

항만 DGPS의 성능을 강화하기 위한 향상된 감시 개념 설계

† 신미영 · 고재영* · 한영훈** · 김영기*** · 서기열****

† ,*,**,***,**** 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소, 해양안전연구부

Design of Advanced Monitoring Concept to Strengthen the Performance of Marine DGPS

† Mi-Young Shin · Jae-Young Ko* · Young-Hoon Han** · Young-Ki Kim*** · Ki-Yeol Seo****

† ,*,**,***,**** Marine Safety Research Division, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering

요 약 : 다른 응용분야에 비하여 개략적인 성능을 요구했던 해양 분야에서도 최근 들어 항만 영역에 따라 수치적으로 구체화된 성능을 요구하고 있고, 측위 정확도뿐만 아니라 무결성, 연속성, 가용성 면에서도 보장을 요구하고 있다. 현 DGPS 기준국의 서비스를 사용하는 사용자 입장에서, DGPS 서비스는 아직 IMO에서 요구하는 성능을 모두 만족시키기에 불충분하다. 특히, HEA 영역에서 요구하는 측위 정확도 수준은 대부분 만족하나 무결성 측면에서는 성능을 보장할 수 없다. 본 논문에서는 기존 DGPS 기준국의 감시, 보장, 공지 기능을 강화하여 무결성 측면에서 보장하기 위한 향상된 감시 개념을 제안하고자 한다. 이를 위하여 현재 DGPS 서비스 감시 기능의 취약점을 제시하고 이에 대한 영향을 분석하였으며 이를 토대로 대책을 마련하였다. 본 연구결과는 추후 DGPS 서비스 개선을 위한 기초연구로 활용할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 해양용 위성항법보강시스템, 위성항법보강시스템, 보장, 감시, 공지

Abstract : Even in the marine industry was required the looser positioning performance as compared to other application domain, a high-quality positioning performance and reliability are becoming ever more important. The high-quality performance includes not only accuracy but also integrity, continuity, and availability. However, current DGPS service is not satisfying the minimum positioning performance requirements for maritime user proposed by IMO. Especially, no one can guarantee the required integrity performance by DGPS service. This paper presents the advanced monitoring concept to strengthen the performance of current DGPS through the enhanced monitoring, guarantee and notice functions. To this, the limitations of the integrity monitoring function of current DGPS are analyzed, and a countermeasure is prepared to improve the limitations of the current integrity monitoring function. This paper can be applied as basis research to improvement of the DGPS service.

Key words : MDGPS, DGPS, guarantee, monitoring, notice

1. 서 론

항만 DGPS (Differential GPS) 서비스는 DGPS 기준국으로부터 전파 통달거리 이내의 항만 사용자에게 RTCM SC-104 포맷의 GPS 보정정보를 비콘 중파로 전달함으로써, 사용자 측에서 DGPS 정밀 측위가 가능토록 함에 있다. 이를 위하여 DGPS 기준국은 정확한 기준국 위치 정보를 바탕으로 GPS 신호에 대한 차분 보정정보인 PRC (Pseudo-Range Correction)와 보정정보에 대한 품질 판단 변수인 보정나이

(Correction age), UDRE (User Differential Range Error) 파라미터를 사용자에게 서비스한다(RTCM, 2001). 사용자는 서비스 받은 GPS 보정정보를 의사거리 수준에서 차분 보정한 후에 위치를 측정함으로써 개선된 정밀 측위 성능을 확보할 수 있다.

일반적으로 기준국과 100km 이내의 거리에서는 DGPS의 정밀 측위 성능이 1m(95%) 수준으로 알려져 있으며, 이는 기준국으로부터 사용자 간의 거리, 기준국과 다른 전파 환경 요소, 보정나이, UDRE와 같은 변수에 의존적이다(Misra, 2006).

† Corresponding author : 연희원, myshin@kriso.re.kr 042)866-3668

** 정희원, yhhan@kriso.re.kr 042)866-3677

**** 정희원, kyseo@kriso.re.kr 042)866-3684

(주) 이 논문은 “항만 DGPS의 성능을 강화하기 위한 향상된 감시 기법”이란 제목으로 “2015년도 공동학술대회 한국항해항만학회논문집(한국해양대학교, 2015. 7. 9., pp. 133-135)”에 발표되었음.

