한국항해항만학회지 제31권 제10호, pp. 807~812, 2007 (ISSN-1598-5725)
Journal of Navigation and Port Research

E-Navigation을 위한 항만측위시스템 이중화에 관한 연구

† 오세웅* · 박상현* · 조득재* · 서기열* · 박종민* · 서상현*

* 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

A Study on dual harbour positioning system for E-Navigation Strategy

† *Se-Woong Oh** · *Sang-Hyun Park** · *Deuk-Jae Cho** · *Ki-Yeol Seo** · *Jong-Min Park** · *Sang-Hyun Suh**

* *Maritime and Ocean Engineering Research Institute, KORDI, Deajeon 305-343, Korea*

요 약 : E-navigation 전략의 핵심 장비인 전자해도표시시스템(ECDIS)과 선박자동식별장치(AIS)등의 출현으로 항해사는 전자항해 방식에 적응하며 편리성과 효율성으로 인해 전자항해장비에 의존하게 되었다. 현재의 첨단항해장비는 e-input인 측위정보가 필요하나, 신뢰할 수 있는 측위정보는 제한되어 있으며 고정적이라 할 수 있다. 결과로 첨단항해장비의 운용 및 해양분야의 위치정보 이용을 위해 주 측위시스템의 고장에 대비한 백업 측위시스템이 필요하게 되었다. 즉, 주 측위시스템에 고장이 발생하여 측위시스템으로부터 위치정보를 제공받지 못할 경우, 전파측위시스템 이외의 측위도구를 준비하여야 한다. 본 연구에서는 항만 내 항해 및 위치정보 서비스의 요구를 만족하기 위해 측위시스템을 분석하여 주시스템, 백업시스템의 적절한 조합을 통해 항만측위시스템 이중화 설계를 목적으로 한다.

핵심용어 : E-navigation, 측위시스템, 정확도, 무결성, 가용성, 연속성

Abstract : *With the advent of Electronic Chart Display and Information Systems(ECDIS) and Automatic Identification Systems (AIS) as the principal navigation equipment of E-navigation strategy, mariners will begin to practice "e-navigation" and increasingly rely upon these systems to navigate safely and efficiently. However, these electronic systems require "e-inputs" in order to function. At present, the choices for e-input are limited, and they are installation dependent. This means that the mariner must be suitably equipped in order to use an alternative e-input. If the primary e-input is lost, and the vessel is not equipped to make use of suitable alternative e-inputs, then continued operations will have to be done the "old fashioned way" using conventional navigation. The final objective is a recommendation of dual harbor positioning system on the most appropriate mix of positioning systems to satisfy the marine needs for radionavigation, positioning services.*

Key words : *E-navigation, Positioning system, Accuracy, Integrity, Availability, Continuity*

1. 서 론

항만 측위체계란 항만 내에서 일반항해(General navigation)와 측위(Positioning)에 요구되는 위치정보를 제공하는 인프라, 시스템, 도구를 말한다. 청정 해양에서 안전, 보안 및 효율적 해운에 기여하는 보다 정확하고 효율적인 시스템을 개발하기 위한 E-Navigation 전략에 Fail-safe 개념의 측위체계가 포함되어 있으며, 점차로 전자해도표시시스템(ECDIS), 선박자동식별시스템(AIS), 통합선교시스템(IBS), 오토파일럿 등 첨단항해장비의 측위정보에 대한 의존도가 높아짐에 따라 측위정보(Position information, e-input)를 제공하는 측위시스템의 중요성이 높아졌다.

E-Navigation 전략으로 Fail safe 측위체계가 제안되었으나, 측위체계 혹은 관련 기술의 개발방향에 대해 연구되지 못하였다. 미래 E-Navigation을 위한 항만 측위체계는 현재의 기술로는 수용할 수 없는 유기적인 체계와 높은 기술로 구성이 예상되는 바, 이에 대한 체계적인 접근이 반드시 필요하다.

이를 위해, 본 연구에서는 단일 측위시스템(GPS/DGPS) 사용 시 시스템의 고장으로 발생되는 심각한 혼란을 대비하여, 주(Primary)측위시스템, 백업(Back-up)측위시스템을 정의하고, 주 측위 시스템의 고장 시 부 측위시스템을 이용하여 안전항해가 가능한 항만측위체계 이중화 모델을 설계하였다.

