 대등하거나 오히려 사용자 측면에서 보면 유연성이 뛰어난 전 세계 위성항법 시스템들이 새롭게 탄생 될 예정이다. 특히 GLONASS-M 프로젝트로 현대화되고 있는 러시아의 GLONASS 시스템, 21세기 초부터 단계적으로 추진되고 있는 유럽연합의 GALILEO, 중국의 COMPASS 등 전 세계 위성항법 시스템 구축이 수년 내 완성 될 것으로 예정 되어있다[3]-[6].

따라서 향후 2015년까지 무려 100기 정도의 항법 위성이 배치 될 것으로 판단되며 이러한 각국의 경쟁적인 위성항법 시스템 개발은 현재 GPS 일변도의 전 세계 위성항법 시스템 의존도를 획기적으로 낮출 뿐 아니라 통합방식에 의한 위성 시스템 활용으로 민간사용 분야는 물론 군사 분야에서도 많은 변화가 예상된다.

본 논문에서는 향후 많은 항법위성이 생길 경우 통합방식에 의해 원하는 위성을 선택함으로써 고의적인 재밍에 대한 대책 및 위치정보의 정밀도 향상 측면에서 매우 유용할 것으로 판단되어 첫 단계로 GPS 와 GLONASS의 통합 시스템[7] 구축시 정밀도의 근간을 이루는 DOP(Dilution of Precision) 향상에 대하여 연구 하였다.

II. DOP 이론

GPS 위성은 수신기의 위도, 경도, 고도로 표현되는 3차원의 위치를 결정하도록 구성되며, 이것은 위성으로부터 수신기까지의 의사거리(Pseudorange) pr_i 와 위성과 수신기간 실제거리 ρ_i , 그리고 시계바이어스 오차 ΔT_b 에 의해서 계산되어진다[8].

$$pr_i = \rho_i + c \cdot \Delta T_b \tag{1}$$

여기서, c 는 빛의 속도 ($3 \times 10^8 m/s$)이다.

따라서 위치의 3차원 성분과 시계바이어스 오차를 포함 한 네 가지의 미지수를 구하기 위해서 동시에 측정된 4개의 의사거리가 필요하며, 이는 그림 1과 같이 기하학적으로 각 의사거리를 반지름으로 하는 4개의 구면의 접점을 뜻하게 된다[9]-[11].

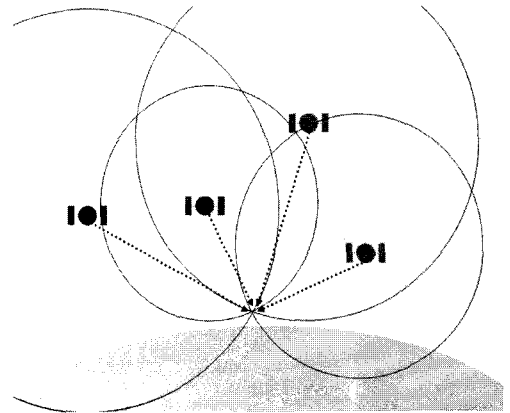


그림 1. GPS 위치측정 개념
Fig. 1 The concept of GPS Positioning

그림 1과 같이 의사거리를 통하여 수신기의 위치를 계산 가능하지만, 위성의 기하학적인 배치가 좋지 않으면 정확한 위치 측정을 위한 의사거리 차이의 감소 또는 소거 효과를 크게 기대할 수가 없다.

수신기 위치에서 위성의 기하학적 배치를 확인하는 척도를 DOP라고 한다[9], [12], [13]. DOP는 수신기에서 위성까지의 단위벡터로 표현된 체적의 크기와 반비례 하게 되며, 방위각과 고도각의 행렬 조합에 의해 계산되

어진다. DOP는 GDOP(Geometric DOP), PDOP(Position DOP), TDOP(Time DOP)로 구분하여 나타낼 수 있다.

그림 2와 같이 작은 DOP 값은 위성의 좋은 기하학적 배치를 의미한다.

