

해양용 DGPS 구조개선을 위한 RSIM 설계에 관한 연구

박상현† · 서기열* · 조득재** · 서상현***

†, *, **, *** 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

A Study on Design of Reference Stations and Integrity Monitors for Maritime DGPS Recapitalization

Sang-Hyun Park† · Ki-Yeol Seo* · Deuk-Jae Cho** · Sang-Hyun Suh***

†, *, ** Senior Research Engineer, Korea Ocean Research & Development Institute, Daejeon 305-343, Korea
*** Principle Research Engineer, Korea Ocean Research & Development Institute, Daejeon 305-343, Korea

요 약 : 현재 운영되고 있는 해양용 DGPS 시스템은 하드웨어 RSIM 방식으로서 DGPS 구조개선시 고려해야 할 위성항법시스템의 다원화와 미래 해양 사용자의 최소 요구성능을 만족시킬 수 있는 기술 적용에 효율적이지 못하다는 문제가 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 소프트웨어 RSIM 방식으로 해양용 DGPS 시스템을 구조개선하는 방안을 연구한다. 이를 위해 본 논문은 해양용 DGPS 시스템에 적합한 소프트웨어 RSIM 방식을 제안하고, 제안한 방법의 기술적 타당성 분석을 위하여 광대역폭, 높은 표본화 주파수, 데이터 고속전송 사양을 갖는 RF 모듈과 DSP 모듈을 제작하며, 이를 이용하여 제안한 방법을 적용한 해양용 DGPS 시스템을 구현한다. 그리고 신호처리 소요시간 분석을 통하여 개인용 컴퓨터 환경에서 제안한 소프트웨어 RSIM 방식이 실시간으로 운영됨에 문제가 없음을 보인다. 마지막으로 본 논문은 제안한 방법으로 설계된 DGPS 시스템의 보정정보 정확도가 RTCM 221-2006-SC104-STD을 통해 규정된 국제기구 요구성능을 만족시키고 있음을 확인한다.

핵심용어 : 구조개선, 해양 위성항법보정시스템, 소프트웨어 기준국·감시국, 소프트웨어 수신기

Abstract : Hardware dedicated off-the-shelf maritime differential GPS RSIM lacks the open architecture to meet all the minimum maritime user requirements and to include future GNSS improvements after recapitalization. This paper carries out a study to replace existing hardware dedicated differential GPS RSIM with software differential GPS RSIM in order to make up the weak point of hardware dedicated off-the-shelf maritime differential GPS RSIM. In this paper, the architecture of software RSIM is proposed for maritime DGPS recapitalization. And the feasibility analysis of the proposed software differential GPS RSIM is performed as the first phase to realize the proposed architecture. For the feasibility analysis, the prototype RF module and DSP module are implemented with properties as wide RF bandwidth, high sampling frequency, and high speed transmission interface. This paper shows that the proposed architecture has the possibility of real time operation of software RSIM functionality onto the PC-based platform through the analysis of computation time. Finally, this paper verifies that the L1/L2 dual frequency software differential RSIM designed according to the proposed method satisfies the performance specifications set out in RTCM paper 221-2006-SC104-STD.

Key words : Recapitalization, Maritime DGPS, Software RSIM, Software Defined Radio

1. 서 론

현재 항해용 위성항법 보정기법으로 유일하게 이용되고 있는 Differential GPS(DGPS) 기법은 보정정보의 양이 많지 않아 정보전송에 부담이 없고, 사용자가 수신된 의사거리(Pseudorange) 오차 보정정보를 이용하여 측위 정확도를 쉽게 향상시킬 수 있다는 장점 때문에 해양분야 뿐만 아니라 육상 및 항공분야에서도 널리 이용되고 있다. 우리나라에서는 국제해사기구의 권고에 따라 1999년 8월 서해권 DGPS 정보전송 서비스를 시작으로 선박의 안전한 항해를 위해 DGPS 정보를 국내 연안과 도서지

역에 실시간으로 송신하고 있으며, 내륙으로의 GPS 보정 서비스 확장을 위해 무주, 영주, 평창, 성주, 충주에 DGPS 정보 서비스 기간시설을 구축하였고, 지난 2009년 7월 춘천에 추가 설치함으로써 국가 DGPS 서비스망 구축을 완료하였다.