† 교신저자 : 오세웅(정회원), osw@moeri.re.kr, 016-418-5125
* 정회원, shpark@moeri.re.kr 042)868-7518
* 정회원, djcho@moeri.re.kr 042)868-7282
* 정회원, vito@moeri.re.kr 042)868-7505
* 정회원, pjm@moeri.re.kr 042)868-7259
* 종신회원, shsuh@moeri.re.kr 042)868-7264

2. E-navigation과 항만 측위체계

국제해사기구(IMO)의 해사안전위원회(MSC) 81차 회의의 23번째 의제로 E-navigtion 전략 개발에 관한 문서가 제출되었다. 본 문서는 IMO의 항해안전 소위원회(NAV)와 무선통신 및 탐색구조(COMSAR) 위원회에 E-navigation에 관한 신규 아이템 제시를 위해 제출되었으며, 현재 가동하고 있거나 앞으로 예상되는 항해도구 특히 전자항해장비 사용에 대한 전략적 비전을 개발하는 것이 목적이다.

E-navigation 전략은 IMO 목표인 "청정 해양의 안전하고 효율적인 항해"에 기여할 수 있는 측위 시스템의 표준을 개발함으로써 해상사고, 실수, 고장을 감소시키는 것을 목적으로 한다. E-navigation 전략실행을 위해 해도, 선교항해장비, 전파항로표지, 무선통신체계와 같은 현재의 측위도구에 대한 수정이 요구되고 있다.

현재 AIS, ECDIS, IBS/INS, ARPA, LRIT, VMS, GMDSS와 같은 항해장비 및 무선통신서비스가 사용되고 있으며, 위 개발된 기술은 항해실수 및 고장을 줄일 뿐만 아니라, 구난구조, 환경오염감시, 해양안전, 해양자원의 탐지와 같은 많은 분야에 기여하고 있다. 한편 전문가들은 이러한 진보된 기술이 상호 연계되지 못한다면 선박과 육상 간 표준이 없으므로 신호전송이 동기화 되지 못하고, 선박 간 정보가 호환되지 않으며, 관련 기술이 불필요하게 복잡해짐으로써 해상교통관련 기술이 위축될 수 있다고 지적한 바 있다.

이를 개선하기 위해, 범용의 E-navigation 전략을 위한 핵심 구성요소(key component)가 제시되었으며 그 요소로는 (1) 전 세계 주요항로를 포함하는 최신의 전자해도의 개발, (2) 백업의 개념이 도입된 측위체계, (3) 해상교통지원정보의 제작, (4) 해상정보통신 네트워크의 구축, (5) 해상교통정보의 단일화면 표현기술 개발, (6) 위험상황에서의 경보 기능, (7) 최신기술의 무선통신체계를 위한 GMDSS의 조난정보의 정확한 전송이 있다.

위 E-navigation을 위한 핵심 구성요소 중 백업 개념이 도입도입된 측위체계가 있으며, 이는 GPS, Galileo, DGNSS, Loran-C, 관성측위장치 등 주 측위장치에 고장이 발생되더라도 부 측위장치를 이용하여 변함없이 항해를 가능하게 하기 위한 것이다.