* 연희원, jyko@kriso.re.kr 042)866-3618

*** 정희원, ykkim@kriso.re.kr 042)866-3676

DGPS는 항공을 대상으로 한 위성항법보강시스템인 WAAS (Wide Area Augmentation System) 또는 LAAS (Local Area Augmentation System)와 같이 강건한 신뢰성을 요구하는 특정 사용자나 협소한 특정 구역을 대상으로 하는 서비스가 아니기 때문에 요구 성능에 대한 제약이 소략하다. 하지만 최근 들어 해양 분야에서도 항만 영역에 따라 수치적으로 구체화된 성능을 요구하고 있고, 측위 정확도뿐만 아니라 무결성, 연속성, 가용성 면에서도 보장을 요구하고 있다(IMO, 2002). 이에 비하여 사용자 입장에서는 아직, DGPS 서비스만으로 IMO (International Maritime Organization)에서 요구하는 HEA (Habor Entrance and Approach) 영역에서의 성능을 모두 만족시키기에 불충분하다. DGPS는 최근까지 고도화를 위한 지속적인 연구가 진행되었지만, SDR 기반의 RSIM 개발(Park, 2009; Seo, 2009), DGPS를 DGNSS로의 확장(Seo, 2014), 기준국 입장에서의 감시 체계 개선(Cho, 2007; Seo, 2011; Seo, 2012)을 위한 연구가 대부분이었으며, 사용자 입장에서의 성능 보장을 위한 연구는 미비한 실정이다.

본 논문에서는 기존 DGPS 서비스는 유지하면서 국내 주요 항만을 대상으로 DGPS 서비스의 감시, 보장, 공지 기능을 강화하여 DGPS 성능을 보강하기 위한 향상된 감시 기법을 개념적으로 제안하고자 한다.

2. 향상된 DGPS 감시 기법의 필요성

2.1 국내 DGPS 시스템 구성 및 배치

국내 DGPS 서비스는 항만 입출항 및 협수로 통항선박의 안전운항과 내륙 측위 서비스 제공을 위하여 중앙사무소 1개소, 내륙/해양 기준국 17개소, 내륙/해양 감시국 15개소를 운영 중에 있으며, 시스템의 배치도는 Fig. 1과 같다(NMPNT, 2015).

중앙사무소는 전국의 DGPS 기준국과 감시국의 운영 상태를 실시간 감시 및 제어하고, DGPS 이용 상황을 실시간으로 모니터링하고 분석하는 역할을 수행한다. 기준국은 크게 보정정보를 생성하고, 사용자에게 방송하고, 서비스한 보정정보를 상시 감시하는 기능을 수행한다. 이를 수행하기 위하여 기준국은 이미 알고 있는 정확한 위치에서 GPS 위성신호를 수신한 후에 측정된 거리와 알고 있는 거리를 비교하여 그 차이값 즉, 차분 보정정보를 생성하고, RTCM SC-104 포맷에 따라 주파수 283.5-325kHz로 중파방송을 통해 사용자에게 실시간으로 방송하며, 생성/방송한 보정정보를 다시 수신하여 보정정보의 품질이나 보정 후 측위 성능이 한계치를 벗어나면 해당 채널을 제외하고 서비스한다.