국제항로표지협회는 해양용 DGPS 시스템의 핵심구성 요소인 기준국과 감시국의 장비 내구연한을 10년으로 규정하고 있다. 이에 따라 최근에는 우리나라를 비롯하여 미국, 영국 등 주요 선진국을 중심으로 기준국·감시국(Reference Station and Integrity Monitor: RSIM) 장비의 10년 내구연한 도래에 따른 DGPS 구조개선(Recapitalization)에 관한 연구가 주목받고 있

† 교신저자 : 박상현(정회원), shpark@moeri.re.kr 042)866-3681
* 서기열(정회원), vito@moeri.re.kr 042)866-3684
** 조득재(정회원), djcho@moeri.re.kr 042) 868-7282
*** 서상현(정회원), shsuh@moeri.re.kr 042)866-3680

다. 특히 국제항로표지협회는 미국의 GPS 이외에 유럽연합의 GALILEO, 러시아의 GLONASS, 중국의 COMPASS 등 위성항법시스템의 다원화 이후에도 위성항법시스템만을 이용한 단독(Standalone) 측위로는 국제해사기구에서 권고한 위성항법시스템의 최소 요구성능을 충족시킬 수 없다는 측면에서 DGPS 시스템이 위성항법시스템의 다원화를 고려하여 보정서비스를 해야 한다고 권고하고 있다(IALA, 2006).

현재 운영되고 있는 해양용 DGPS 시스템은 하드웨어 RSIM 방식으로서 보정정보를 생성하고, 생성된 보정정보의 무결성을 감시하기 위해 RSIM 전용 하드웨어를 사용한다. 따라서 하드웨어 RSIM 방식은 DGPS 시스템의 설계 및 구축이 용이하다는 장점을 갖는다. 그러나 하드웨어 RSIM 방식은 DGPS 구조개선시 고려해야 할 위성항법시스템의 다원화와 미래 해양 사용자의 최소 요구성능을 만족시키기 위해서 전용 하드웨어로 구성된 기준국과 감시국의 장비 전체를 교체해야 한다. 이러한 하드웨어 RSIM 방식의 문제를 해결하기 위해 최근 5년간 활발한 연구가 진행되었으며, 특히 미국에서 해양용 DGPS 시스템을 관할하는 미국해안경비대의 명령제어엔지니어링센터(USCG C2CEN)에서는 소프트웨어 RSIM 방식을 제안하고, 구조개선 측면에서 발생하는 하드웨어 RSIM 방식의 비효율성을 해결하고자 하였다(Ferguson, 2004, 2008; Cleveland, 2005). 그러나 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식 역시, 위성항법시스템의 다원화에 대응하기 위해 고가의 위성항법수신기를 교체해야 하는 문제가 있고, 이러한 문제는 Software Defined Radio (SDR) 기반 소프트웨어 RSIM 방식을 적용하였을 때 완벽하게 해결된다(Pattinson, 2007). 그러나 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식은 현재 기술수준으로는 구현하기 어렵다는 문제가 있으며, 이런 이유로 현재까지는 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식이 하드웨어 RSIM 방식의 문제를 해결하는 가장 현실적인 방안으로 인식되고 있다.

본 논문에서는 이상과 같이 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식의 단점을 해결하고, 현재 기술로 구현이 가능한 하이브리드형 SDR 기반 RSIM 방식을 제안한다. 본 논문은 제안한 방법이 하이브리드형 SDR를 적용함으로써 DGPS 구조개선시에 교체해야 할 하드웨어를 최소화하여 위성항법시스템의 다원화와 미래 기술 적용시에 효율적으로 대응할 수 있음을 보인다. 그리고 제안한 방법이 SDR 기반 방식임에도 불구하고, 구현이 가능함을 신호처리 소요시간 분석과 계산된 보정정보 정확도 분석을 통해 확인한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 해양용 DGPS 시스템에 대해서 소개하고, 기존 RSIM 방식으로는 장비 내구연한 도래에 따른 구조개선을 위해 고려해야 할 사항을 충분히 만족시키지 못하는 문제가 있음을 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식을 소개하고, 제안한 RSIM 방식이 구조개선 측면에서 효율적인 방법임을 예를 들어 설명한다. 4장에서는 제안한 방법의 실시간 운영 가능성을 분석하기 위해 제작한 Radio Frequency(RF) 모듈과 Digital Signal Processor (DSP) 모듈에 대해 설명하고, 제안한 RSIM 방식이 개인용 컴

퓨터 환경에서 실시간으로 운영됨에 문제가 없으며, 국제기구에서 규정한 요구성능을 만족시키는 보정정보를 생성함을 확인한다. 그리고 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 기존 해양용 DGPS 시스템과 구조개선

해양용 DGPS 시스템은 DGPS 사용자의 측위정확도 향상을 위해서 RTCM SC-104 형식규약에 따라 DGPS 정보를 생성하고, 이를 MSK 변조하여 송신한다. 여기서 DGPS 정보는 측위정확도 향상을 위한 GPS L1 C/A코드 의사거리 보정정보 이외에 DGPS 시스템의 상태정보와 의사거리 보정정보에 대한 무결성 감시 결과를 포함한다. Fig. 1은 하드웨어 RSIM 방식의 기존 해양용 DGPS 시스템 구조이다.