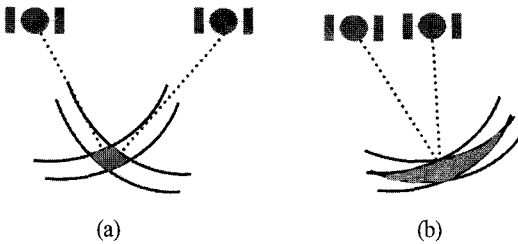


그림 2. DOP 개념
(a) Low DOP (b) High DOP
Fig. 2 The concept of DOP
(a) Low DOP (b) High DOP

III. 측정 및 분석

3.1. 측정시스템 구성

본 논문에서는 DOP 측정을 위하여 GPS 위성의 신호를 수신하는 노바텔 GPS 단독 수신기와 GPS 위성의 신호와 GLONASS 위성의 신호를 통합하여 동시에 수신 가능한 노바텔 GNSS 수신기를 그림 3과 같이 구성하고 진해의 해군사관학교 GNSS 항법 연구실에서 위성의 데이터 신호를 수신하여 분석하였다.

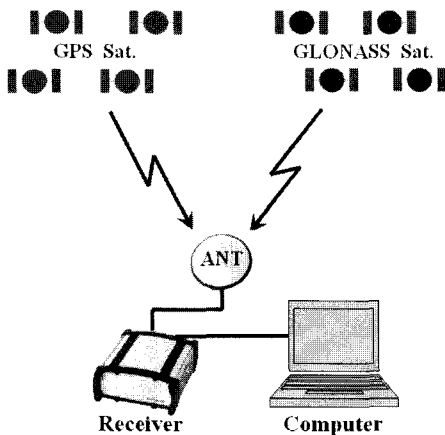


그림 3. 측정 시스템
Fig. 3 Measurement System

3.2. 측정 결과 분석

구성된 데이터 측정 시스템을 이용하여 하루 24시간 수신 가능한 위성현황을 표 1과 같이 GPS와 GLONASS 위성을 구분하여 PRN No. 순으로 비교하였다. GPS는 기본 24개 위성에 5개의 위성 포함 총 29개 위성, GLONASS는 12개의 위성을 수신 가능하였다.

표 1. 측정을 위해 제작된 RAM
Table 1 PRN No. of GPS & GLONASS

구분	PRN No.
GPS (29개)	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32
GLONASS (12개)	10038, 10042, 20057, 20061, 30056, 30060, 40054, 40058, 50040, 50044, 60041, 60045

통합 GNSS 수신기에서 수신되는 위성의 방위각과 고각에 따른 분포 현황을 그림 4와 같이 나타내었으며, GPS와 GLONASS 위성을 구분하여 수신이 용이한 특정 시간의 4시간 30분 동안의 위성현황을 그림 5와 같이 나타내었다. GPS 위성은 8에서 11개 위성이 동시에 수신되어 분석 가능하였으며, GLONASS 위성은 2개에서 4개의 위성이 수신되어 분석 가능하였다.

그리고 그림 5와 같이 GPS와 GLONASS 위성의 수신 데이터를 이용하여 기하학적인 위성의 배치인 DOP를 비교하여 GDOP, PDOP, TDOP를 각각 그림 6 ~ 8에 나타내었다. GDOP는 단독 GPS 시스템보다 통합 GNSS 시스템이 약 0.3 ~ 0.8 향상된 것을 볼 수 있었으며, PDOP는 약 0.2 ~ 0.6 향상된 것을 볼 수 있으며, TDOP는 약 0.1 ~ 0.3 향상된 것을 볼 수 있었다.

이것은 여러 단독 위성항법 시스템 구성이 완료되어 향후 100기 이상의 항법 위성이 존재할 경우에는 언제 어디서나 빌딩과 같은 구조물에 의해 가시가 확보되지 않을 지라도 측정 가능한 일정 수 이상의 항법위성으로부터 좋은 DOP를 확보할 수 있음을 보여준다.