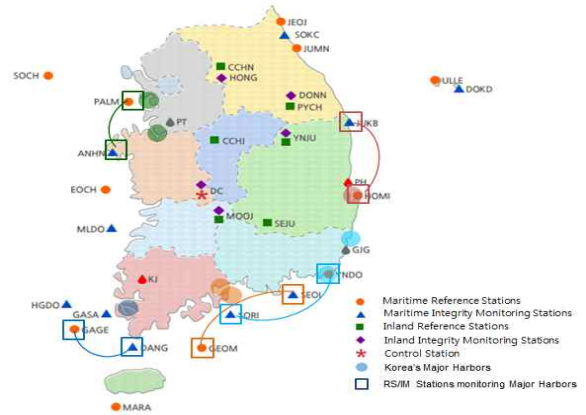


Fig. 1 The DGPS facilities and major harbors on Korea

감시국은 기준국으로부터 일정한 거리가 떨어진 지점에서 기준국 신호를 상시 감시하여 보정정보의 품질이나 보정 후 측위 성능이 한계치를 벗어나면 경보 메시지를 중앙사무소에 전달한다. Fig. 1을 통해 DGPS 시스템의 배치도 외에, HEA 요구 성능을 만족해야 하는 국내 주요 항만의 위치와 각 항만을 서비스하고 있는 DGPS 기준국, 그리고 각 기준국의 상태를 모니터링하고 있는 지정된 감시국의 배치를 보였다. DGPS 기준국은 국내 전 지역을 서비스 범위에 포함하기 위해 전과도 달범위를 고려하여 배치되어 있으며, DGPS 감시국은 DGPS 기준국의 서비스 범위 내에서 임의로 일정한 거리가 떨어진 지점에 위치한다. 즉, 현재 DGPS 서비스를 감시하기 위한 시스템의 배치는 전과도달범위만을 고려하였을 뿐 주요 항만을 감시 대상으로 하고 있지 않으며, 따라서 주요 항만에서의 성능을 보장하기에 적합하게 구성되어 있지 않은 실정이다.

2.2 현재 DGPS 서비스에서의 무결성

현재 DGPS 시스템은 기준국과 기준국마다 지정된 감시국에서 DGPS 서비스에 대한 감시 기능을 수행하고 있으며, IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) 권고문서에 제시된 세부 감시 항목은 Table 1과 같고(IALA, 2004), RSIM (Reference Stations and Integrity Monitors) 기술문서에 제시된 기준국 및 감시국 내의 무결성 감시를 위한 구성은 Fig. 2와 같다(RTCM, 2006). Table 1 및 Fig. 2에서 표시한 바와 같이 DGPS 서비스에 대한 감시 기능은 GPS 원시 데이터가 아닌 보정정보 및 보정 후 측위 성능에 치중해 있으며, 최근까지 사용자 입장에서의 요구 성능이 구체적으로 제한되지 않았던 만큼 임계치 수준도 크게 설정되어 있다. 뿐만 아니라 현재 DGPS 서비스에서의 공지 기능은 임계치 수준을 만족하지 못하는 위성 및 기준국에 대하여 보정 서비스를 제공하지 않는 방식을 사용함으로써 사용자 측에서의 서비스 활용도에 있어서 제약적이다.

Table 2 The parameters for current DGPS IM

Parameters	Threshold	Interval
Minimum SVs	4	-
HDOP	< 7.5	10-30s
Maximum PRC	90-600m	-
Maximum RRC	0.5-10m/s	-
IM Feedback	3-12s	-
Correction Age	10-30s	1-30s
MSG Error Ratio	10%	10-60s
Beacon SNR	< 7dB	> 7s
Beacon SS	70dB	10-60s
HPE	1.5-10m	10-30s
PR Residual	< 12m	10-30s
RR Residual	< 10m/s	10-60s
LOW UDRE	1-100m	-

Table 3 Minimum positioning performance requirements for maritime users of future GNSS systems

		Ocean	Coastal	Port Approach	Port	Inland water ways
Horizontal Accuracy		10m	10m	10m	1m	10m
Integrity	AL	25m	25m	25m	2.5m	2.5m
	TTA	10s	10s	10s	10s	10s
	IR	$10^{-5}/3h$	$10^{-5}/3h$	$10^{-5}/3h$	$10^{-5}/3h$	$10^{-5}/3h$
Availability		99.8/30d	99.8/30d	99.8/30d	99.8/30d	99.8/30d
Continuity		-	-	99.97/3h	99.97/3h	99.97/3h

