

다중 기준국을 이용한 UDRE 추정기법 성능해석

† 박상현* · 서기열* · 신미영*

* 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 GNSS 연구센터

요 약 : 사용자 의사거리 보정 잔차(UDRE)는 위성항법보정정보의 측위성능을 예측하는데 이용하는 매우 중요한 무결성 감시정보이다. 위성항법보정정보 사용자는 위성별로 제공되는 사용자 의사거리 보정 잔차 정보를 이용하여 목표로 하는 측위성능을 보장할 수 있는지 여부를 계산하고, 이 결과를 반영하여 위성항법보강시스템의 보정정보를 사용할지 아니면, 무시할지를 판단한다. 즉, 사용자 의사거리 보정 잔차는 위성별로 제공되는 보정정보를 이용하여 보정을 한 후에도 제거되지 않고 남는 위성과 사용자 수신기 간의 통계학적 거리 오차로서 가우시안 분포를 갖는다고 본다. 따라서 동일한 위성항법신호 환경이라도 위성항법보강시스템의 종류와 응용분야별로 다르게 설정되는 측위성능의 보장 수준에 따라 사용자 의사거리 보정 잔차는 다른 값을 갖게 된다. 본 논문은 위성항법보강시스템의 무결성 감시성능에 영향을 미치는 사용자 의사거리 보정 잔차 추정기법의 성능해석을 목적으로 다중 기준국 원시정보를 이용한 사용자 의사거리 보정 잔차 추정기법 구조분석과 영향력을 소개하고, 성능에 영향을 미치는 인자와 사용자 의사거리 보정 잔차 추정성능의 지표에 대해 정의한다. 그리고 마지막으로 성능해석의 방법을 제안하고, 타당성을 검증한다.

핵심어 : 위성항법보강시스템, 다중 기준국, 사용자 의사거리 보정 잔차, 무결성, 가용성

1. 서론

위성항법시스템의 측위성능 향상이 목적인 위성항법보강시스템은 측위 정확도를 향상시키는 기능인 측위 보정정보 제공 뿐만 아니라 제공하는 측위 보정서비스의 무결성 정보를 제공하여야 한다. 여기서 무결성 정보는 위성항법보강시스템이 제공하는 측위 보정정보를 사용자가 이용하였을 때에 목표로 하는 측위성능을 보장할 수 있는지를 예측하는데 이용된다. 이런 이유로 무결성 감시기능은 위성항법보강시스템이 갖춰야 할 필수 기능이라고 말할 수 있다.

위성항법보강시스템에서 추정하는 사용자 의사거리 보정 잔차(UDRE: User Differential Range Error)는 사용자가 위성항법보정정보의 측위성능을 예측하는데 이용하는 매우 중요한 무결성 감시정보이다. 위성항법보정정보 사용자는 위성별로 제공되는 사용자 의사거리 보정 잔차 정보를 이용하여 목표로 하는 측위성능을 보장할 수 있는지 여부를 계산하고, 이 결과를 반영하여 위성항법보강시스템의 보정정보를 사용할지 아니면, 무시할지를 판단한다. 즉, 사용자 의사거리 보정 잔차는 위성별로 제공되는 보정정보를 이용하여 보정을 한 후에도 제거되지 않고 남는 위성과 사용자 수신기 간의 통계학적 거리 오차로서 가우시안 분포를 갖는다고 본다. 따라서 동일한 위성항법신호 환경이라도 위성항법보강시스템의 종류에 따라, 응용분야별로 다르게 설정되는 측위성능의 보장 수준에 따라, 사용자 의사거리 보정 잔차는 다른 값을 갖게 된다.

