

DGPS 기준국 무결성 감시 체계 고도화 방안 연구

† 조득재* · 박상현* · 최진규* · 서상현*

*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

A Study on Integrity Monitoring Improvement of the DGPS Reference Station

† Deuk-Jae Cho* · Sang-Hyun Park* · Jin-Kyu Choi* · Sang-Hyun Suh*

*Korea Ocean Research & Development Institute, Daejeon 305-343, Korea

요 약 : GPS로 대표되는 위성항법시스템은 위치와 시각 분야 인프라로 그 중요성이 매우 커지고 있다. 또한 위성항법시스템을 사용하고자 하는 분야에서는 위성항법시스템의 예기치 못한 고장으로 인한 피해를 방지하거나 최소화하기 위한 노력도 하고 있다. 이는 위성항법시스템의 고장은 경제적인 손실뿐만 아니라 사회적으로도 큰 영향을 줄 수 있기 때문이다. 현재 해양수산부에서 운영하고 있는 NDGPS 망은 해양 분야를 위한 서비스를 넘어서 내륙을 포함한 국내의 모든 위성항법시스템 사용자를 위한 인프라로 발전되고 있고 국내의 각 기관 및 관련 단체에서는 이를 다양한 분야에 적용하려는 노력들이 활발히 진행되고 있다. 본 논문은 현재 운영되고 있는 NDGPS 기준국과 감시국에서 수행하고 있는 무결성 감시가 실제 위성 고장과 관련된 데이터 분석을 통해 위성 고장에 적절히 대응하기에는 부족함을 보이고, 무결성 감시 기능 고도화를 위한 검사 기법별로 NDGPS 망에 적용하기 위해 요구사항을 분석하여 기존 NDGPS 망의 구조를 그대로 유지하면서 적용 가능한 검사 기법을 제시하였다.

핵심용어 : DGPS 기준국, 무결성 감시, 위성항법시스템, 위성고장, NDGPS

Abstract : The importance of the GPS is becoming larger and larger since it is one of the Global Navigation Satellite Systems and is regarded as a national infrastructure in the field positioning and timing. Nowadays many researches avoiding and/or minimizing economic loss caused by unexpected fault of the GPS are being carried out because GPS fault can give a large impact on social security system as well as economic system. NDGPS network which has been authorized by the Ministry of Marine and Fisheries provides services for marine users and evolved into a national infrastructure for GNSS users. Many researchers and engineers are doing research work in order to apply the NDGPS network to other fields. From this trend, it can be expected that the integrity and related functions for the NDGPS users will become more important than before. This paper analyzes integrity informations about the real GNSS fault and proposes method on integrity monitoring improvement of the DGPS reference station.

Key words : DGPS reference station, integrity monitoring, GNSS, GNSS fault, NDGPS

1. 서 론

전세계 위성항법시스템 (GNSS, Global Navigation Satellite System)이 제공하는 위치와 정보는 그 자체로도 중요한 의미를 갖지만 이미 이를 기반으로 하는 많은 서비스에서 더 큰 의미를 갖는다. 항공, 해양 및 육상 등의 전통적인 항법과 측위, 측량, 지도제작, 지리정보시스템 (GIS, Geographic Information System), 건축, 구조물의 변형감지에 이미 적용되고 있다. 또한 텔레매틱스, 위치기반서비스 (LBS, Location Based Service), 이동로봇 등에서 거대한 새로운 시장을 형성할 것으로 예측된다. 이외에도 대류권 측정에 의한 일기예보, 성층권 측정에 의한 전파 환경 감시, 지각의 변형 감시 등 과

학 분야에서도 적용된다. GNSS는 시각동기분야에서도 중요한 역할을 한다. 우리나라에서 사용되는 셀룰러 무선통신망인 코드분할다중접속 (CDMA, Code Division Multiple Access) 방식의 산업표준 (IS-95, Industry Standard - 95)과 차세대 방식인 CDMA2000은 기지국간 동기를 위하여 GPS를 이용하고 있으며, WCDMA (Wideband CDMA)에서도 위치기반서비스를 위해서 전세계 위성측위시스템 (GPS, Global Positioning System)을 이용한다. 이외에도 간접적으로 수송 시스템의 안전성 증가, 교통 혼잡의 감소, 대기 오염의 감소 등의 이익을 얻을 수 있다(해양수산부, 2004).