해양 사용자를 위해 IMO에서 제시한, 미래의 위성항법시스템을 활용한 시스템 및 서비스 측면에서의 항법 요구 성능은 Table 2와 같다(IMO, 2002). Table 2에서와 같이 항만 영역 별로 엄격하게 요구 수준이 결정되어 있으며, 측위 정확도뿐만 아니라 무결성, 연속성, 가용성 면에서도 보장을 요구하고 있다. 각 서비스 영역별로, 정확도는 2drms로 수평 정확도(Horizontal Accuracy)를 요구하고 있고, 무결성(Integrity)은 서비스 영역 내에서 사용자의 수평 정확도가 AL (Alert Limit)을 만족하지 못할 시에 TTA (Time-to Alarm) 시간 내로 알람을 공지하지 못할 확률이 3시간 당 IR (Integrity Risk) 범위 내로 만족하여야 하며, 가용성(Availability)은 서비스 영역 내에서 30일 동안에 DGPS 서비스가 가용한 시간이 요구하는 확률 이내로 유지되어야 하고, 연속성(Continuity)은 3시간 동안 요구하는 확률 이내로 DGPS 서비스가 연속적으로 유지되어야 함을 의미한다. 아직은 IMO에서의 항법 요구 성능이 강제성을 띠고 있지 않은 권고 수준에서 제시되고 있지만, 해양 관련 국제기구에서 무결성에 대한 필요성은 갈수록 강하게 인식되고 있는 실정이다. 따라서 앞으로는 서비스 영역 별 항만 사용자에게 Table 2에 표시된 요구 기준을 만족하도록 DGPS 서비스를 제공할 필요가 있다.

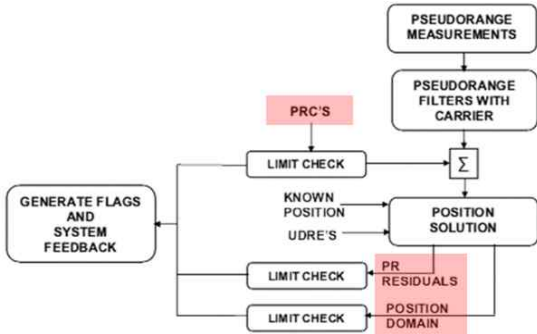


Fig. 2 The architecture of current DGPS IM

분석한 바와 같이, 기존 DGPS 감시 기능은 보정정보 및 보정 후 측위 성능만을 대상으로 감시하고, 공지 기능의 활용도가 미약하기 때문에 엄격한 무결성 조건을 요구하는 환경에서 사용자의 요구 성능을 만족시키기에 불충분하고, 위성에 예기치 않은 이상이 발생하여 원시 데이터의 오차가 증가하는 경우에 효과적으로 대응하기 어렵다. 이는 위성 이상이 발생했던 과거 사례를 통해 확인할 수 있는데, 지난 2004년 1월 1일에 PRN 23 위성의 원자시계 이상이 발생했을 때에 DGPS는 해당 이상 위성만 검출하여 예외 처리하지 않고 PRC 감시를 통해 “측위보정 서비스 불능 상태”를 약 3시간 동안 경보하였다(Cho, 2007; Seo, 2011; Seo, 2012).

2.3 항만용 사용자를 위해 요구되는 항법 성능

Table 1에서와 같이 다른 응용분야에 비하여 개략적인 성능 조건을 요구했던 해양 분야에서도 최근 들어 항만 구역에 따라서 구체화된 성능을 요구하고 있고, 측위 정보를 확보하기 위한 위성항법시스템의 활용도 및 의존도도 급격히 증가하였다.

2.4 무결성 측면에서 현재 DGPS의 한계

초기에 DGPS 시스템의 개발배경은 GPS의 SA 오차로 인한 영향을 최소화하기 위한 입장에서 공통오차를 제거하여 개선된 측위 성능을 서비스하고자 하는 목적으로 접근한 것이기 때문에, 최근에 IMO의 항만 사용자를 위해 요구되는 엄격한 항법 요구 성능을 기존 DGPS 구성 및 서비스만으로 모두 만족시키는 불충분하며 구조적인 한계가 분명히 존재한다. 지금까지 설명한 현재 DGPS 감시 기능의 취약점을 정리하면 Table 3과 같다. 크게 감시 시스템의 배치로 인한 한계, 원시 데이터의 감시 기능 부재로 인한 한계, 사용자 측에서 활용할 수 있는 신뢰도 척도 부족이 있다. 이와 같은 현재 DGPS 감시 기능의 취약점은 엄격한 항법 요구 성능을 만족하도록 신뢰할 수 있는 항법 서비스를 항만 사용자에게 제공하는 것에 한계로 작용한다.