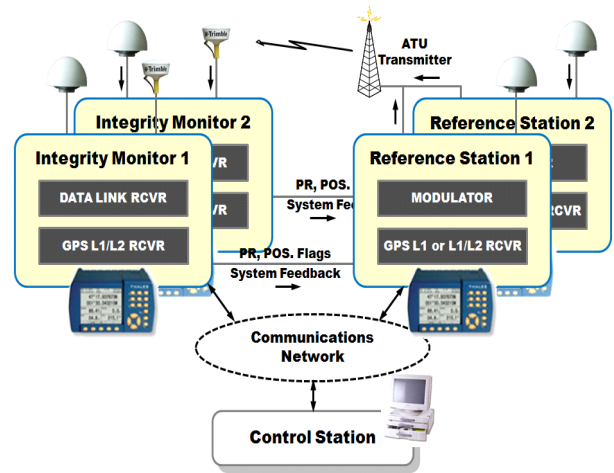


Fig. 1 The architecture of hardware RSIM for maritime DGPS.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 기존 DGPS 시스템은 기준국, 감시국과 제어국(Control Station)으로 구성되며, 제어국은 기준국과 감시국 장비를 통제함으로써 송신할 GPS 보정정보의 종류, 전송주기, 무결성 감시 항목의 문턱값 등을 설정하는 역할을 수행한다. 일반적으로 기준국과 감시국은 고장에 대비하여 이중화하며, 기존 해양용 DGPS 시스템의 기준국은 RTCM 규약에 따라 GPS 보정정보를 생성하는 DGPS L1/L2 이주파 수신기와 생성된 보정정보를 중파 대역으로 MSK 변조하는 변조기로 구성된다. 감시국은 송신한 GPS 보정정보를 수신하여 GPS 보정정보만을 추출해 내는 복조기와 추출된 GPS 보정정보의 무결성을 감시하는 DGPS L1 또는 L1/L2 수신기로 이루어진다.

구조개선 이후 DGPS 시스템은 적어도 내구연한 10년 안에 발생하는 Galileo, GPS L2C, GLONASS-M와 같은 신규 위성항법시스템에 대응하여 해당 위성항법시스템의 보정정보를 서비스할 수 있어야 하고, 보정 서비스의 성능을 향상시키기 위해 개발되는 신기술을 적용할 수 있어야 한다. 그러나 하드웨어 RSIM 방식은 앞서 설명한 바와 같이 내부 구조를 알 수 없는 빌딩 블록(Building Block) 형태의 전용 하드웨어에 의존하므로 내구연한 중에 발생하는 위성항법시스템의 다원화와 신기술을

적용하기 위해 내구연한 이전에 하드웨어 장비 전체를 관련 기능과 성능을 만족시키는 장비로 교체해야 한다. 이런 이유로 최근 5년간 하드웨어 RSIM 방식보다 효율적으로 DGPS 시스템을 구조개선하기 위한 방안이 다양하게 연구되었다(Ferguson, 2004, 2008; Cleveland, 2005; IALA, 2006; Pattinson, 2007). 이 중에서 Fig. 2와 같이 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식은 현재 기술수준에서 적용할 수 있는 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다.

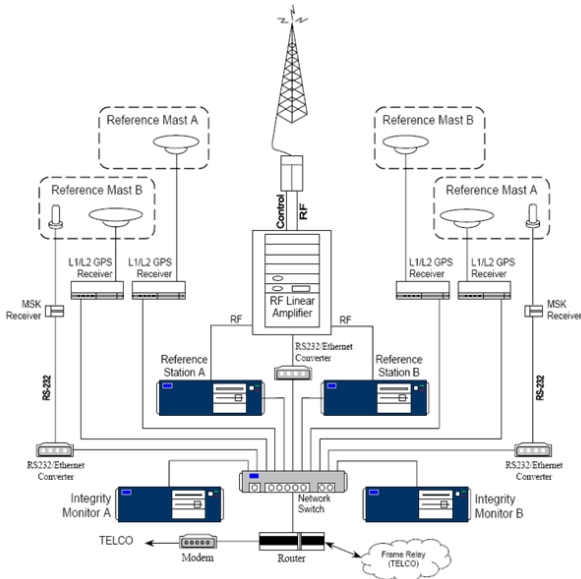


Fig. 2 The architecture of software RSIM proposed by Ferguson et al. (2004).

Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식은 RSIM 전용 하드웨어를 사용하는 대신에 상용 위성항법수신기를 사용한다. 그리고 위성항법수신기에서 출력되는 의사거리, 반송파 정보와 같은 원시정보를 개인용 컴퓨터에서 전송 받아서 컴퓨터에 탑재된 소프트웨어가 기준국 기능과 감시국 기능을 수행하는 방법이다. 따라서 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식은 구조개선 이후 내구연한 중에 발생하는 변화에 대해 하드웨어 장비로는 위성항법수신기만을 교체하고, 보정정보 생성과 무결성을 감시하는 기능은 소프트웨어를 업그레이드함으로써 하드웨어 RSIM 방식보다 보다 유연하게 대응할 수 있다는 장점을 갖는다. 그러나 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식 역시 운용중인 위성항법수신기를 GALILEO, COMPASS와 같이 새로운 위성항법시스템이 본격 서비스될 때마다 해당 시점에 맞춰 개발되는 고가의 상용 복합 위성항법수신기로 교체해야 하는 문제가 있다.

SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식은 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식이 가지고 있는 하드웨어 교체 문제를 해결하는 이상적 방법으로 위성항법수신기도 소프트웨어로 구현하여 구조개선 이후 내구연한 안에 발생하는 변화에 오직 소프트웨어 업그레이드만으로 대응할 수 있는 방법이다. 그러나

SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식의 문제는 위성항법수신기를 소프트웨어로 구현하는 SDR에 있다. 즉 위성항법수신기를 소프트웨어로 구현하기 위해서는 광대역의 RF 신호를 높은 표본화 주파수로 샘플링해야 하고, 이때 취득된 정보를 소프트웨어가 처리해야 하는 데 취득된 정보의 양이 너무 많아서 현재 기술수준으로는 실시간으로 처리하는 것이 불가능하다. 이런 이유에서 현재는 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식보다 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식을 DGPS 구조개선을 위한 최선의 방안으로 인정하고 있다.

3. 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM

본 논문에서는 기존 소프트웨어 RSIM 방식의 한계를 극복할 수 있는 방법으로 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식을 제안한다. 제안하는 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식은 Fig. 3과 같이 크게 2가지, RF 모듈과 개인용 컴퓨터에 탑재되는 RSIM 처리모듈로 구성되고, RSIM 처리 모듈은 컴퓨터에 내장되는 PCI 카드 타입의 상관기(Correlator)와 MSK 변·복조기 그리고 SDR/RSIM 소프트웨어로 이루어진다.

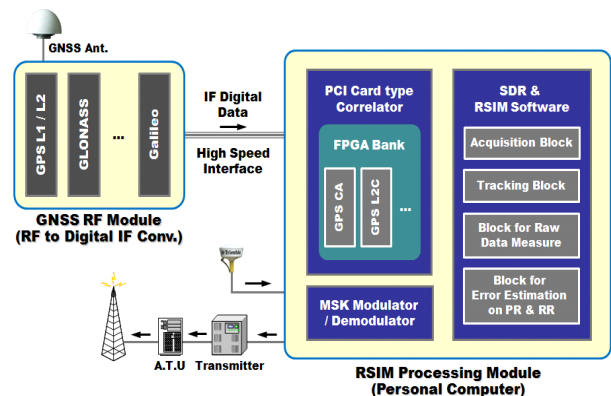


Fig. 3 The architecture of the proposed hybrid-type SDR based software RSIM.

여기서 RF 모듈은 위성항법신호를 수신하여 이산화된 Immediate Frequency(IF) 신호로 변환하는 기능과 이산화된 IF 신호를 개인용 컴퓨터에 탑재된 RSIM 처리모듈에 USB 2.0이나 IEEE 1394와 같은 고속 통신방식으로 전달하는 역할을 한다. RSIM 처리모듈은 PCI 카드 타입의 상관기와 SDR/RSIM 소프트웨어의 위성신호 초기획득 블록(Acquisition Block)과 신호추적 블록(Tracking Block)을 이용하여 RF 모듈로부터 전달 받은 이산화된 IF 신호로부터 수신된 위성항법신호를 추출해 내고, 원시정보 측정 블록(Block for Raw Data Measure)을 이용하여 수신된 위성의 의사거리, 반송파 주파수, 반송파 위상 등을 계산한다. 마지막으로 RSIM 처리모듈의 원시정보 오차 추정 블록(Block for Error Estimation on PR and RR)은 계산된 원시정보와 미리 측정된 DGPS 시스템의 정밀위치정보를 이용하여 의사거리 보정정보(PRC)와 의사거리 변화율 보정정

보(RRC)를 생성하고, 생성한 보정정보의 무결성을 감시하며, 그 결과를 RTCM SC-104 형식 규약에 맞춰 MSK 변·복조기에 전송하는 기능을 수행한다.