사용자 의사거리 보정 잔차는 사용자가 아닌 보정정보를 생성하는 위성항법보강시스템, 즉 보정서비스 제공부에서 추정하는 값이므로 추정오차가 발생하게 되며, 사용자 의사거리 보정 잔

차의 추정오차는 사용자 의사거리 보정 잔차를 참값보다 작게 또는 크게 만든다. 참값보다 큰 사용자 의사거리 보정 잔차는 위성항법보강시스템의 무결성 성능은 좋게 만들지만, 측위성능을 보장함에도 불구하고 무결성 오염 상황으로 판단하게 하는 경우의 수를 증가시킴으로써 보정서비스의 가용성을 저하시키는 문제를 일으킨다. 반대로 참값보다 작은 사용자 의사거리 보정 잔차는 위성항법보강시스템의 보정서비스 가용성을 향상시키는 장점은 있으나, 측위성능을 보장하지 못함에도 불구하고 무결성 유지 상황으로 인식하게 하는 경우의 수를 증가시켜서 보정서비스의 무결성을 저하시키는 문제를 일으킨다.

본 논문은 위성항법보강시스템의 무결성 감시성능에 영향을 미치는 사용자 의사거리 보정 잔차 추정기법의 성능해석을 목적으로 다중 기준국 원시정보를 이용한 사용자 의사거리 보정 잔차 추정기법의 구조분석과 영향력을 소개하고, 성능에 영향을 미치는 인자와 사용자 의사거리 보정 잔차 추정성능의 지표에 대해 정의한다. 그리고 마지막으로 성능해석의 방법을 제안하고, 타당성을 검증한다.

2. 기존 UDRE 추정방법

사용자 의사거리 보정 잔차는 위성항법보강시스템에서 위성별로 제공되는 보정정보를 이용하여 의사거리를 보정한 후에도 제거되지 않고 남는 위성과 사용자 수신기 간의 통계학적 거리 오차이다. 따라서 위성항법보강시스템에 관한 연구초기부터 사용자 의사거리 보정 잔차에 관한 연구도 함께 시작되었다. 사용자 의사거리 보정 잔차에 관한 기존 연구결과에는 크게 3 부문, ‘사용자 의사거리 보정 잔차가 위성항법보강시스템에 미치는 영

† 대표저자: 박상현(정회원), shpark@moeri.re.kr 042)866-3681

향과 이용' 연구부문, '사용자 의사거리 보정 잔차 추정' 연구부
 문, '사용자 의사거리 보정 잔차에 영향을 주는 요소와 해석' 연
 구부문으로 나눌 수 있다. 이상과 같은 연구부문 중에서 '사용자
 의사거리 보정 잔차가 위성항법보강시스템에 미치는 영향과 이
 용' 연구부문은 가장 많은 연구가 이루어진 부문으로써 1996년
 Kovach가 발표한 사용자 의사거리 보정 잔차의 중요성에 관한
 연구결과를 시작으로 현재에 이르기까지 지속적으로 연구가 수
 행되고 있다(Kovach 1996). '사용자 의사거리 보정 잔차가 위성
 항법보강시스템에 미치는 영향과 이용' 연구부문에서는 사용자
 의사거리 보정 잔차가 위성항법보강시스템의 성능을 판가름하
 는 중요한 요소임을 보이고, 사용자 의사거리 보정 잔차 추정치
 의 효과적인 이용에 관한 연구결과를 발표해 왔다. 특히 연구초
 기, Kovach과 Sardón는 사용자 의사거리 보정 잔차가 보정정보
 의 측위성능을 예측하는데 이용되는 매우 중요한 감시정보이며,
 보정정보 사용자는 위성별로 제공되는 사용자 의사거리 보정 잔
 차 정보를 이용하여 목표로 하는 측위성능을 보장할 수 있는지
 여부를 계산하고, 이 결과를 반영하여 위성항법보강시스템의 보
 정정보를 사용할지 아니면, 무시할지를 판단하기 때문임을 강조
 하였다.

'사용자 의사거리 보정 잔차 추정' 연구부문은 위성항법보강
 시스템의 성능에 영향을 미치는 사용자 의사거리 보정 잔차를
 어떻게 효과적으로 추정할 것인지에 대한 부문으로써 미국에서
 운영하는 위성기반 위성항법보강시스템인 WAAS의 MOPS 문
 서에서 제안한 방법을 바탕으로 연구되었다(Tsai, 1999). 따라서
 이들 연구결과를 MOPS에서 제안한 방법의 변형 또는 보완 알
 고리즘이라고 말할 수 있다. 마지막으로 '사용자 의사거리 보정
 잔차에 영향을 주는 요소와 해석' 연구부문은 앞서 살펴본 연구
 부문 중에서 가장 적은 연구가 이루어진 부문으로써 Hwang과
 Pandya가 사용자 의사거리 보정 잔차를 해석적으로 이해하려는
 시도를 시작으로 현재는 실제 측정정보를 이용하여 사용자 의사
 거리 보정 잔차를 분석한 연구결과가 발표되고 있다.