Table 4 The limitation factors of current DGPS service

Items	Contents
Limitation by arrangement of monitoring systems	<ul style="list-style-type: none"> Reference stations perform the integrity monitoring check in the same position as the RS Integrity monitoring stations are considered only the long-distance from reference station, not major harbor area
Limitation by the absence of raw meas. quality check	<ul style="list-style-type: none"> Integrity monitoring functions are considered only the integrity of PRC broadcasted from RS, not the detection and isolation of anomaly SV
Limitation by the absence of reliability indicator on user side	<ul style="list-style-type: none"> Most of the user receiver does not decode the message type 16, a special GPS message, as the means for broadcasting of the reliability level of the DGPS service Most of the user receiver does not use the UDRE parameter as the protection limit

따라서 본 논문에서는 기존 DGPS 서비스는 유지하면서 국내 주요 항만의 입출항로를 대상으로 DGPS 서비스의 감시·보장·공지 기능을 강화하여 HEA의 요구 성능을 만족하기 위한 개선된 DGPS 서비스 감시 컨셉을 제안하고자 한다.

3. DGPS 감시 플랫폼

3.1 향상된 감시 기법의 컨셉

본 논문에서는 HEA의 요구 성능을 만족하는 DGPS 서비스를 제공하기 위하여 현재 DGPS 기준국의 취약점을 분석하고, 이에 대한 대책을 강구하였으며, 이는 Table 4와 같다. Table 4의 대책 요소를 반영하여 구상한 항만에서의 항법성능 감시 시스템의 활용 구성도는 Fig. 3과 같다. 그림에서와 같이 항만 내에서의 항법 성능을 감시하여 사용자에게 성능을 보장하며, 사용자에게 이벤트 발생 및 성능에 대한 공지 기능을 강화하고, 기존 DGPS 기준국의 성능 보장 조건을 도출하고 추후에는 보완할 수 있도록 분석할 수 있는 기능을 담았다. 항법성능 감시 시스템은 크게 주요 항만에 설치할 항법성능 감시 모듈과 각 항법성능 감시 모듈을 감시 및 관제할 통합 모니터링 시스템으로 구성된다. 항법성능 감시 모듈은 GPS 원시정보와 DGPS 보정 정보의 수신신호 품질을 감시하고 항만 내의 보강 서비스에 대한 신뢰도를 측정하는 역할을 담당하며, 통합 모니터링 시스템은 각 항만에서의 DGPS 서비스 상태에 대해 감시하고, 이상 발생 시에 사용자에게 알람 정보를 제공하는 역할을 담당한다. 따라서 각 항만의 크기에 따라 항법성능 감

시 모듈은 다수 설치될 수 있으며, 통합 모니터링 시스템은 추후 DGPS 제어국인 중앙사무소의 기능 보완 및 확장을 통해 통합 운용될 수 있다.

Table 5 Countermeasures about the limitation factors of current DGPS service

Items	Countermeasures
Limitation by arrangement of monitoring systems	<ul style="list-style-type: none"> Operation of PNT monitoring system on major harbor area
Limitation by the absence of raw meas. quality check	<ul style="list-style-type: none"> Addition of GPS/DGPS raw meas. quality monitoring functions
Limitation from the absence of reliability indicator on user side	<ul style="list-style-type: none"> Use of the protection limit monitoring function on user side Use of reliability indicator on user side