향후 위치와 시각 기반의 응용은 점점 증가할 것으로 예측되며 이들 정보의 생성, 보급뿐만 아니라 유지, 보호에 국가

† 교신저자 : 조득재(정회원), djcho@moeri.re.kr 042)868-7282

* 정회원, shpark@moeri.re.kr 042)868-7518

* 정회원, jkch0525@moeri.re.kr 042)869-0423

* 종신회원, shsuh@moeri.re.kr 042)868-7264

차원의 대책과 책임이 요구된다. 유럽 연합에 따르면 2015년에 이들 동안 위성항법시스템의 운영이 중단되면 유럽 내 관련분야에서만 약 10억 유로의 경제적 손실이 발생할 것으로 예상하고 있다. 위성항법시스템의 고장은 경제적 손실뿐만 아니라 사회적으로도 큰 영향을 줄 수 있다(EC, 2000; Kees, 2001).

전 세계적으로 미국의 GPS 중심의 위성항법시스템에서 벗어나 독자적인 위성항법시스템을 구축하려는 움직임이 활발하지만 아직까지는 GPS 사용이 주를 이루고 있고 가까운 시일 내에 Galileo와 같은 다른 위성항법시스템이 운영되더라도 GPS의 영향력은 계속될 것으로 예상된다. 이처럼 GPS의 역할이 국가 인프라로서 중요성을 더해감에 따라 세계 각국은 상대적으로 적은 비중을 차지했던 GPS 무결성 보장에 관한 연구를 활발히 수행하고 있다(Enge et al., 1999; Phelts et al., 2000; Lee, 2005).

해양수산부에서 운영하고 있는 DGPS 전국망 (NDGPS, Nationwide Differential GPS)은 해양 분야를 위한 서비스를 넘어서 내륙을 포함한 국내의 모든 위성항법시스템 사용자를 위한 인프라로 발전하고 있고, 국내의 각 기관 및 관련 단체에서는 이를 다양한 분야에 적용하려는 노력들이 활발히 진행되고 있다. 이런 추세로 미루어 볼 때, NDGPS를 이용하는 사용자들을 위한 무결성 보장과 관련한 기능은 중요성이 더욱 증대될 것이고 NDGPS 망이 기존의 정확도 향상을 위한 위성항법보정시스템에서 국가적인 위성항법 무결성 보장 시스템으로써의 역할이 필요한 시점으로 판단된다. 현재 운영되고 있는 NDGPS의 기준국과 감시국에서도 무결성 감시 기능을 수행하고 있지만, 다양한 위성 고장에 적절히 대응하기에는 부족한 점이 있으므로 이를 보완하기 위한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 실제 위성고장과 관련된 무결성 정보를 분석하고 DGPS 기준국 무결성 감시 기능을 고도화하기 위한 방안을 제시하였다.

2. 위성고장에 의한 영향 분석

GPS 위성에 탑재된 장비의 고장에 의한 GPS 서비스 중단을 방지하기 위하여 높은 사양의 장비를 여러 개 사용하는 등 고장에 대비한 고려를 하지만 위성의 장기간 사용에 따른 노후화, 예기치 못했던 우주 환경 변화 등으로 인하여 항상 이상이 발생할 가능성을 가지고 있다. GPS 위성 이상에 의한 고장 외에도 Fig. 1에서와 같이 전파 간섭, 다중경로 오차 및 대기층의 급격한 변화로 인한 신호 왜곡 등으로 인한 전송과정 중 발생하는 오차와 지상 제어국의 운영 오류 등으로 인한 운용자에 의한 오차 등 이상 발생 잠재 요인이 항상 존재한다. 실제로 GPS 운영 중 여러 번의 이상이 보고되었으며, 초기 GPS 완전운용 (FOC, Full Operation Capability) 이전에도 시스템의 무결성과 신뢰성에 대해 논란이 될 만한 사건들이 수차례 발생한 바 있다(Enge, 1999; Jakab, 2001).