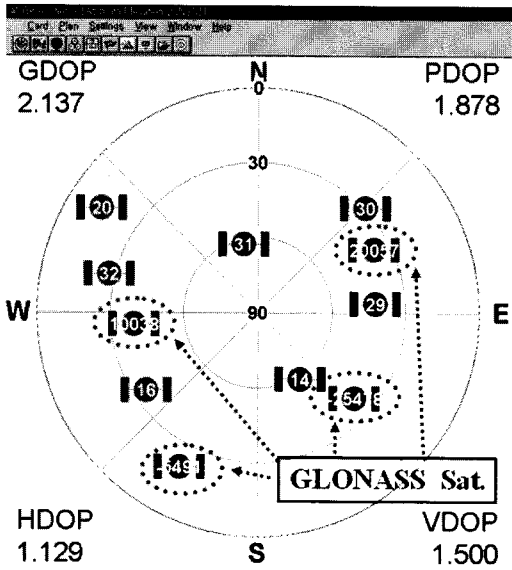


그림 4. 실시간 GPS 및 GLONASS 위성 현황
Fig. 4 Real Time Satellites of GPS and GLONASS

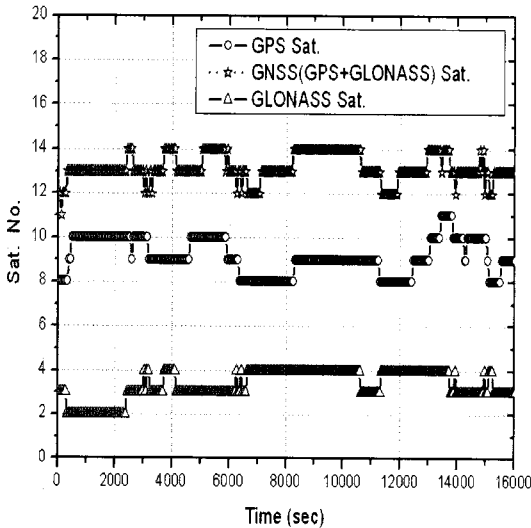


그림 5. GPS 및 GLONASS 위성 수 분석 (4시간 30분)
Fig. 5 Analysis of GPS & GLONASS Satellite No. (4h 30m)

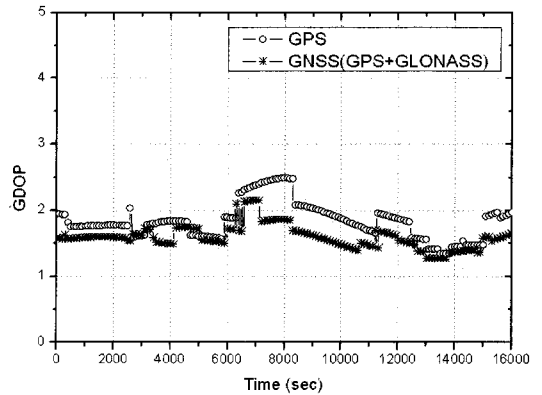


그림 6. GDOP 비교 분석(4시간 30분)
Fig. 6 Analysis of GDOP(4h 30m)

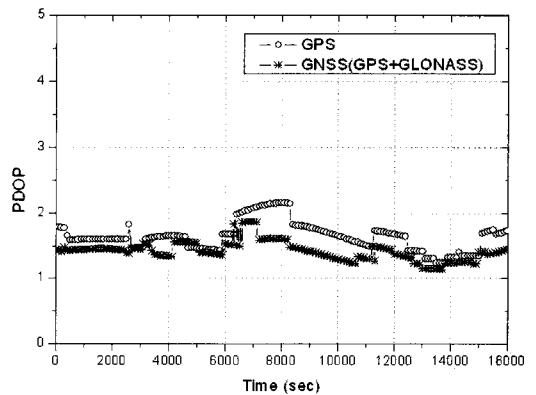


그림 7. PDOP 비교 분석(4시간 30분)
Fig. 7 Analysis of PDOP(4h 30m)