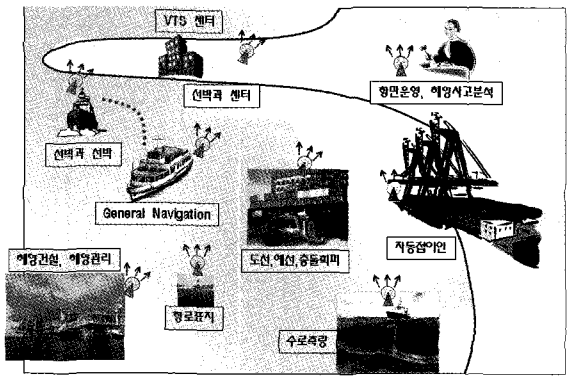

Fig. 1 Using example of position information in a harbor

한편 항만 내 측위정보는 광범위하게 사용되고 있는데, 그 사례로는 VTS 센터에서 선박의 위치를 파악하는 Ship to Shore, 선박에서 VTS 센터로 위치정보를 전송하는 Shore to Ship, 선박과 선박간의 위치정보를 상호공유하는 Ship to Ship, 해양건설이나 해양관리, 항로표지나 수로측량, 항만운영이나 자동접이안, 해양사고분석에 이용되며, 도선, 예선, 충돌회피 등이 있다. 미국 교통성에서는 항만 내 측위시스템을 Navstar GPS, DGPS, Loran-C로 이루어진 전파측위체계와 Dead Reckoning(추측항법), INS, Radar map matching, Visual(견시), Procedure(VTS에 의한 유도입항), Aids to navigation로 이루어진 비전파 측위체계로 나누고 Galileo, Pseudolite, Geo-location, eLoran 등을 도입하기 위해 검토 중에 있다.

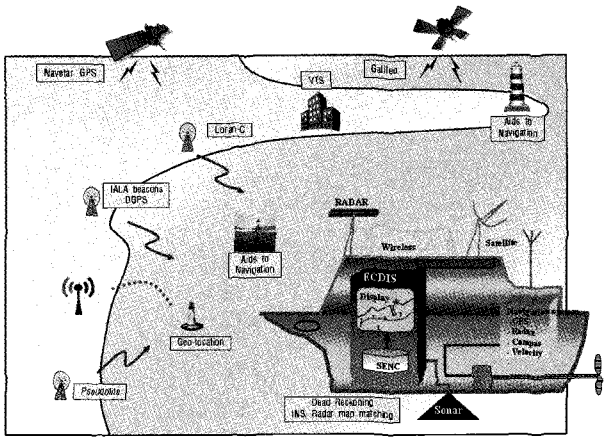

Fig. 2 System providing a position information in the harbor

E-navigation 전략을 수행하기 위해서는 백업의 개념이 도입된 측위체계 이중화가 고려되어야 하는바, 본 연구에서는 측위체계의 특성을 파악하여 백업 기능이 고려된 항만측위체계 이중화 모델을 설계하였다.

3. 항만측위체계 이중화 추진사례

3.1 미국

미국 교통성에서는 전파측위시스템 TFT로 하여금 전파측위시스템에 대한 투자 전략을 위해 "Radionavigation Systems: A Capa- bilities Investment Strategy"를 작성한 바 있다. 미 대통령 직속 주요 기간시설 보호 위원회는 GPS 서비스나 GPS를 이용한 응용시스템은 다양한 전파간섭에 민감한 기간시설이기 때문에, 만약 GPS 시스템이 동작을 멈출 경우에 대비한 민간 운송/교통 분야의 영향을 검토해야 한다고 보고하였다. 이후 미연방정부의 후속 조치로서 대통령 결정각서(president decision directive) 63에 따라 미국 교통성은 국방성의 자문을 받아 GPS에 의존하는 국가 운송/교통 기간시설의 취약점을 검토하였다.

본 보고서에서는 전파측위시스템 사용자의 요구사항과 전파

측위시스템의 성능을 비교평가하고 전파측위시스템의 정비와 Loran-C 시스템의 유지여부에 따라 4가지 경우의 전략을 마련하였다. 해양 및 항만 부분도 이에 포함되었으며 항만 입항 및 접근의 경우 사용자 요구사항은 아래 표와 같이 정리되었다.

Table 1 Harbor Entrance & Approach Users Requirements

	Accuracy (2 drms)	Availability	Probability of Broadcasting	Alert Limit	Time to Alarm	Continuity	Coverage	Primary System
Large Ships & Tows	8-20m	99.7%	Not Applicable	25m	10sec	99.97High 99.85Low	U.S.Harbor Entrance& Approach	NGPS
All Ships	8-20m	99.9%	Not Applicable	25m	10sec	99.97High 99.85Low	U.S.Harbor Entrance& Approach	NGPS
Resource Exploration	1-5m	99.0%	Not Applicable	25m	10sec	Not Applicable	U.S.Harbor Entrance& Approach	NGPS
Engineering & Construction Vessels	5m(H) 0.1m(V)	99.0%	Not Applicable	25m	10sec	Not Applicable	Entrance Channel& Jetties,etc.	NGPS

* 참조 : USA DOT(2004), "Radionavigation Systems : A Capabilities Investment Strategy"

측위와 해양자원 탐사, 해양건설 및 해양공학 관련 업무에서 수미터의 위치정확도와 높은 가용성, 무결성, 연속성을 가져야 하는 것으로 분석되었다. Table 2는 측위체계 요구사항 대비 각 측위시스템의 요구충족도를 평가하였다.