한편, GPS의 이상을 검사하는 기법들에는 GPS 항법 메시

지에 포함되어 있는 위성의 상태 정보를 이용하여 이상 여부를 판별하는 방법이 있다. 이 상태 정보는 지상 운영국에서 모니터링된 정보를 GPS 항법메시지의 안정비트 (Health bit)에 반영하여 사용자에게 알려주는 방법이다. 그렇지만 이 방법은 지상 운영국이 위성에 갱신하는 주기가 적어도 10분에서 20분 정도 소요되고 하나의 비트를 이용하여 정보를 전달하기 때문에 정확한 상태를 빨리 파악하기 어려운 단점을 가지고 있다.

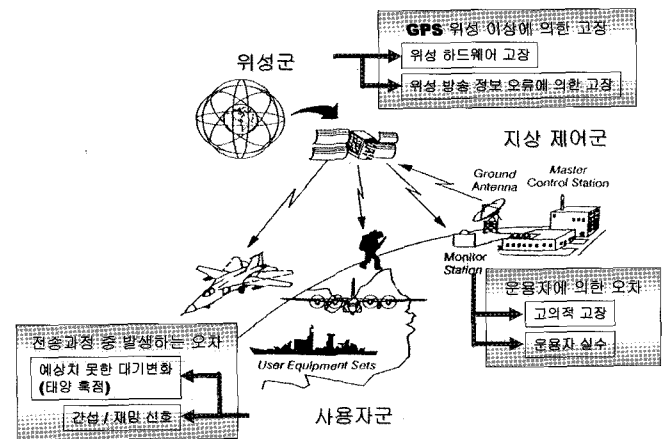


Fig. 1 GNSS faults

GPS 이상을 검사하는 다른 방법으로는 수신기 내부에서 여러 채널의 신호를 이용하여 이상 여부를 판별하는 수신기 자율 무결성 감시 (RAIM, Receiver Autonomous Integrity Monitoring) 기법이 있다. RAIM 기법은 별도의 장비 없이 수신기 자체에서 검사를 수행할 수 있는 장점을 가지지만 최소 5개 이상의 가시위성을 확보해야만 검사가 가능하고 여러 개의 위성에서 이상이 발생한 경우에는 잘못된 판단을 할 가능성이 높아진다. 또 다른 기법으로는 DGPS와 같은 위성항법보정시스템의 기준국에서 이상을 검사하고 이상 발생시 이를 보정치와 함께 방송하는 기법이 있다. 이 기법은 기준국의 위치를 이미 알고 있으므로 다른 기법들에 비하여 이상 검출이 용이하고 검출 성능이 나은 것으로 알려져 있어 기준국에서의 무결성 검사 기법들이 많이 연구되고 있고 항공용 DGPS와 같이 무결성이 매우 중요하게 작용하는 분야에서는 이미 그 절차와 방법들이 정의되어 있다(FAA, 1998).

GPS를 포함한 GNSS에서 발생하는 이상은 Fig. 1과 같이 GNSS를 구성하는 위성군, 지상군, 사용자군 모두에서 이상이 발생할 수 있고 이상의 영향은 GPS 신호의 반송파, 코드, 항법 메시지에 다양한 형태로 나타나게 된다. 각 이상의 원인과 현상을 요약하면 Table 1과 같다. 특히, GPS 위성 시계에 이상이 발생할 경우 GPS 위성은 항법메시지 및 코드 생성, 신호 스펙트럼 등 신호 생성 블록 전체에 걸쳐 문제가 발생하게 된다. 위성에서 생성되는 의사잡음 (PRN, Pseudo Random Noise) 코드와 항법메시지 등의 방송 주파수가 변하게 되면 올바른 신호획득이 어려워지며 위성간의 시각도 맞지 않게 된다. 또 위성항법메시지 내의 웨도나 시간에 대한 정보들이 정

