

선박자동식별장치를 이용한 ADS-B 개념 기반의 항공감시용 송수신기의 구현

송재훈† · 오경륜* · 김종철** · 이장연***

†,*,**,***한국항공우주연구원

Implementation of Aeronautical Surveillance Transceiver using AIS based on ADS-B Concepts

Jae-Hoon Song† · Kyung-Ryoon Oh* · Jong-Chul Kim** · Jang-Yeon Lee***

†,*,**,***Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 305-333, Korea

요 약 : 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 선박의 해상 충돌을 방지하기 위하여 SOLAS의 요구조건에 따라 모든 선박에 대하여 선박자동식별장치(Automatic Identification System, AIS)를 의무적으로 장착하도록 권고하고 있다. AIS를 사용하면 타선에 대한 제원 및 항행정보의 획득이 가능하여 충돌방지뿐만 아니라 광역관제, 조난 선박의 탐색구조 등 안전관리에도 활용이 가능하다. 본 논문에서는 AIS 장비를 사용하여 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) 개념 기반의 항공감시용 송수신기를 구현한 결과에 대하여 살펴보고자 한다. 기본적으로 AIS는 해상에서 사용되기 때문에 고도 정보를 사용하지 않지만, AIS 장비 내부에 사용하는 GPS (Global Positioning System) 칩셋에서 제공하는 고도 정보의 추출이 가능하다. 고도 정보를 포함한 감시 메시지 형식을 정의하고, SOTDMA (Self-Organizing Time Division Multiple Access) 방식을 개선하여 ADS-B 송수신기를 구현하였다. 적용 결과를 확인하기 위하여 지상시험 및 비행시험을 수행하였다.

핵심용어 : Automatic Identification System (AIS), Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B), Global Positioning System (GPS), Self-Organizing Time Division Multiple Access (SOTDMA)

Abstract : International Maritime Organization (IMO) recommends the installation of an Automatic Identification System (AIS) according to requirements by SOLAS to avoid maritime collision. AIS provides traffic information of other ships that may be used for maritime traffic control, SAR (Search and Rescue) and collision avoidance to apply safety management. In this paper, preliminary results to implement an aeronautical surveillance transceiver using AIS transceiver based on ADS-B concepts are described. Although altitude information is not required for AIS since the AIS is operated at MSL (Mean Sea Level), altitude information can be extracted by a GPS (Global Positioning System) chip-set in the AIS transceiver. ADS-B transceiver is implemented by defining a surveillance message format including the altitude information and modifying SOTDMA (Self-Organizing Time Division Multiple Access) protocol. Ground tests and flight tests are performed to validate the implementation results.

Key words : Automatic Identification System (AIS), Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B), Global Positioning System (GPS), Self-Organizing Time Division Multiple Access (SOTDMA)

1. 서 론

항공감시의 고전적 의미는 관제사로 하여금 항공기의 위치를 파악하여 안전하고 신속한 방법으로 항공기 간의 분리 간격을 유지하게 함으로써 안전하고 효율적인 운항을 추구하는 수단이다. 기존의 항공감시시스템에서는 SSR (Second Surveillance Radar) 및 Mode A 및 Mode C와 같이 독립적인 (independent) 레이더 체계에 의하여 항공기의 위치를 파악하고, PSR (Primary Surveillance Radar)과 VHF (Very High Frequency) 대역의 음성통신에 기반하여 항공기의 분리 간격을 확보하고 나아가 공역을 관리하였다. 디지털 데이터링크(Digital Datalink)

와 위성항법시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS)을 사용한 항공감시에 관한 연구가 진척되면서 새로운 개념의 감시 시스템이 대두되었고, 그 대표적인 예가 자동항행감시시스템, 즉 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) 이다(오, 2004).

해양분야에서도 선박의 위치를 파악함으로써 충돌을 방지하고 나아가 광역관제 및 조난 선박의 탐색구조를 위하여 선박자동식별장치(Automatic Identification System, AIS)를 사용하고 있다. 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 해상인명의 안전에 관한 조약(International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)에서 명시된 요구조건에

† 교신저자 : 송재훈 (정회원), jhsong@kari.re.kr 042) 860-2473

따라 300톤급 이상의 국제 선박, 500톤급 이상의 국내 화물선 및 모든 여객선에 대하여 AIS 장비를 장착하도록 권고하고 있다(IMO, 2003).