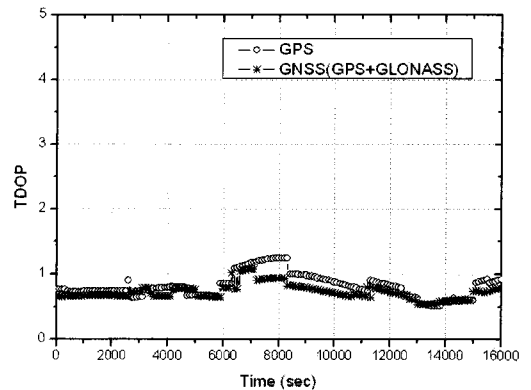


그림 8. TDOP 비교 분석(4시간 30분)
Fig. 8 Analysis of TDOP(4h 30m)

IV. 결 론

본 논문에서는 GPS 위성의 DOP 향상을 위하여 GPS 위성, GLONASS 위성의 신호를 함께 이용하여 통합 GNSS 시스템을 구축하고 DOP 향상 정도를 분석하였다. 데이터 분석결과 단독 GPS 사용시 보다 통합 GNSS 시스템이 0.3 ~ 0.8 정도의 우수한 GDOP, 0.2 ~ 0.6 정도의 우수한 PDOP, 0.1 ~ 0.3 정도의 우수한 TDOP 향상을 알 수 있었다. 결과적으로 고정밀의 위치정보를 얻을 수 있을 것이며, 위성신호 사용의 안정성을 높이고, 보다 넓은 주파수 대역의 활용으로 위성신호의 재밍에 보다 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] K. S. Ko, "A Basic Study on the Jamming Mechanism and Characteristics against GPS/GNSS Based on Navigation Warfare," *Korea Institute of Navigation and Port Research*, vol. 34, no. 2, pp. 97-99, March 2010.

[2] 고광섭, "GNSS 구축환경 변화와 현대무기체계에의 항법기술 사용전략," 한국해양정보통신학회 논문지, 제14권, 제1호, pp. 267- 275, 2010년 1월.

[3] Galileo : <http://www.galileoju.com>

[4] European Space Agency: <http://www.esa.int>

[5] GPS worlds: <http://www.gpsworld.com>

[6] GLONASS: <http://www.glonass-center.ru>

[7] P. Banerjee, A. Bose, and A. Dasgupta, "The Usefulness of GLONASS for Positioning in the Presence of GPS in the Indian Subcontinent," *J. of Navigation*, vol. 55, no. 1, pp. 463-475, 2002.

[8] E. D. Kaplan, *Understanding GPS Principles and Applications*, MA: Artec House, pp. 39-47, 1996.

[9] E. Kaplan and C. Hegarty, *Introduction to GPS, 2nd-ed.*, MA: Artec House, pp. 8-10, pp. 57-60, 2006.

[10] B. Hofmann-Wellenof, H. Lichtenegger, and J. Collins, *GPS Theory and Practice, 4th-ed.*, New York: Springer-Verlag Wien, pp. 256- 264, 2001.

[11] D. J. Jwo and K. P. Chin, "Applying Back-propagation Neural Networks to GDOP Approximation," *J. of Navigation*, vol. 55, no. 1, pp. 97-108, 2002.

[12] P. D. Groves, *Principles of GNSS, Inertial and Multisensor Integrated Navigation Systems*, MA: Artech House, pp. 196-211, 2008.

[13] A. H. Phillips, "Geometrical Determination of PDOP," *J. of Navigation*, vol.31, no. 4, pp. 329-333, Winter 1984-85.

저자소개



최창묵(Chang-Mook Choi)

1996년 해군사관학교 기계공학과 (공학사)
2001년 군사과학대학원
해양공학과 (공학석사)

2008년 한국해양대학교 전파공학과 (공학박사)
2003년~현재 해군사관학교 교수

※ 관심분야: 전파/위성항법, 전파흡수체 개발



고광섭(Kwang-Soob Ko)

1979년 해군사관학교 (공학사)
1983년 한국해양대학교(공학석사)
1991년 미 클락슨대 전자공학과
(공학박사)

1983년~2008년 해군사관학교 교수
2008년~현재 해군대학 명예교수
2009년~현재 해군사관학교 명예교수 및 강의교수

※ 관심분야: 전파/위성항법, 해양통신