Table 1 Causes and effects of GNSS faults

발생 부분	현 상	원 인	신호 영향	사용자 영향
GPS 위성	위성 신호 결합기 결합	신호 발생 회로의 불안정한 동작	코드 이상 발생	의사거리 오차 증가
	신호 스펙트럼 이상	신호 송신 하드웨어 문제	반송파 이상 발생	신호 획득 시간 증가, 의사거리 오차 증가
	송출 신호 전력 이상	위성 전원부 문제	코드, 반송파 신호 이상	신호 획득 불가
	부정확한 PRN 코드 방송	회로 오류 또는 우주 방사선에 의한 메모리 오류	코드 오류	신호 획득 불가, 잘못된 항법 데이터 취득
	위성 원자시계 이상	원자시계 문제	코드, 반송파 이상	의사거리 오차 증가
	위성의 잘못된 궤도 운행	태양풍에 등에 의한 위성 궤도 변경	항법 메시지 궤도 정보 불 일치	의사거리 오차 증가
지상 운영국	지상국에서의 궤도 모델링 오류	운영국 오류	부정확한 항법 메시지	의사거리 오차 증가
	Almanac 정보 오류	운영국 오류	부정확한 항법 메시지	신호 획득 문제 발생
	오차 보정 변수 이상	운영국 오류	부정확한 항법 메시지	의사거리 오차 증가
	비 고의적 운영 오류	운영국 오류	항법 메시지 오류	잘못된 항법 데이터 취득, 의사거리 오차 증가
	고의적 오차 추가	적대국 사용 방지 목적	코드, 반송파 왜곡	의사거리 오차 증가
전송 과정 및 사용자 수신 환경	대기층 환경의 급격한 변화	태양 활동	코드, 반송파 신호 전송 지연	의사거리 오차 증가
	수신기 인접 간섭 신호 발생	다른 전파 송신기에 의한 영향	외란 신호 인가	신호 추적 불가, 의사거리 오차 증가
	고의적 재밍 신호 발생	GPS 재머(Jammer)	외란 신호 인가	신호 추적 불가, 의사거리 오차 증가

확히 예측되지 않아 잘못된 항법메시지를 생성한다.

최근에 일어난 사건으로, 2004년 1월 1일 18시 30분부터 PRN 23번 위성의 루비듐 시계에 이상 증상이 나타난 바 있다. 이때 L1 주파수에서는 최대 371MHz까지 오차 (70.6m/sec 의 사거리 변화율 오차)가 발생하였음에도 GPS 지상 제어국 (Operational Control Segment)에서는 거의 3시간이 경과한 21시 18분에서야 PRN 23번 위성의 이상을 방송하기 시작했다.

Fig. 2는 국제 GPS 서비스 (IGS, International GPS Service)와 주 관제국 (MCS, Master Control Station)에서 관측된 PRN 23번 위성의 의사거리 오차를 나타낸다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 위성 시계 불량에 의해 이상을 방송하기 전까지 약 285Km의 의사거리 오차를 발생하였다. Fig. 3은 같은 시간에 우리나라 해양수산부에서 운영하고 있는 호미곶 DGPS 기준국에서 생성한 데이터를 분석한 그림이다. 18시 30분부터 시작된 의사거리 보정정보 (PRC, Pseudo Range Correction) 증가 현상은 약 5분이 지난 뒤에야 호미곶 기준국에서 PRC 값이 비정상임을 알리는 High PRC 정보를 방송하였고, 약 3시간이 경과한 21시 18분에 위성의 건강 이상을 방송함에 따

라 비로소 정상적인 PRC를 방송할 수 있었다. 이는 GPS에 대한 감시 및 이상 전달 체계가 DGPS 기준국에서 수행되고는 있지만 아직 완전하지 못하다는 사실을 반증한 것이며, DGPS 기준국용 수신기에서도 독립적인 신호감시가 필요하다는 것을 나타낸다.