본 논문에서는 해양용 감시시스템으로 사용하는 AIS를 사용하여 ADS-B 개념을 기반으로 하는 항공감시용 송수신기를 구현한 방법 및 결과에 대하여 살펴보기로 한다.

디지털 데이터링크와 위성항법시스템을 기반으로 하는 새로운 개념의 항공감시시스템인 ADS-B의 개념에 대해서 언급하고, AIS 장비를 이용하여 항공감시용 송수신기를 구현한 방법에 대하여 구체적으로 설명하였다. 제안한 시스템에 대한 성능평가를 위하여 수행한 지상시험 및 비행시험의 결과를 살펴보고, 실험결과를 통하여 본 연구의 동기 및 의의를 고찰하였다.

2. ADS-B 관련개념

2.1 ADS-B의 정의

ADS-B란 항공기 또는 이동체에서 자신의 3차원 위치, 속도 및 기타 정보를 데이터 링크를 통해 주기적으로 방송하는 기능을 의미하며, 지상시스템에서 도달 범위 내의 항공기 및 이동체에 제공되는 방송 서비스도 포함하는 개념이다. ADS-B에 대한 단어적인 의미는 Table 1과 같다(FAA, 2007).

Table 1 Analytic definition of ADS-B

Automatic	Periodically transmits information with no pilot or operator input required
Dependent	Position and velocity vector are derived from the Global Positioning System (GPS) or a Flight Management System (FMS)
Surveillance	A method of determining position of aircraft, vehicles, or other asset
Broadcast	Transmitted information available to anyone with the appropriate receiving equipment

ADS-B의 기능은 정보의 제공 방향에 따라 크게 “ADS-B IN” 및 “ADS-B OUT” 으로 나눌 수 있다. ADS-B IN 기능은 항공기, 이동체 또는 지상시스템에서 외부로부터 감시 정보를 제공받는 것을 의미하며, ADS-B OUT 기능은 항공기 및 이동체에서 자신의 감시 정보를 외부로 제공하는 것을 의미한다(ADS-B ARC, 2007). 따라서, 서비스 영역 내의 항공기, 이동체 및 지상시스템에서의 모든 주체들이 동일한 감시 정보를 공유하게 되며, 이것이 ADS-B의 가장 큰 효용이라 할 수 있다.

2.2 ADS-B 후보 데이터링크

ADS-B의 기능 구현을 위한 국제 표준으로 논의되는 데이터링크 후보는 1090 Extended Squitter, UAT (Universal Access Transceiver) 및 VDL (VHF Data Link) Mode 4 등 3가지이다. 1090 Extended Squitter는 기존의 레이더 체계에서 사용되는 SSR Mode S 기술을 확장 개념으로 개발되었다. UAT는 미국에서 개발된 데이터 링크로서 981 MHz 대역에서 성능평가 및 시

범운영을 계속하고 있으며, 감시 및 상황별 경고에 최적화되어 있다. VDL Mode 4는 기존의 항공용 주파수인 VHF 대역에서 2개의 25 kHz의 광역 신호채널을 사용하고 있으며, 다중접속방식으로서 STDMA (Self-organizing Time Division Multiple Access)을 사용하는데, 이것은 AIS 장비에서의 다중접속방식인 SOTDMA (Self-Organizing Time Division Multiple Access)와 동일한 개념이다.

1090 Extended Squitter는 강한 출력을 필요로 하고, 지상시설에 대한 의존성이 크지만, 기존 시스템과의 호환성 측면에서 당분간 혜택을 제공할 것으로 예상된다. UAT는 VDL Mode 4에 비해 최적화된 시스템으로 운영에서의 매력력이 있지만, 표준화 작업이 미비한 상태이다. 각각의 데이터 링크에 대한 비교는 Table 2에 요약하였고, Fig. 1에는 개념을 정리하였다(Helios, 2006).