Table 2 Requirements Vs. Capabilities of Harbor Entrance & Approach

Characteristic	Requirement	GPS SPS	NDGPS	WAAS	LAAS	LORAN-C
Accuracy	8-20m(H) 0.1m(V)	No	Yes(H) No(V)	Yes(H) No(V)	TBD(H) No(V)	TBD(H) No(V)
Availability	99.9%	No	Yes	Yes	TBD	TBD
Integrity	25m Alert Limit 10 sec time to Alarm	No	Yes	Yes	TBD	TBD
Continuity	99.97 High 99.85 Low	No	Yes	Yes	TBD	TBD
Coverage	U.S.Selected Harbor Entrance and Approach Waterways	Yes	Yes	TBD	No	Yes
Meets Phase Requirements		No	Yes	No	No	No

* 참조 : USA DOT(2004), "Radionavigation Systems : A Capabilities Investment Strategy"

* TBD : To be developed

NDGPS와 WAAS의 경우 측위시스템 요구사항으로 만족하며, LAAS, LORAN-C의 경우 기술개발이 미흡하여 요구 조건을 만족하지 못하며, GPS의 경우 전반적으로 만족하지 못하는 것으로 분석되었다. 본 보고서에서는 측위시스템의 투자전략에 따라 측위분야와 비측위분야로 구분하여 상황별 전략을 설계하였다. 주 측위시스템으로 만족할 수 있는 측위체계는 GPS+NDGPS이며, 백업시스템으로는 Loran-C, 관성측위(INS), 견시(Visual), 레이더(Radar), 절차(Procedures)로 분석되었다.

Table 3 Recommended Radionavigation System Mixes

Options		Marine	Non-Navigation
Option1:Baseline (not 2001 FRP)	Primary	GPS_NDGPS	GPS+NDGPS
	Backup	Loran-C,INS,Visual, Radar,Procedures	Positioning-Optical Surveys, Inertial Surveys
			Timing Loran-C, WAAS, Clocks
Option2:Drop Loran-C	Primary	GPS+NDGPS	GPS_NDGPS
	Backup	INS,Visual, Radar,Procedures	Positioning optical Surveys, Inertial Surveys
			Timing WAAS, Clocks
Option3:Collocate augmentation continue Loran-C	Primary	GPS+NDGPS	GPS+NDGPS
	Backup	Loran-C,INS, Visual, Radar,Procedures	Positioning Optical Surveys, Inertial Surveys
			Timing Loran-C WAAS Clocks
Option4:Collocate augmentation discontinue Loran-C	Primary	GPS+NDGPS	GPS+NDGPS
	Backup	INS,Visual,Radar Procedures	Positioning Optical Surveys, Inertial Surveys
			Timing WAAS Clocks

* 참조 : USA DOT(2004), "Radionavigation Systems : A Capabilities Investment Strategy"

3.2 유럽

유럽연합과 HELIOS는 유럽 전파측위 계획 개발을 위해 유럽 전파측위 계획(ERNP)와 유럽 전파측위 서비스(ERNS) 문서를 작성하였다. ERNP의 목적은 안전, 교통, 환경, 경제 정책 등을 위한 상호 호환의 서비스 제공을 위해 안정적인 전파측위 환경 구축을 위한 EU의 계획을 수립하는 것이다. 본 문서에는 유럽에서 이용 가능한 측위체계에 대해 기술하고 측위정보를 이용한 응용시스템의 사례를 설명하였다.

또한, 유럽 해상 전파측위 포럼에서는 전파측위시스템에 대한 응용시스템 및 사용자 요구사항을 작성하였다. 측위시스템을 다음과 같이 정의하였다.