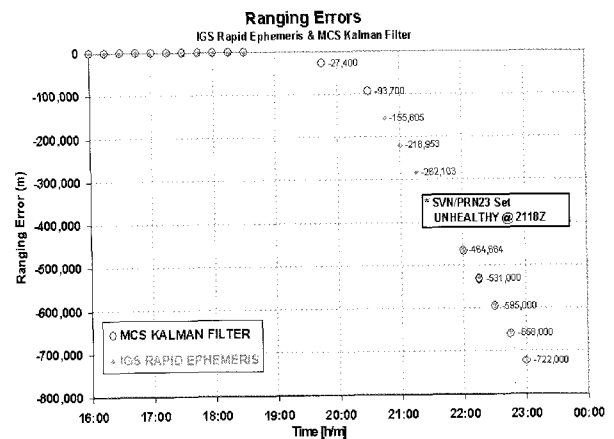


Fig. 2 Pseudorange error of PRN 23

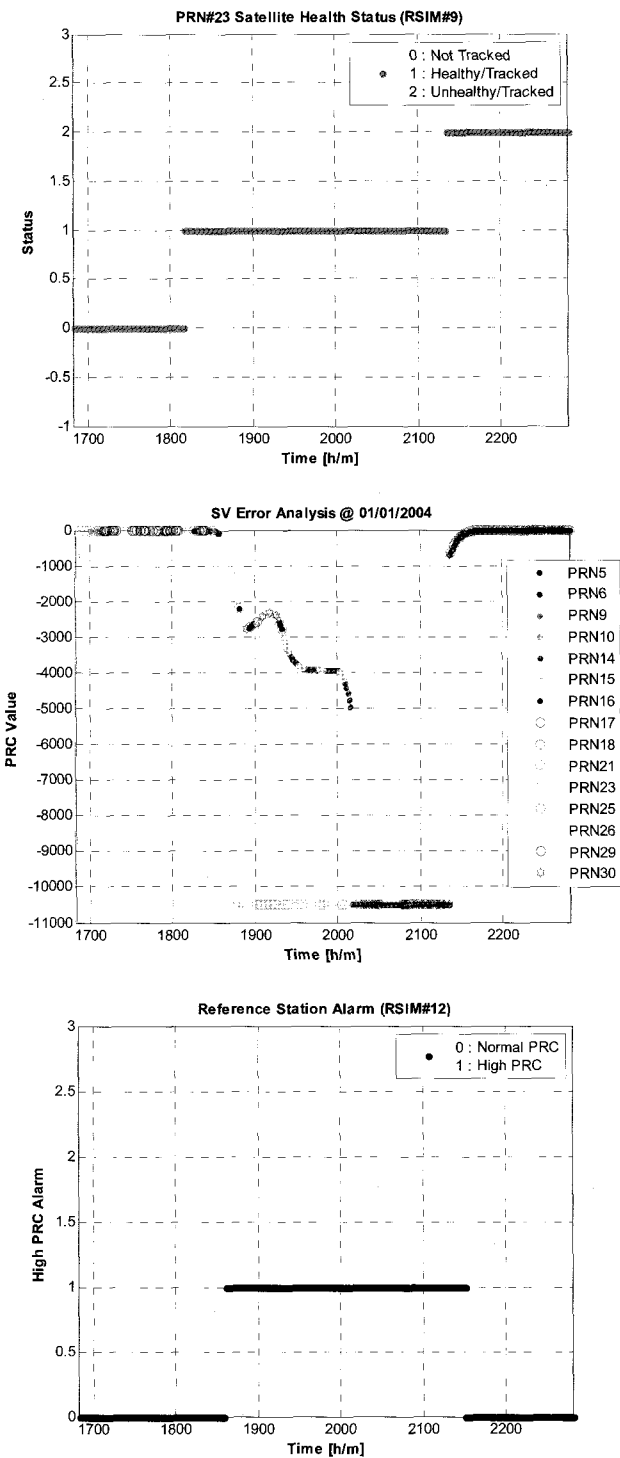


Fig. 3 PRN 23 status & PRC analysis

3. 무결성 감시 기능 고도화를 위한 방안

현재 해양수산부에서 구축하여 운영하고 있는 NDGPS 망은 RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)에서 권고하는 표준에 맞추어 설계되어 있다. 특히 무결성 검사와 관련하여 RTCM에서는 “RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Reference Stations and

Integrity Monitors (RSIM)”이라는 표준을 제시하고 있다. Fig. 4는 RSIM에서 제시하는 시스템 구성을 나타낸다. 기준국과 감시국, 그리고 제어국으로 구성되어 있고 기준국의 방송 정보가 감시국에 의하여 감시되고 감시 결과는 기준국으로 전송되어 이상 발생 시 해당하는 동작을 수행하도록 되어 있다(RTCM, 2001). 기준국과 감시국의 데이터는 제어국으로 전송되고 제어국은 기준국과 감시국에 대한 모니터링 및 제어를 수행한다. 해양수산부의 NDGPS 망도 RSIM 표준을 따르고 있다.