Table 2 Comparative characteristics of ADS-B datalinks

	1090 MHz Extended Squitter	VDL Mode 4	UAT
Channel structure	Wideband single channel	Multiple narrow channels	Wideband single channel
Operating frequency band	1090 MHz	VHF band (108-136 MHz)	DME band (960-1215 MHz)
Operating frequencies cleared and assigned	Yes	No	No
Other systems operating in same channel	Mode A/C SSR Mode S TCAS	None	JTIDS
Transmission frequency	Fixed	Variable by ground station or application	Fixed
Media access system	Random	Self-Organised timeslot structure	Uplink is timeslot structure. Downlink is random.
Other data link applications supported	Uplink broadcast applications. Note that Mode S delivers other applications	Broadcast and ATN applications	Uplink broadcast applications
SARPs status	Published	Published	Not started
MOPS status	Published	Interim version published	Under development

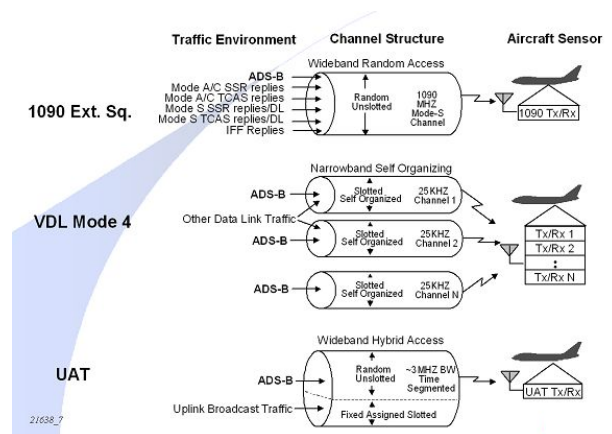


Figure 1 Summary of ADS-B datalinks (Helios, 2006)

2.1 ADS-B 도입 현황

국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)에서는 민간 항공기에 대하여 2010년부터 1090 Extended Squitter 기반의 ADS-B 시스템 의무장착을 권고하고 있다. 이에 대해 국제항공운송협회(International Air Transport Association, IATA)는 ICAO 항공통신·항행·감시 및 기상회의(Communication·Navigation·Surveillance / Meteorology, CNS/MET)에서 지지를 표명하였다. 2006년말 기준으로 40% 이상의 국제 민간 항공기가 1090 Extended Squitter 기반의 ADS-B 장비를 장착하고 있다. 세계 각지의 ICAO 지역사무소에서는 단기적 측면에서의 해당 지역 데이터 링크로서 1090 Extended Squitter를 선정하였으나, 장기적 측면에서 미국과 유럽은 위에서 언급한 바와 같이 고유의 데이터 링크를 개발하여 추진 중에 있다. 현재 미국과 유럽은 2012년 완성을 목표로 ADS-B 데이터의 수집·가공·분배를 위한 지상인프라 구축사업을 진행 중에 있다.

3. 시스템 구현

3.1 AIS 장비의 이해 및 분석

해양용 AIS 장비는 국제전기통신연합(International Telecommunications Union, ITU)에 의하여 국제표준이 제정되어 있으며, 국제전기표준회의(International Electrotechnical Commission, IEC)에서 형식승인을 담당하고 있다(IEC, 2001). 국제표준에서 제시하는 AIS 장비에 대한 블록도는 Fig. 2와 같다.

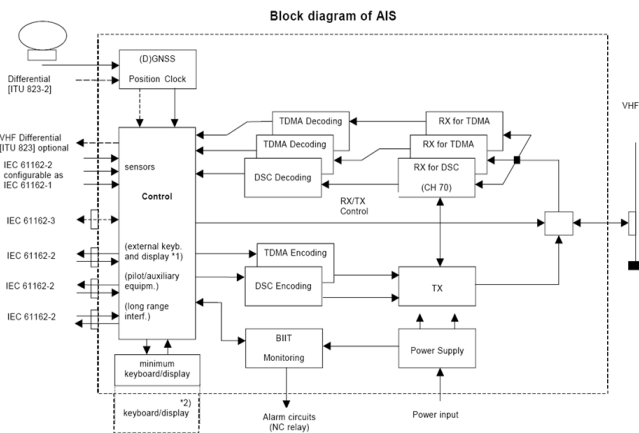


Figure 2 Block diagram of AIS (IEC, 2001)

해양용 감시시스템과 항공용 감시시스템 사이의 가장 큰 차이점은 고도 정보의 사용 유무이다. Fig. 2를 살펴보면, 위치정보의 획득을 위한 센서는 위성항법시스템을 사용한다. 기본적으로 선박은 해상에서 운용되기 때문에 고도 정보가 필요치 않다. 하지만, 항공 운항의 측면에서는 출발지와 도착지의 2차원 좌표값도 중요하지만, 안전하고 효율적인 항행을 위해서는 고도 정보가 필수적이다.