제안한 소프트웨어 RSIM 방식은 RF 모듈을 제외하고, 모두 소프트웨어로 업그레이드할 수 있다는 특징이 있다. 특히 위성항법수신기를 SDR로 구현하였을 때에 가장 많은 계산량을 차지하는 상관기 부분을 하드웨어로 처리하여 계산량의 부담을 줄이고, 상관기를 Field Programmable Gate Array(FPGA)로 구현하여 필요시 소프트웨어로 자유롭게 상관기 구조를 변경할 수 있게 하였다. 따라서 제안한 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식은 DGPS 구조개선 이후 발생하는 변화에 대해 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식보다 적은 하드웨어 교체, 즉 RF 모듈 교체만으로 대응할 수 있다. 또한 SDR과 동일하게 위성신호를 개인용 컴퓨터에서 소프트웨어로 처리함에도 불구하고, 현재 기술로 구현이 가능하다는 특징을 갖게 된다.

예로서 본 논문에서 제안한 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식은 L2C 의사거리에 대한 보정정보를 제공하기 위해서 L2C 코드를 신호처리하기 위한 SDR/RSIM 소프트웨어와 FPGA로 구현된 PCI 카드 타입 상관기를 하드웨어 장비 교체없이 소프트웨어 업그레이드만하면 된다. 반면에 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식은 L2C 원시정보를 얻기 위해 기존의 위성항법수신기를 GPS L2C 신호도 처리할 수 있는 위성항법수신기로 교체해야 하는 단점이 발생한다. 또 다른 예로서 2013년 이후 본격서비스가 예상되는 Galileo 위성항법서비스의 경우에 제안한 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식은 Galileo L1F 의사거리에 대한 보정정보를 제공하기 위해서 RF 모듈에 대한 하드웨어 장비교체와 함께 Galileo 위성신호처리를 위한 SDR/RSIM 소프트웨어와 FPGA로 구현된 PCI 카드 타입 상관기를 소프트웨어 업그레이드하면 된다. 그러나 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 방식에서 교체해야 하는 RF 모듈을 포함한 더 큰 범위의 하드웨어 장비인 위성항법수신기를 Galileo 신호처리가 가능한 장비로 교체해야 한다. 정리하면, 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 방식은 DGPS 구조개선 이후 내구연한 안에 발생하는 변화에 대해 기존에 Ferguson이 제안한 소프트웨어 RSIM 보다 더 적은 하드웨어 교체만으로 대응할 수 있다는 강점을 갖는다.

4. 타당성 분석

4.1 실시간 운영 가능성 분석

본 논문은 제안한 방법이 SDR 기반 방식임에도 불구하고, 실시간 운영이 가능함을 검증하기 위해서 GPS L1/L2 이주파 8MHz 대역폭 사양을 갖는 RF 모듈을 제작하였다. 그리고 DSP 모듈은 GPS L1/L2 수신기의 상관기 블록을 이용하여 USB 인

터페이스를 통해 22MHz의 표본화 주파수로 전송되는 2-bit IF 정보를 처리할 수 있도록 제작하고, Fig. 4와 같은 성능 검증용 플랫폼을 구현하였다.

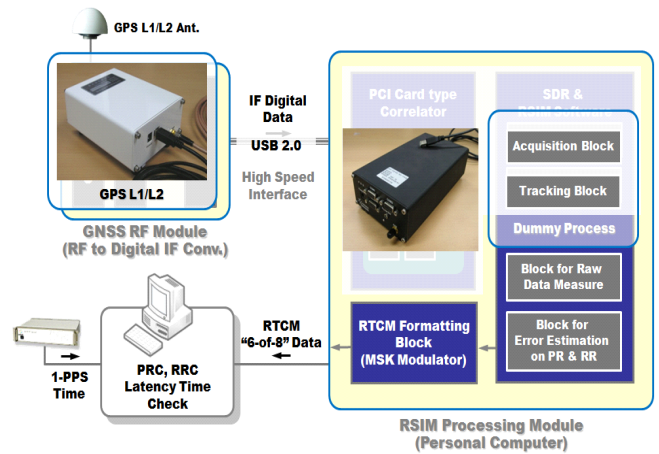


Fig. 4 The experiment setup for the possibility analysis of real-time operation.