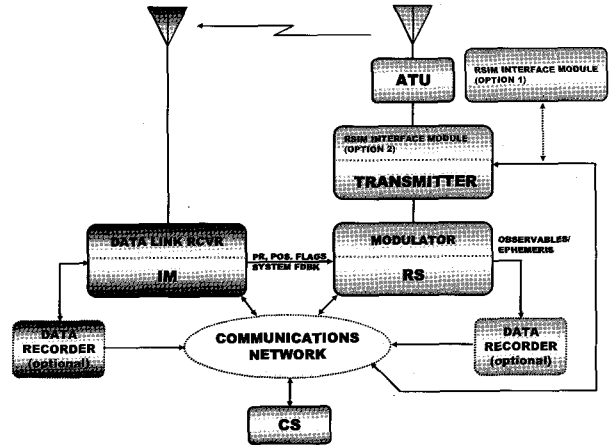


Fig. 4 RSIM system architecture

본 논문에서는 NDGPS 망의 무결성 감시 기능 고도화를 위해 항공 분야에서 정의된 신호 특성 감시 (SQM, Signal Quality Monitoring) 기법, 데이터 특성 감시 (DQM, Data Quality Monitoring) 기법, 측정치 특성 감시 (MQM, Measurement Quality Monitoring) 기법을 분석하여 NDGPS 망에 적용할 수 있는 기법을 제시하였다.

SQM은 GPS 위성에 의하여 발생하는 신호의 이상을 검사와 전송 중 이온층의 급격한 변화를 검사하는데 사용된다. SQM 검사 기법의 대상이 되는 EWF (Evil Wave Form), 신호 전력 이상, 이온층 발산은 DGPS에서 제공하는 의사거리 오차 보정 정보로 제거할 수 없는 성분들이므로 기준국에서 이를 검사하여 발생 시 사용자에게 즉시 알려주어 해당 위성 정보를 사용할 수 없도록 하여야 한다. 그러나 이 검사 기법을 NDGPS 기준국 구조를 유지하면서 적용하기에는 Table 2와 같은 제한이 있다.

Table 2 SQM requirements

검사 기법	필요한 측정치	검사 방법	NDGPS 적용 가능 여부
EWF 검사	IF sample, 상관 값	다중 상관기 이용	적용 불가능
수신 신호 전력 검사	C/N ₀ , 상관 값	수신 신호의 C/N ₀ 검사	적용 불가능
코드-반송파 검사	코드, 반송파 위상 측정치	측정치를 이용한 기하이동평균 계산	적용 가능

DQM은 GPS 항법데이터의 이상을 검사하는 기법이다. GPS 위성데이터에는 위성의 정보를 나타내는 항법데이터와 의사거리 측정을 가능하게 해주는 PRN 코드가 실려 있다. 만약 항법데이터나 PRN 코드에 이상이 발생한 경우 수신기는 신호획득을 하지 못하거나 잘못된 의사거리를 구하게 된다. 실제 예로 S/A (Selective Availability)는 항법데이터의 위성 궤도 정보에 오차를 포함시키는 방법으로 이루어졌으며, 위성의 궤도 정보 이상으로 큰 의사거리 오차가 발생하였던 사건도 있었다. GPS 위성의 항법데이터에는 위성의 궤도정보 (Ephemeris), 시스템 시간, 위성 시계 보정 데이터, 위성의 상태 정보, C/A 코드를 이용해 P코드를 획득하기 위한 정보 등이 포함되어 있다. DQM 부분에서는 수신기에서 관측 가능한 모든 GPS 위성의 궤도 및 시각 데이터를 지속적으로 확인하여 위성 항법 데이터의 이상 여부를 즉각 확인할 수 있어야 한다. 그러나 이 검사 기법도 SQM과 마찬가지로 NDGPS 기준국 구조를 유지하면서 적용하기에는 Table 3과 같은 제한이 있다.