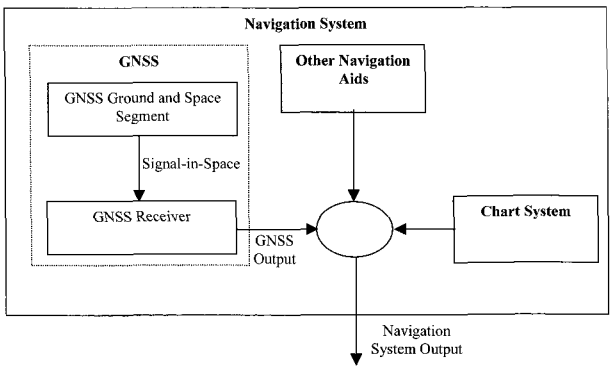

Fig. 3 Illustration of the GNSS boundary (dashed line) and navigation system boundary (solid line)

항해, 해상작업, 해상교통관리, 항만운영, 사고분석, 자원탐사, 어업, 군작전 등의 응용사례에 대한 요구사항을 기술하고 있다.

3.3 국제해사기구(IMO)

국사해사기구(IMO)는 전파측위(Radio navigation) 기준인 IMO Resolution A.953을 제시하였고, 전파측위 중 특히 미래위성측위(GNSS) 요구사항을 제시한 IMO Resolution A.915를 개발하였다. IMO Resolution A.915는 Fig. 4와 같이 관련 국제 문헌을 참조하여 측위체계 요구사항 수준을 정의하게 되었다.

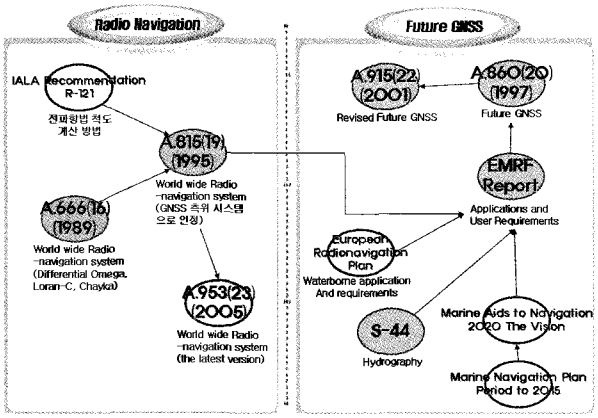

Fig. 4 Study on the history of IMO A.915

관련 문헌은 크게 "전파측위"과 "미래위성측위"로 구성되며 각 부분별 가장 최신 표준으로 IMO Resolution A.953(전파측위의 요구사항)과 IMO Resolution A.915(미래위성측위의 요구사항)가 있다. 유럽해양전파측위(EMRF) 포럼은 IMO Resolution A.953(전파측위의 요구사항), 유럽의 전파측위 계획(측위정보 이용분야), 2020 항로표지 비전(유럽의 측위체계 종합전략), IHO S-44(수로측량)를 근거로 하여 "EMRF Roport - Application and user Requirements for Future GNSS"를 주도적으로 개발하였고 이 자료는 IMO Resolution A.915(미래위성측위의 요구사항)으로 편집되었다.

본 문헌 분석을 통해 IMO Resolution A.915(미래위성측위의 요구사항)의 개발 경위와 근거를 확인할 수 있었고, 측위시스템의 수평/수직 정확도(Accuracy)는 유럽해양전파측위 포럼의 전문가 의견(judgement)이 깊이 반영되어 있는 것으로 조사되었다.

4. 항만측위체계 이중화 모델 설계

4.1 설계 고려요소

본 절에서는 전파측위시스템의 성능평가 시, 측도로 사용되는 정확도(Accuracy), 무결성(Integrity), 가용성(Availability), 연속성(Continuity)에 대해 분석하였다.

(1) 정확도(Accuracy)

정확도는 주어진 시각과 매개변수에서 예상값과 측정된 값 간의 일치도를 말하는 것으로, 매개변수는 좌표값인 위치나 속력, 시각, 각도로 표시될 수 있다. 정확도는 절대 정확도, 예측 정확도, 상대 정확도, 반복 정확도로 분류된다. 절대 정확도는 지구상에 지리좌표계에 관한 위치계산 일치도에 따라 표현되는 위치정확도이고, 예측 정확도는 지도상의 위치에 따라 계산된 위치 정확도이며, 상대 정확도란 동시간에 동일 측위시스템의 다른 사용자의 정확도를 비교하여 위치를 결정할 수 있는 정확도이며, 반복 정확도란 좌표를 동일측위시스템으로부터 서로 다른 측도를 이용하여 전 시간에 측정된 위치로 돌아갈 수 있는 정확도이다. 통상적으로 수평위치 절대정확도와 수직위치 절대정확도가 사용되고 있다.