본 논문은 제안한 방법이 SDR 기반의 소프트웨어 RSIM 방식이 갖는 약점인 비 실시간 동작 문제를 극복한 방법인지 여부를 확인하기 위해서 이상과 같이 제작한 RF 모듈과 DSP 모듈을 이용하여 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식의 DGPS 시스템을 구현하고, 구현한 DGPS 시스템의 MSK 변·복조기에서 출력되는 RTCM SC-104 형태의 출력데이터가 국제기구에서 규정한 최대 지연시간(1초) 이내에 출력되는지 확인하였다. 매 1초마다 RTCM SC-104의 타입-1 출력되는 출력하게 하고, 출력-1 출력되는 시각력되(Modified Z-Count)와 별도의 GPS 수신기로부터 RT받은 10×10^{-6} sec이내의 오차는 갖는 1 PPS(Pulse-per-Second)와 약 24시간 동안 비교분석하였다. 총 100,000회의 출력된 출력을 분석한 결과, 구현 -1DGPS 시스템은 단 구 번도 끊김이 없이 타입-1 출력되는 매초 출력하고, 최대 출력된 출력 지연은 0.8초, 평균 출력된 출력 지연은 0.6초 인 것으로 분석되었다. 이 결과는 제안한 방법이 SDR 기반 방식임에도 불구하고, 실시간 운영이 가능한 방법임을 확인시켜 준다.

4.2 보정정보 정확도 분석

다음으로 본 논문은 제안한 방법으로 보정정보를 생성한 경우에 국제기구가 규정한 보정정보 정확도 성능을 만족시키는지 분석하고, 기존 해양용 DGPS 시스템의 보정정보 정확도와 비교하기 위해 4.1절에서 설명한 RF 모듈과 DSP 모듈로 구성된 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM을 이용하여, Fig. 5와 같은 실험 환경을 구축하였다. 그리고 실제 GPS 환경과 유사한 환경을 만들기 위해 GPS 궤도정보와 SIS(Signal-In-Space) 오차정보를 포함한 RINEX 데이터를 Spirent社의 GPS 시뮬레이터에 입력하고, 매초마다 GPS 시뮬레이터에서 제공하

는 의사거리 보정치 참값(PRC_o), 의사거리 변화를 보정치 참값(RRC_o)을 이용하여 보정치 정보 정확도를 계산하였다.

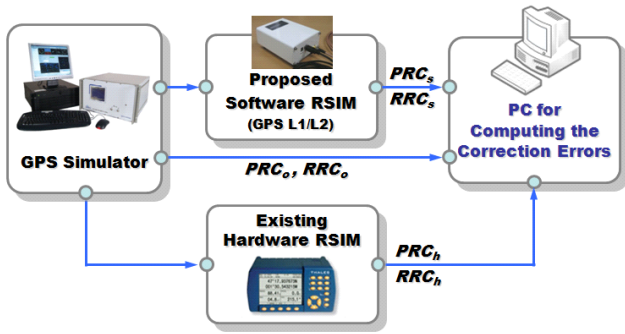
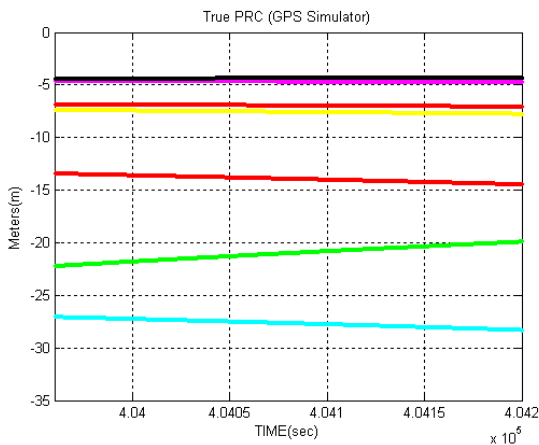
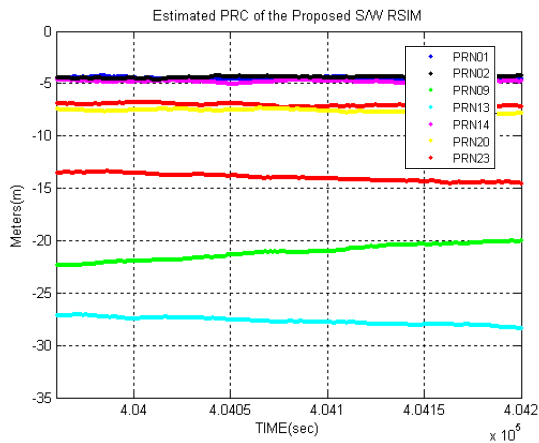


Fig. 5 The experiment setup for the analysis of pseudorange and pseudorange rate correction errors.