3.2 AIS를 이용한 항공감시시스템의 구현

본 연구를 위하여 국내기술로 개발되어 손쉽게 구입이 가능한 AIS 장비를 선택하였다(Saracom, 2005). 해당 AIS 장비의 상세 인터페이스 도면은 Fig. 3과 같고, GPS (Global Positioning System) 신호가 인가되는 포트는 네모상자로 표시하였다.

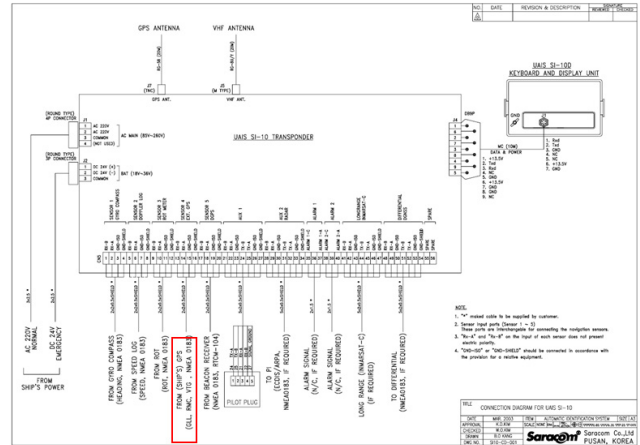


Figure 3 Schematic drawing of AIS (Saracom, 2005)

해당 AIS 장비의 경우에 SiRF사의 GPS 칩셋을 채택하였다. 해당 칩셋에서 고도 정보를 추출하기 위하여 GPS 칩셋에서 획득 가능한 출력 메시지를 조사하였다. GGA, GLL, GSA, GSV, MSS, RMC, VTG, ZDA, 150 등 총 9개의 NMEA (National Marine Electronics Association) 출력 메시지 가운데 고도 정보를 포함하는 메시지는 GPS Fixed Data를 나타내는 GGA 메시지이다(SiRF, 2005). GGA 메시지의 형식은 Table 3과 같다.

Table 3 GGA data format (SiRF, 2005)

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487	hhmmss.sss	
Latitude	3723.2475	ddmm.mmmm	
N/S Indicator	N	N=north or S=south	
Longitude	12158.3416	dddmm.mmmm	
E/W Indicator	W	E=east or W=west	
Position Fix Indicator	1		See Table 1-4
Satellite Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation		meters	
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR> <LF>			End of message termination

따라서 AIS 장비 내부에서 GPS 칩셋과의 인터페이스와 출력을 담당하는 펌웨어를 개선하여 Table 4와 같은 크기를 갖는 항공 감시용 ADS-B 메시지 형식을 새로이 정의하였다. 메시지 구성은 유럽의 항공감시 데이터통신 표준인 ASTERIX (All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange)를 참조하였다(Eurocontrol, 2002). 경도 및 위도 정보는 종전과 동일하게 1/10,000 해상도를 갖게 하였다. 경도, 위도 및 고도 정보에 대한 상세한 내용을 Table 5에 나타내었다.

Table 4 ADS-B message structure

No.	Parameter	Number of bits
1	Message ID	6
2	User ID	10
3	UTC Time	27
4	Date	19
5	Position Accuracy	1
6	Longitude	28
7	Latitude	27
8	Altitude	14
9	SOG	13
10	COG	12
11	True Heading	9
12	Position Fix Indicator	2
	Total number of bits	168

Table 5 Descriptions of position information

Parameter	Number of bits	Description
Longitude	28	Longitude in 1/10,000 minute (± 180 degrees, East = positive, West = negative); 181 degrees (6791AC0 hex) = not available = default
Latitude	27	Latitude in 1/10,000 minute (± 90 degrees, North = positive, South = negative); 91 degrees (3412140 hex) = not available = default
Altitude	14	Altitude in 1 meter steps (0-16,382 meters) 16,383 meters = not available = default

4. 실험결과

해양용 AIS 장비를 보완하여 ADS-B 개념 기반의 항공감시 시스템을 위한 ADS-B 송수신기의 성능을 확인하고, 기존의 감시시스템과의 성능을 비교하기 위하여 한서대학교 태안비행장에 Fig. 4와 같은 ADS-B Test-bed를 설치하고 지상시험 및 비행시험을 수행하였다(송, 2007).