(2) 가용성(Availability)

전파측위 시스템의 가용성이란 정해진 상태에서 요구된 기능을 수행하는 시간 비율로 정의되며, 비가용성 시간이 발생되는 원인으로 정기적인 점검시간과 비정기적(갑작스런) 중지 상태가 있다. 가용성 중 신호 가용성이란 지정된 지역에서 전파신호의 가용성을 말하고, 시스템 가용성이란 신호 가용성과 사용자 수신기의 성능을 포함하여 시스템의 사용자 가용정도를 말한다. 가용성을 수식으로 표현하면 아래 식과 같다.

$$Availability(A) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + U_1 + U_2} \times 100\% \text{ or}$$

$$Availability(A) = 1 - \frac{MTTR}{MTBF} - \frac{U_1}{MTBF} - \frac{U_2}{MTBF}$$

$MTBF$ = 고장기간과 고장기간 간의 평균시간

$MTTR$ = 평균 고장수리 시간

U_1 = 연간 계획된 점검시간

U_2 = 연간 평균 고장시간

로 표현된다.

가용성 값의 가장 중요한 요인은 $MTBF$로서, Table 4는 32시간의 $MTTR$, 12시간의 연간 점검시간과 12시간의 연간 평균 고장시간을 가정할 때, $MTBF$가 가용성에 어떤 효과를 주는지를 나타낸다.

Table 4 Availability regarding to the $MTBF$

$MTBF$	$Availability$
1 month	95.55%
2 months	97.59%
4 months	98.65%
6 months	99.00%
1 year	99.34%
1.5 years	99.48%
2 years	99.54%
4 years	99.64%
8 years	99.68%

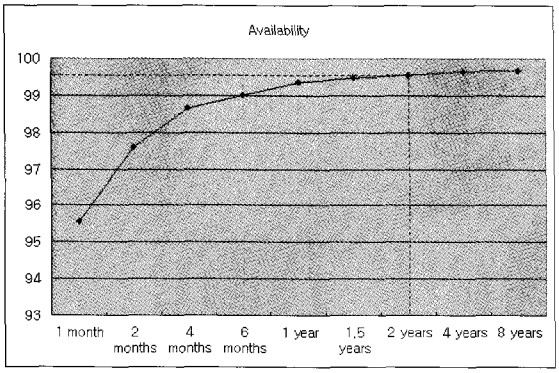

Fig. 5 Variation of Availability with *MTBF*

위 표와 같이, 현재 IMO A.915는 가용성 99.8% 수치를 보이고 있으나, 단일 송신기지국에 의해 커버되는 지역에서 *MTBF*가 8년을 초과하여야 하는 높은 수준이다. 위의 *MTTR*과 정지시간을 가정할 때 2~2.5years의 *MTBF*와 99.5%의 가용성 값이 현실적이라고 판단된다.

(3) 연속성(Continuity)

연속성이란 일정기간 동안 고장 없이 일정수준의 성능을 낼 수 있는 시스템의 능력을 말하는 것으로 다음의 식으로 표현된다.

$$Continuity(C) = \frac{MTBF}{MTBF + U_2 + CTI} \times 100\% \text{ or}$$

$$Continuity(C) = 1 - \frac{U_2}{MTBF} - \frac{CTI}{MTBF}$$

$MTBF$ = 고장기간과 고장기간 간의 평균시간

U_2 = 연간 평균 고장시간

CTI = 연속성 시간 간격

2년의 *MTBF*을 가정할 때, 12시간의 연평균 고장시간과 3시간의 연속성 시간 간격일 경우, 99.85%의 연속성 값이 현실적인 값으로 판단된다.

(4) 무결성(Integrity)

무결성이란 시스템이 고장 시 사용자에게 경고를 보내는 기능을 말하며, 지역 무결성 감시와 광역 무결성 감시로 구분된다. 지역 무결성 감시는 참조 기지국에서 무결성 감시 수신기에 의해 수행되는데 무결성 감시 기능은 시스템 피드백 정보와 함께 참조 기지국 수신기로 알람 신호를 보낸다. 선진 국가는 광역 무결성 감시 기능을 구현하였으며, 이 경우 무결성 감시 기능은 원격지에 설치된다.