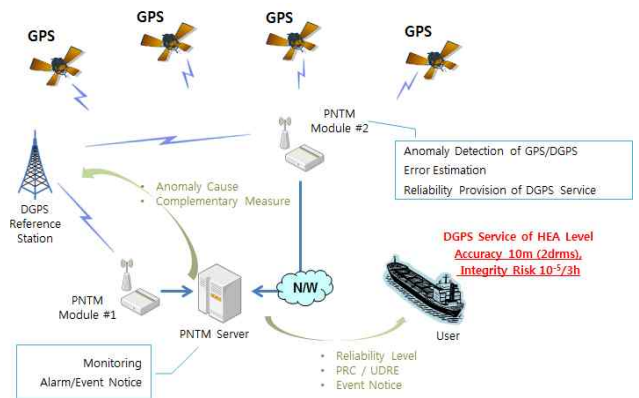


Fig. 3 Conceptual design of PNT monitoring system

3.2 신호 품질 감시 기능을 강화하기 위한 처리 알고리즘

DGPS의 신호 품질 감시 기능을 강화하기 위하여 분석한 DGPS 서비스의 무결성 결함 조건은 Fig. 4와 같다. RTCA(2004)를 기반으로 DGPS 감시 서비스에 적합하게 보완하여 구성하였으며, 크게 정상 상태에서 측정치 품질이 좋지 않은 경우와 이상이 발생한 경우로 구분하였다. 정상 상태의 경우에는 일반적인 신뢰도 판단 척도 계산식(RTCA, 2004)에서 DGPS에서 고려해야 하는 오차 요소를 반영하여 식 (1), 식 (2)에서와 같이 DGPS 사용자 측에서의 신뢰도 판단 척도 (PL_{HD} , PL_{HDB})를 마련하여 측정치의 품질 상태를 감시하였다. 이 때, S_{Hor_2} 는 거리 영역을 위치 영역으로 변환하기 위한 투영행렬로서 $(G^T G)^{-1} G$ 이고, σ_{UDRE} 는 보정정보에 대한 품

질 판단 변수이며, P_D 는 실제 위치 대비 위치 영역에서의 바 이어스 성분으로 차분 보정 후 남은 이온층 지연 오차, 대류권 지연 오차, 위성 궤도 오차의 잔여 성분을 포함한다.

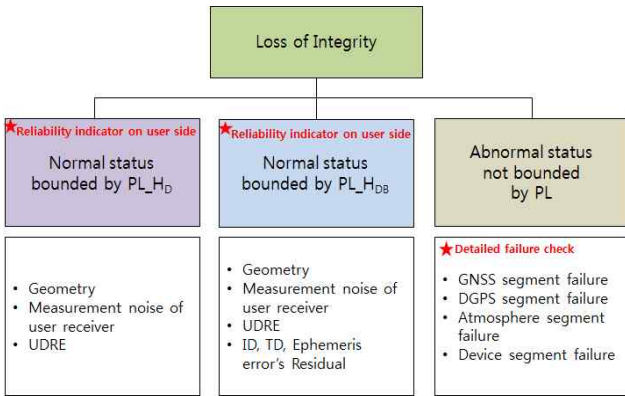


Fig. 4 The fault-tree of DGPS Service

$$PL_{H_D} = k_{ffmd} \sqrt{\sum_{j=1}^n (S_{Horz,j}^2 \times \sigma_{UDRE,j}^2)} \quad (1)$$

$$PL_{H_{DB}} = k_{ffmd} \sqrt{\sum_{j=1}^n (S_{Horz,j}^2 \times \sigma_{UDRE,j}^2)} + P_B \quad (2)$$

이상 상태의 경우에는 결합 감시 종류를 세분화함으로써 요구되는 신호 품질 감시 기능을 구체화하였다. 기존 DGPS의 감시 기능이 기준국 또는 감시국에서 수집한 보정정보의 품질 감시에만 국한된 반면, 제안한 DGPS 감시 시스템 컨셉에서는 항법성능 감시 모듈에 GPS 원시정보의 품질 감시 기능을 추가하고, 항만 내에서의 DGPS 보정정보의 품질 감시 기능을 수행함으로써 기존 대비 항만 사용자 영역에 대한 감시 기능을 강화하였다. 항법성능 감시 시스템에서 DGPS 감시를 위해 수행하는 처리 알고리즘은 Fig. 5와 같다. 수신 신호 검사에서는 공지사항 분석, GPS 및 DGPS의 수신 신호 품질 감시(SQM), 공통 가시위성 체크 기능을 수행하고, 취득 원시정보 품질 검사에서는 GPS 측정치 품질 감시(MQM), GPS 데이터 품질 감시(DQM)를 수행하며, 항법 불능 조건 검사에서는 최소 가용위성 수 및 DOP을 체크한다. 이 때, GPS 원시정보 품질 검사를 위하여 기존 항공용 시스템인 LAAS 또는 WAAS에서 활용하고 있는 품질 검사 기능 중의 일부를 해양용에 적합하게 보완하여 도입하였으며, 적용한 기능은 Table 5와 같다(Xie, 2004; Lee, 2005). RSIM 기능 검사에서는 기존 DGPS IM 기능 중에서 사용자 입장에서의 보정성능을 판단하기 위한 주요 변수인 보정 후 의사거리 및 변화율 잔차 체크, 보정 후 측위 성능 체크를 수행한다. 보정 서비스 신뢰성 검사에서는 DGPS 서비스의 무결성을 평가하기 위해 사용자 측의 판단 척도로서 제안한 PL (Protection Level)을 계산하여 AL과의 비교를 통해 신뢰도를 판단하며, 모니터링 및 공지 기능에서는 감시 결과를 모니터링하고, 이상이 발생한 경우에는 통신 채널을 통해 TTA 이내로 사용자에게 알람을 전달한다.