Table 3 DQM requirements

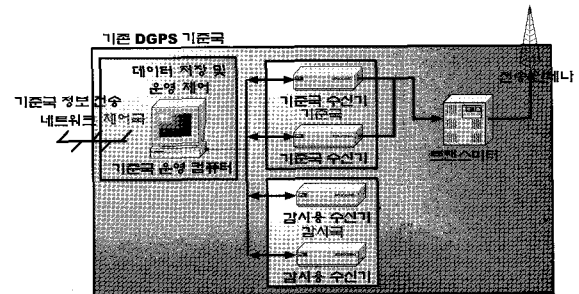
검사 기법	필요한 측정치	검사 방법	NDGPS 적용 가능 여부
코드 이상 확인	상관 값	PRN 33~37 여부 검사	적용 불가능
항법 신호 비트 오류 이상 확인	항법 메시지 프레임	Parity 이상 검사	적용 가능
궤도 정보 이상 확인	위성 궤도 파라미터	Ephemeris 임계치 초과 여부 검사	적용 가능

MQM은 기준국 수신기에서 측정한 의사거리 등의 측정치에 대한 검사 기법이다. 항공 분야의 지역보강시스템 (LAAS, Local Area Augmentation System) 기준국에서는 사용자의 오차를 보정하기 위한 의사거리 오차 정보를 계산하기 위하여 반송파와 코드 측정치를 반송파 스무딩 필터 (Carrier smoothing filter, Hatch filter)를 이용하여 보다 정밀한 측정치를 생성한다. MQM에서는 코드와 반송파 위상 측정치를 결합하는 필터의 동작 여부를 검사하고 이상이 없을 시에만 의사거리 오차 보정치를 생성한다. 또한 의사거리 오차를 방송하기 전에 보정치에 포함된 비 공통 오차를 검사하여 비 공통 오차가 어느 임계값 이상이면 사용자의 오차를 증가시킬 수 있다고 판단하여 고장을 경고한다. 기준국과 사용자간의 비 공통 오차는 주로 기준국 수신기의 다중 경로 오차와 측정 잡음 오차로 이루어진다. Table 4에 나타낸 바와 같이 MQM 검사 기법의 대상이 되는 측정치 변화 검사는 반송파 측정치에 급격한 변화가 발생할 경우 의사거리 보정치 계산시 오차를 유발시키는데, 측정치에 대한 스무딩을 수행하기 전에 급격한 변화를 검사하는 기법이다. 반송파 위상 측정치의 급격한 변화는

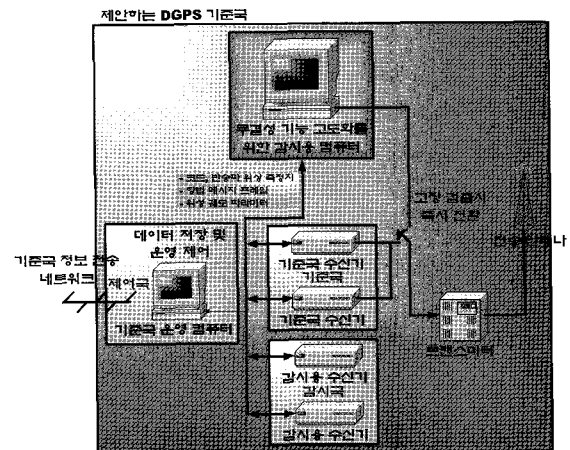
이온층의 변화 및 사이클 슬립 등에 의하여 발생하고 이는 스무딩 필터의 발산을 유발시킨다. 시그마값 (Sigma-value) 검사 기법은 위성과 기준국 사이의 양각에 따른 다중경로와 수신기 잡음에 의한 오차를 평가하기 위한 방법이다. B값 (B-value) 검사 기법은 여러 대의 기준국 수신기 중 어느 하나의 수신기에 의해서 발생하는 오차를 제거하기 위한 방법이다. MQM의 경우에는 2대 이상의 다중 수신기를 이용한다면 NDGPS 기준국 구조를 유지하면서 적용이 가능한 기법이다.