4.2 측위체계 요구조건

IMO Resolution A.915(미래위성측위의 요구사항)을 참조하여 아래 그림과 같이 항만 측위체계를 위한 요구조건(Requirement)을 정리하였다.

		Performance					Stability	
		Accuracy		Integrity				
		Hor.	Ver.	Alert Limit	Time to Alarm	Integrity Risk	Availability	Continuity
General Navigation	Harbor Entrances & Approach	10 m	.	25 m	10 sec.	10^{-5}	99.8 %	99.97 %
	Harbor	1 m	.	2.5 m	10 sec.	10^{-5}	99.8 %	99.97 %
Precise Positioning	Automatic Docking	0.1 m	.	0.25 m	10 sec.	10^{-5}	99.8 %	99.97 %
	Hydrography	1-2 m	0.1 m	0.25 m	10 sec.	10^{-5}	99.8 %	.
	Dredging	0.1 m	0.1 m	0.25 m	10 sec.	10^{-5}	99.8 %	.
	Construction Works	0.1 m	0.1 m	0.25 m	10 sec.	10^{-5}	99.8 %	.
	Cargo Handling	0.1 m	0.1 m	0.25 m	1 sec.	10^{-5}	99.8 %	.

Fig. 6 Requirement of Harbor Positioning System

항만 측위체계의 사용자요구 수준으로 자동접이안의 경우 0.1m의 수평정확도, 수로측량의 경우 0.1m의 수직정확도의 매우 높은 수준이 요구되고 있다. 또한 높은 무결성과 가용성, 연속성의 수준이 요구된다. 위의 요구수준 중 위 수준을 포함하는 최종 요구수준을 정리하면 아래 Fig. 7과 같다.

	Performance					Stability	
	Accuracy		Integrity				
	Hor.	Ver.	Alert Limit	Time to Alarm	Integrity Risk	Availability	Continuity
Future Harbor & HEA	0.1 m	0.1 m	0.25 m	1 sec.	10^{-5}	99.8 %	99.97 %

Multiple Redundancy 개념 도입을 통한 항법체계의 'Fail- safe' 성능 요구 (E-Navigation Policy Key Component)

복합 항법체계 아키텍처

2개 이상의 Radionavigation 또는 Non-radionavigation 시스템이 동시에 운용되는 항법체계 요구

Fig. 7 The Minimum Requirement of Harbor Positioning System

미래 항만 측위체계는 0.1m의 수평위치정확도, 0.1m의 수직위치정확도, 0.25m와 1sec의 무결성, 99.8%의 가용성, 99.97%의 지속성을 유지 하여야 위 요구 수준이 항만측위체계 이중화를 위한 기준인 것으로 분석되었다. 위 요구수준을 만족하면서 항만 측위체계의 Fail-safe 성능이 요구되며, 이를 위해서는 2개 이상의 전파측위 또는 비전파 측위시스템이 동시에 운용되는 체계가 필요하다.

4.3 항만 측위체계 구성

시스템 고장이 발생되더라도 사고로 이어지지 않도록 "Redundancy" 개념이 적극 반영된 시스템을 Fail-safe 시스템이라고 하며, Fail-safe 기능이 부가된 항만측위체계 이중화는 주측위 시스템의 고장 발생 시 백업측위 시스템의 도움을 받아 안전 항해를 가능하게 하는 것으로 항만 내 측위 시스템, 인프라, 도구에 대한 설계를 말한다. 항만측위체계 이중화 모델 설계를 위해 측위시스템의 척도를 파악할 수 있는 전파측

위 시스템의 성능을 다음과 같이 정리하였다.