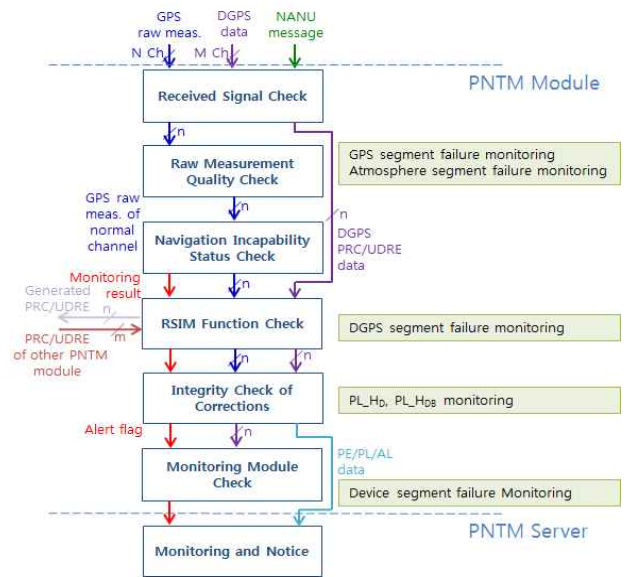


Fig. 5 The structure of PNT monitoring system

Table 6 Type for QM

QM	Type
SQM	<ul style="list-style-type: none"> Carrier-to-noise ratio test Code-carrier divergence test
MQM	<ul style="list-style-type: none"> Carrier smoothed code innovation test Carrier acceleration-ramp-step test
DQM	<ul style="list-style-type: none"> Old and new ephemeris test

3.3 결과물

본 연구에서는 제안한 향상된 DGPS 감시 컨셉을 토대로 항법성능 감시 시스템을 설계하고 남해 장목항을 사용자 영역으로 지정하여 실험환경을 구성하였다. 이를 위하여 항법성능 감시 모듈을 남해 장목항 인근에 설치하고, 영도 DGPS 기준국 신호를 수신 및 감시하였으며, 통합 모니터링 시스템을 두어 Fig. 6과 같이 처리 결과를 상시 감시하였다. Fig. 6의 상시 감시 차트에서 보이는 바와 같이 본 연구를 통해 기존 DGPS의 IM 기능에 대비 취득원시 정보 품질 감시 기능이 추가되고, 이외에도 각 결합 종류에 따라 세분화된 감시 기능이 추가되었다. 또한 기존 DGPS에서는 고려하지 않았던 사용자 측의 신뢰도 판단 척도로서 활용할 수 있는 PL이 도출되었으며, IMO에서 제시하는 최대 허용 오차인 AL과의 비교를 통해 무결성 성능을 판단할 수 있는 기틀을 마련하였다. 최종적으로 통합 모니터링 시스템에서는 대상 항만 유효범위 이내의 사용자를 위해 항법성능 감시 모듈의 각 블록 별 처리 결과를 바탕으로 양호/주의/위험/미서비스로 구분된 DGPS 서비스의 신뢰도 지표를 마련하였다.