(a) True PRC (GPS Simulator)

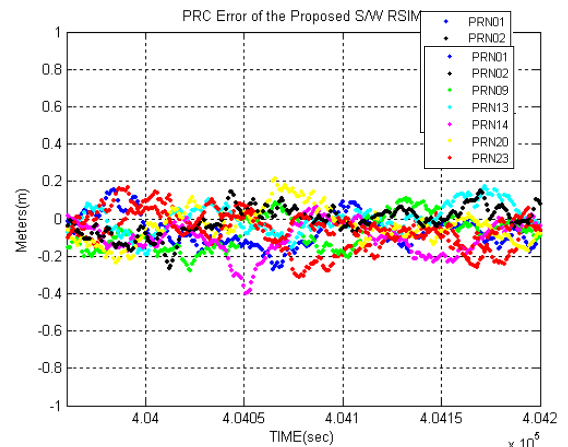


(b) Estimated PRC of the proposed software RSIM

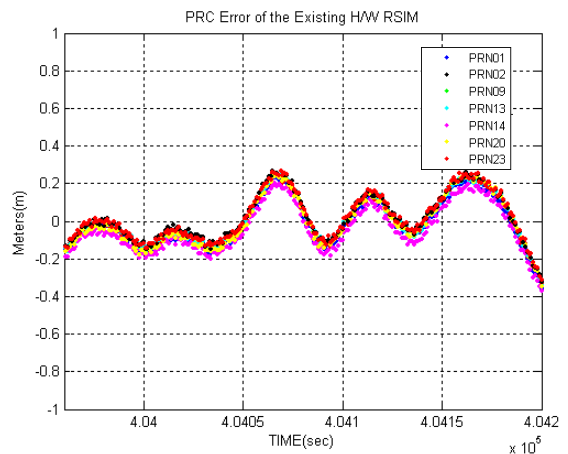
Fig. 6 True PRC and the Estimated PRC of the proposed software RSIM.

Fig. 6은 GPS 시뮬레이터에서 제공하는 의사거리 보정치 참값과 제안한 소프트웨어 RSIM 방식으로 구한 의사거리 보정치이며, Fig. 7은 시뮬레이터에서 제공한 참값을 이용하여 분석한

제안 방법의 의사거리 보정치 정보 정확도와 기존 해양용 DGPS 시스템의 의사거리 보정치 정보 정확도이다. Fig. 7의 의사거리 보정치 정보 정확도를 위성별 분석하면 Table 1과 같이 정리할 수 있다. Table 1은 제안한 방법으로 의사거리 보정치를 생성하는 경우에 보정치 정보 정확도가 국제기구에서 규정한 항해용 의사거리 보정치 정보 오차인 85cm(rms) 이내일 뿐만 아니라 다용도로 규정한 의사거리 보정치 정보 오차인 35cm(rms)도 만족시킴을 확인시켜 주고 있다. 더불어 기존 해양용 DGPS 시스템에서 제공하는 의사거리 보정치 정보 보다 최대 47%, 최소 25% 더 정확한 보정치 정보를 제공하고 있음을 보여준다. 의사거리 변화를 보정치의 정확도는 Fig. 8과 같고, Fig. 8의 의사거리 변화율 보정치 정확도를 위성별로 분석하면 Table 2와 같이 정리된다. Table 2를 통해 알 수 있는 바와 같이 본 논문에서 제안한 방식으로 구한 의사거리 변화율 보정치의 정확도는 국제기구에서 규정한 항해용 의사거리 변화율 보정치 정보 오차인 11cm/sec (rms)와 다용도로 규정한 의사거리 변화율 보정치 정보 오차인 5cm/sec(rms)를 모두 만족하고, 기존 해양용 DGPS 시스템과 비교하여 거의 동일한 정확도의 보정치 정보를 보여준다.



(a) PRC error of the proposed software RSIM



(b) PRC error of the existing hardware RSIM

Fig. 7 PRC errors of the proposed software RSIM and the existing hardware RSIM.

Table 1 Analysis results of PRC estimation error.

GPS SV PRN #	PRC Estimation Error (cm, rms)		Difference (%)
	Proposed Algorithm	Existing System	
01	9.15	16.54	44.7
02	12.27	16.52	25.7
09	8.82	16.63	47.0
13	9.48	16.35	42.0
14	10.79	16.50	34.6
20	9.10	16.29	44.1
23	8.66	16.55	47.7

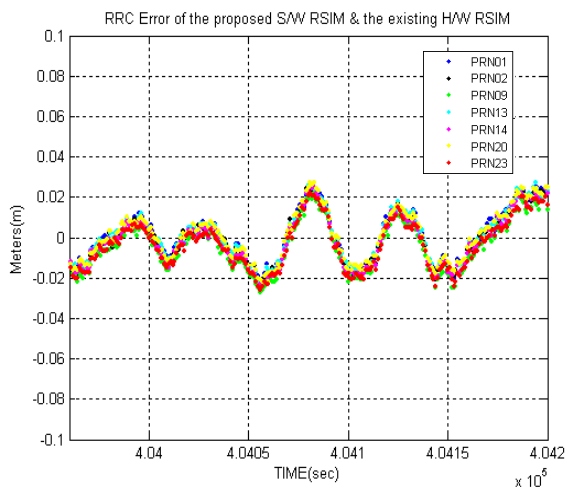


Fig. 8 RRC errors of the proposed software RSIM and the existing hardware RSIM.