	NAVSTAR-GPS	GALILEO	Loran-C	DGPS (IALA beacons)
Horizontal accuracy [m]	10 ~ 20	10/4*	180	1~5
Availability [%]	> 99.85	> 70/99.5*	99.6~99.9	99.8
Geographical coverage	Global	Global	Regional	Regional
Operational costs	No	No/Yes	No	No
Receiver costs	Low	Low**	Meddle	Low

* According to design specifications
** Expected after development costs have been recovered

Fig. 8 Evaluation of Capability of Radionavigation system

항만측위체계 요구조건에 따른 각 측위시스템 평가 결과로 현재 운용 중인 GPS, DGPS, Loran-C 등은 미래 항만을 위한 측위체계 요구조건을 만족하지 못하며 현재 R&D 관점에서 연구 중인 지상기반 보정정보와 의사위성을 이용한 정밀측위법이 기준을 만족하는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 분석 결과를 토대로 다음과 같이 항만측위체계 이중화 모델을 설계하였다.

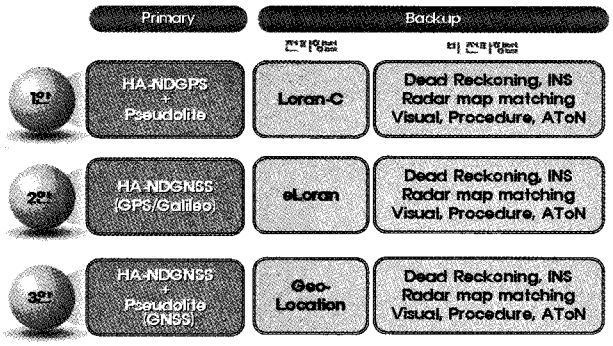

Fig. 9 Dual Harbour Positioning System

항만측위체계 이중화 모델에서 제시된 3개의 대안은 다음과 같다.

- 제1안 : (HA-NDGPS+Pseudolite), Loran-C, 이외의 비 전파측위
- 제2안 : (HA-NDGNSS), eLoran, 이외의 비 전파측위
- 제3안 : (HA-NDGNSS+Pseudolite), Geo-Location, 이외의 비 전파측위

본 연구에서 설정한 항만측위체계의 요구조건을 만족시키기 위해서는 지상기반 보정정보와 의사위성을 이용한 정밀측위기술(PPP) 개발이 시급히 요구된다. GNSS을 포함한 정보통신 분야는 연구가 진행됨에 따라 발전을 거듭하고 있으며, 항만 측위체계 아키텍처와 같은 전략 계획(Strategy Plan)은 최신의 정보기술 현황이 반영되어 지속적으로 수정보완 되어야 한다.

5. 결 론

청정 해양에서의 안전하고 효율적인 항해를 목적으로 하는 E-navigation 전략에는 해상교통안전 및 예방을 위해 7개의 핵심 구현 요소가 있으며 그 중의 하나가 Fail-safe 개념 즉, 백업장치의 개념이 부가된 항만측위체계 이중화 모델 구현이다. 본 연구에서는 E-navigation을 위한 항만측위체계 이중화 모델 설계를 위해 국외 측위체계 이중화 추진사례와 측위체계 요구수준을 조사하였고 IMO의 미래 GNSS 측위체계 요구수준을 참조하여 항만측위체계 이중화 모델을 설계하였다. 측위체계 이중화를 위해 3개의 대안을 제시했으며, 미래의 E-navigation 전략을 위해서는 지상기반 보정정보와 의사위성을 이용한 정밀측위기술(PPP) 개발이 요구된다.

후 기

본 연구는 국립해양조사원의 "차세대 전자해도 개발", 한국해양연구원의 "네트워크 기반 항만관제 및 측위체계기술 개발" 연구의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] EMRF(2001), "Review of IMO Resolution A.815(19)"
[2] HELIOS(2003), "Recommendations towards the development of a European Union Radio-Navigation Plan"
[3] HELIOS(2003), "European Union Radio-Navigation Services"
[4] IALA(2004), "IALA Recommendation R-122 on the performance and monitoring of DGNSS Services in the Frequency Band 283.5-325kHz"
[5] IMO(2004), "Resolution A.953(23) World-wide Radio navigation System"
[6] IMO(2001), "Resolution A.915(22) Revised maritime policy and requirements for a future global navigation satellite system(GNSS)"
[7] IHO(1998), "IHO Standards for Hydrographic surveys"
[8] USA DOT(2004), "Radionavigation Systems : A Capabilities Investment Strategy"

원고접수일 : 2007년 4월 6일
원고채택일 : 2007년 12월 7일