Table 4 MQM requirements

검사 기법	필요한 측정치	검사 방법	NDGPS 적용 가능 여부
측정치 변화 검사	반송파 위상 측정치	측정치와 Accel. ramp step 현상 검사	적용 가능
필터 발산 검사	코드, 반송파 위상 측정치	원시거리와 필터링한 의사거리 차이를 이용한 Innovation 검사	적용 가능
Sigma value 검사	코드, 반송파 위상 측정치	다중 수신기로 구한 의사거리 보정치 편차 검사	적용 가능
B value 검사	코드, 반송파 위상 측정치	다중 수신기로 구한 의사거리 보정치 비교 검사	적용 가능



(a) Conventional reference station architecture



(b) Proposed reference station architecture

Fig. 5 Reference station architecture

이상 무결성 고도화를 위한 방안을 정리하면, 현재 NDGPS 기준국은 2대의 기준국용 수신기와 2대의 감시용 수신기를 이용하고 있다. 이때 2대의 기준국용 수신기를 동시에 사용하는 것이 아니라 1대는 예비용으로써 의사거리 보정치 생성이나 감시에 직접 이용되지는 않는다. 따라서 본 논문에서 제안하는 NDGPS 기준국은 Fig. 5와 같이 2대의 기준국용 수신기와 함께 운용하고 Table 2 ~ Table 4의 SQM, DQM, MQM 기법들 중 NDGPS 망에 적용 가능한 검사기법을 적용한 무결성 감시용 컴퓨터를 새로 도입한 구조를 갖는다. 이러한 새로운 DGPS 기준국 아키텍처는 기준국 정보 전송 네트워크를 통해 다른 DGPS 기준국과 연동함으로써 현재 NDGPS 망의 구조를 그대로 유지하면서 무결성 감시 기능을 고도화 할 수 있다.

4. 결 론

본 논문은 현재 운영되고 있는 NDGPS 기준국과 감시국에서 수행하고 있는 무결성 감시가 실제 위성 고장과 관련된 데이터 분석을 통해 위성 고장에 적절히 대응하기에는 부족함을 보이고, 무결성 감시 기능 고도화를 위한 검사 기법별로 NDGPS 망에 적용하기 위해 요구사항을 분석하여 기존 NDGPS 망의 구조를 그대로 유지하면서 적용 가능한 검사 기법을 제시하였다.

추후 연구 방향으로는 제시한 무결성 고도화를 위한 DGPS 기준국이 해양 분야에서의 측위 정확도 및 무결성 수준을 만족하는지에 대한 필드 시험이 요구되며, 이상 정보의 빠른 전송을 위한 방안이 필요하다.

후 기

본 연구는 해양수산부의 지원으로 수행된 “광역 위성항법보정시스템(DGPS) 구축 연구개발” 과제 및 한국해양연구원의 지원으로 수행된 “네트워크 기반 항만관제 및 항법체계기술 개발”과제의 연구결과 중 일부임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- [1] 해양수산부(2004), 갈릴레오 국가 인프라 구축을 위한 타당성 조사 및 기술개발 기획 연구 보고서.
- [2] DOT(1998), Federal Aviation Administration Specification for Local Area Augmentation System Ground Segment Draft Version 2.0.
- [3] Enge, P., Phelts, E., and Mitelman, A.(1999), "Detecting Anomalous Signals from GPS Satellites", Draft Stanford University Report.
- [4] European Commission(2000), Cost benefit analysis result for GALILEO, Commission Staff Working Paper.
- [5] Jakab, A. J.(2001), "Quality Monitoring Of GPS Signals", UCGE Reports.
- [6] Kees de Jong(2001), "Galileo - Cost, Benefits and Strategic Values", GEO Informatics.
- [7] Lee, J.(2005), "GPS-BASED AIRCRAFT LANDING SYSTEMS WITH ENHANCED PERFORMANCE: BEYOND ACCURACY", Dissertation of Stanford University for the Degree of Doctor of Philosophy.
- [8] Phelts, R. E., Akos, D. M. and Enge, P.(2000), "Robust Signal Quality Monitoring and Detection of Evil Waveforms", Proceedings of the Institute of Navigation 2000, pp.1180-1190
- [9] RTCM(2001), RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Reference Stations and Integrity Monitors(RSIM) Version 1.1.

원고접수일 : 2007년 4월 6일
 원고채택일 : 2007년 7월 19일