Table 2 Analysis results of RRC estimation error.

GPS SV PRN #	RRC Estimation Error (cm/sec., rms)	
	Proposed Algorithm	Existing System
01	1.11	1.11
02	1.12	1.11
09	1.11	1.11
13	1.11	1.11
14	1.11	1.11
20	1.11	1.11
23	1.11	1.11

5. 결 론

본 논문에서는 최근 해양용 DGPS 시스템의 내구연한 10년 도래에 따라 주목받고 있는 DGPS 구조개선에 관한 기존 연구 결과와 주요 쟁점에 대해 소개하고, 기존에 가장 효과적인 DGPS 구조개선 방안으로 알려진 소프트웨어 RSIM 방식이 가

지고 있는 한계에 대해 살펴보았다. 그리고 기존 소프트웨어 RSIM 방식의 단점을 극복하기 위한 방법으로 하이브리드형 SDR 기반 소프트웨어 RSIM 방식을 제안하고, 제안한 방식이 기존 소프트웨어 RSIM 방식과 달리 DGPS 구조개선 시에 교체해야 할 하드웨어를 최소화할 뿐만 아니라 SDR 기반 방식임에도 불구하고, 실시간 운영이 가능하도록 구현이 가능함을 신호처리 소요시간 분석과 보정정보 정확도 분석을 통해 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 소프트웨어 RSIM 방식은 현 기술수준에서 적용할 수 있는 최적의 DGPS 구조개선 방법이라고 할 수 있으며, 향후 본 논문에서 밝힌 기술적 타당성을 근거로 제안한 방법을 적용한 DGPS 시스템을 제작하고, 그 성능을 실제 필드환경에서 검증하는 연구가 필요할 것이다.

후 기

본 연구는 국토해양부의 지원으로 수행된 “국가위성항법보정 시스템 구축 개발”(PMS174A) 과제와 한국해양연구원의 지원으로 수행된 “선박 안전통항 높이 결정을 위한 위성항법기반 수직측위기술 개발”(PES129B) 과제의 연구결과 중 일부임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- [1] Cleveland, A., Wolfe, D., and Parsons, M., (2005), “Next Generation Differential GPS Architecture,” *Proceedings of the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, pp. 816-826.
- [2] Farrell, J., and Givargis, T. (2000), “Differential GPS Reference Station Algorithm-Design and Analysis,” *IEEE Transaction on Control System Technology*, Vol. 8, No. 3.
- [3] Ferguson, K. (2004), “NDGPS Reference Station and Integrity Monitor Architecture Modernization,” *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Institute of Navigation*, pp. 729-740.
- [4] Ferguson, K. (2008), “Trimble’s Marine Reference Station Modernization,” *Proceedings of the 21th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, pp. 2909-2919.
- [5] Grant, A., Last, D., and Kuncheva, L. (2003), “Marine DGNSS Availability and Continuity,” *Journal of Navigation*, Vol. 56, pp. 353-369.
- [6] International Association of marine aids to navigation and Lighthouse Authorities (2006), *The Future of DGNSS*, Recommendation R.135.
- [7] International Maritime Organization (2001), *Revised Maritime Policy and Requirements for a Future Global*

Navigation Satellite System (GNSS), Resolution A.915(22), 22nd Session of IMO Assembly.

- [8] Park, S. H. (2004), "A Feasibility Study on L1/L2C Software RSIM for Maritime DGPS," *Proceedings of the 21th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, pp. 2479-2484.
- [9] Pattinson, M., Dumville, M., and Ward, N. (2007), "Options for the Modernization of Maritime DGNSS," *Proceedings of the 20th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, pp. 1914-1922.
- [10] Radio Technical Commission for Maritime Services (2006), *RTCM Standard 10401.2 for Differential NAVSTAR GPS Reference Stations and Integrity Monitors(RSIM)*, RTCM Paper 221-2006-SC104-STD.

원고접수일 : 2009년 월 일
심사완료일 : 2009년 월 일
원고채택일 : 2009년 월 일