Fig. 1은 전형적인 다중 기준국 기반 사용자 의사거리 보정
 잔차 추정기법의 구조로서 위성궤도와 위성시계 오차를 추정하
 는 과정에서 생성된 오차 공분산과 측정잡음 공분산을 이용하여
 사용자 의사거리 보정 잔차를 생성함을 보여준다.

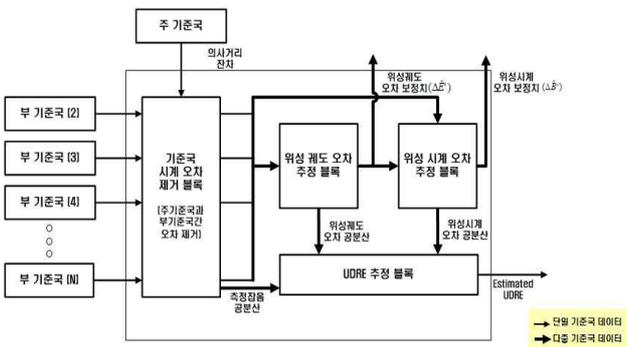


Fig. 1 The conventional method for UDRE estimation.

3. UDRE 추정 성능해석

가중 최소 자승법으로 위성궤도 오차를 추정할 경우에 사용자
 의사거리 보정 잔차의 하한경계는 스칼라 간략을 통해 다중 기
 준국의 수(m)와 의사거리 원시정보 측정잡음(σ_R)의 식 (1)과 같
 이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma(UDRE) &= \frac{k}{\sqrt{2}} \sigma_R \cdot \sqrt{2} PDOP \\ &\geq \sqrt{9} k \cdot \sigma_R \frac{1}{\sqrt{m}} \end{aligned} \quad (1)$$

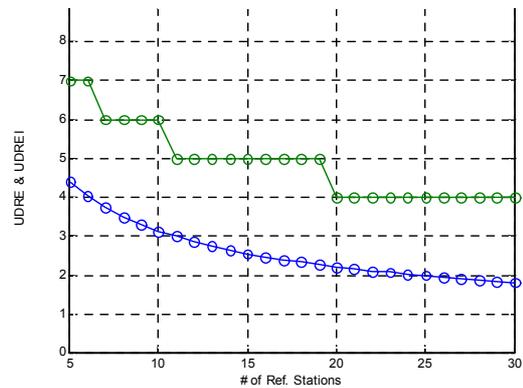


Fig. 2 The lower bound on UDRE.

4. 결 론

본 논문은 위성항법보강시스템의 무결성 감시성능에 영향을
 미치는 사용자 의사거리 보정 잔차 추정기법의 성능해석을 위해
 전형적인 다중 기준국 기반 추정기법의 구조를 소개하였다. 그
 리고 사용자 의사거리 보정 잔차 추정기법의 성능해석 방법으로
 사용자 의사거리 보정 잔차의 하한경계를 제시하였다.

후 기

본 연구는 기초기술연구회의 지원으로 수행 중인 연구개발
 과제(PGS2330)와 한국해양연구원의 지원으로 수행 중인 연구
 개발과제(PES1470)의 연구결과 중 일부를 밝힌다.

참 고 문 헌

[1] Kovach, K., Huffman, L. (1996), "The Importance of Accurate UDRE Estimates," Proceeding of the 1996 National Technical Meeting of the ION, pp.855-869.
 [2] Tsai, Y.-J. (1999), "Wide Area Differential Operation of The Global Positioning System Ephemeris and Clock Algorithms," Ph.D. Dissertation of Stanford University.