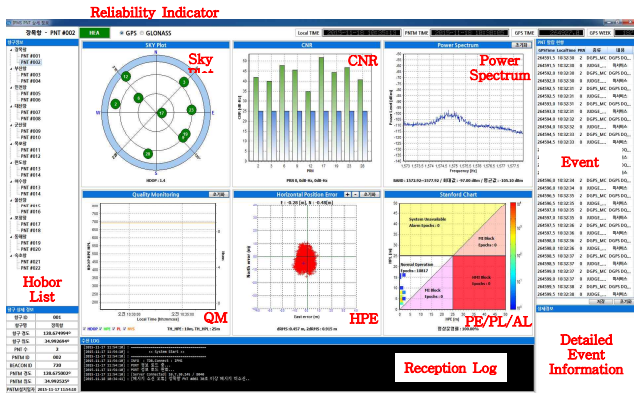


Fig. 6 Monitoring on PNTM Server

4. 결 론

본 논문에서는 기존 DGPS 기준국의 감시 기능 강화의 필요성을 보이고, 감시·보장·공지 기능을 개선하여 무결성 측면에서 보강하기 위한 향상된 감시 컨셉을 제안하였다. 이를 위하여 현재 DGPS 서비스 감시 기능의 취약점을 제시하고, 이에 대한 영향을 분석하였으며, 각 취약점 대비 해결안을 마련하였다. 또한 마련된 해결안을 토대로 하여 향상된 감시 컨셉을 구상하고, 항법성능 감시 시스템을 설계하였으며, 결과물을 통해 제안한 개념의 필요성 및 타당성을 보였다.

본 논문에서 제안하는 항법성능 감시 컨셉을 통해 추후에는 현재 DGPS 서비스의 한계를 개선하고, 감시, 보장, 공지 기능을 강화하여 항만 사용자에게 HEA 요구 성능을 만족하는 신뢰할 수 있는 항법 성능을 제공할 수 있는 환경이 마련될 수 있을 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 선박해양플랜트연구소의 지원으로 수행중인 “해양 정밀 임무수행용 멀티소스 복합항법 기반기술 개발 (PES2210)”의 연구결과 중 일부임을 밝힌다.

References

[1] Cho, D. J. et al.(2007), “A Study on Integrity Monitoring Improvement of the DGPS Reference Station”, Journal of Navigation and Port Research, Vol. 31, No. 6, pp. 509-514,
 [2] Xie, G.(2004), “Optimal On-airport Monitoring of the Integrity of GPS-based Landing Systems”, Stanford university Ph. D dissertation.
 [3] Nation Maritime PNT Office(2015), Facilities of DGNSS, <http://www.nmpnt.go.kr>
 [4] IMO(2002), Revised Maritime Policy and Requirements

for a Future Global Navigation Satellite System (GNSS), IMO Resolution A.915(22).
 [5] IALA(2004), The performance and monitoring of DGNSS services in the frequency band 283.5-325kHz (Edition 1.1), ILAL recommendation R-121.
 [6] Lee, J.(2005), “GPS-based Aircraft Landing Systems with Enhanced Performance : Beyond Accuracy”, Stanford university Ph.D dissertation.
 [7] Misra, P. and Enge, P. (2006), Global Positioning System Signals, Measurements, and Performance Second Edition, Ganga-Jamuna Press.
 [8] Park, S. H. et al.(2009), “A Study on Design of Reference Stations and Integrity Monitors for Maritime DGPS Recapitalization”, Vol. 33, No. 10, pp. 691-697, Journal of Navigation and Port Research.
 [9] Seo, K. Y. et al.(2009), “Design of Integrity Monitor Functions for Maritime DGPS RSIM”, Vol. 33, No. 6, pp. 395-400, Journal of Navigation and Port Research.
 [10] Seo, K. Y. et al.(2011), “Detection and Identification Methods of Satellite Anomaly for Maritime DGPS RSIM”, ENC 2011.
 [11] Seo, K. Y. et al.(2012), “Optimization Method of Measurement Noise for Detection and Identification of SV Clock Anomaly”, SCIS-ISIS 2012.
 [12] Seo, K. Y. et al.(2014), “Method of Differential Corrections Using GPS/Galileo Pseudorange Measurement for DGNSS RSIM”, Journal of Navigation and Port Research., Vol. 38, No. 4, pp. 373-378.
 [13] RTCM Special Committee No. 104(2001), RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Service, RTCM Paper 136-2001/SC 104-STD.
 [14] RTCA DO-245A(2004), Minimum Aviation System Performance Standards for the Local Area Augmentation System.
 [15] RTCM Special Committee No. 104(2006), RTCM Standard 10401.2 for Differential NAVSTAR GPS Reference Stations and Integrity Monitors (RSIM), RTCM Paper 221-2006-SC 104-STD.

Received 18 November 2015
 Revised 26 February 2016
 Accepted 26 February 2016