Figure 4 Configuration of the ADS-B test-bed

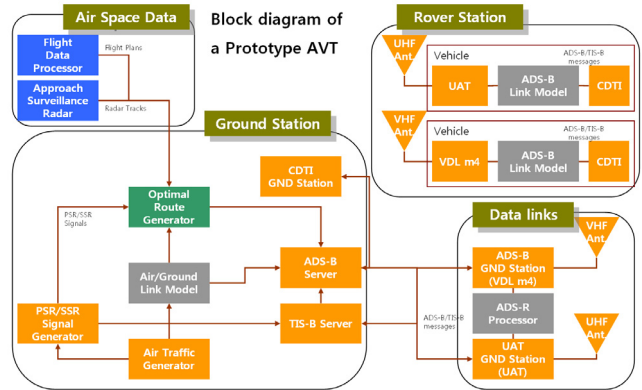


Figure 5 Block diagram of the ADS-B test-bed

ADS-B Test-bed는 크게 지상시스템과 탑재시스템으로 이루어져있다. ADS-B Test-bed의 지상시스템은 각종 감시 정보를 취합하여 신뢰성 높은 데이터를 제공하여야 한다. 연구용 Test-bed로서 본 연구를 통해 구현한 송수신기를 사용하고, 비교를 위한 다른 데이터링크로서 미국 MITRE에서 개발한 UAT를 사용하여 ADS-B 기능을 구현하였다. 본 연구에서 ADS-B 데이터링크의 또 다른 후보인 1090 MHz Extended Squitter는 고려하지 않았다. ADS-B Test-bed의 블록도는 Fig. 5와 같다. Fig. 5 가운데 Data links와 Rover Station 부분에 사용되는 VDL m4가 제안하는 ADS-B 송수신기이다.

4.1 지상시험

지상시험은 자동차에 항공감시시스템의 ADS-B 개념 기반의 A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) 기능을 확인하기 위하여 1대의 항공기를 포함한 3대의 이동차량을 사용하여 수행하였다. 시험항공기가 활주로에 착륙하여 계류장으로 이동하는 과정에서 발생할 수 있는 대표적인 상황을 4가지 경우로 나누어 시나리오를 구성하였다. 구현된 ADS-B 송수신기를 통하여 획득한 감시 정보는 CDTI (Cockpit Display of Traffic Information)을 통해 실시간으로 시현하였다. Fig. 6에 지상시험 결과를 나타내었다. Fig. 6에서 1대의 항공기는 EURO라 표시하였고, 3대의 이동차량은 각각 HL1091, HL1092, HL1093이라 표시하였다.

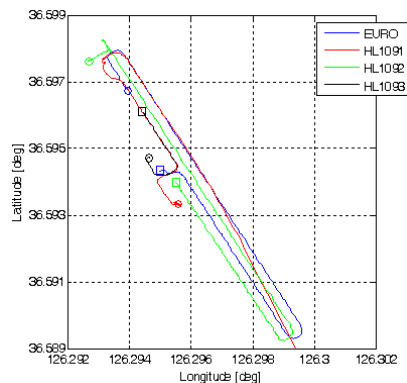


Figure 6 Horizontal tracks of test vehicles

4.2 비행시험

비행시험의 목적은 항공기에서의 감시정보의 획득과 그로 인한 상황 인식의 개선을 정량적으로 확인하는 것이다. 기존과 같이 외부로부터 레이더 기반의 감시 정보를 간접적으로 제공받는 상황에서 ADS-B 개념의 항공감시 기능을 확인하고 비교하기 위하여 2기의 항공기를 사용하여 관제탑 및 항공기가 실시간으로 감시 정보를 공유하는지 확인하였다. 비행시험에 사용된 항공기는 각각 HL1091, HL1100의 식별부호를 부여받았다. Fig. 7은 각각의 항공기에 대한 3차원 이동경로를 나타낸다. 항공기의 수평 위치정보 이외에 지상시스템에서 생성한 변침점 (way-point) 정보도 함께 보여주고 있다. Way-point에 대한 조종사별 오차를 확인할 수 있으며, 이로 인한 인적요소도 정량적으로 평가할 수 있다. 다만 비행계획서에 제시된 way-point 이외에 위치정확도의 기준이 되는 공간상의 비행경로를 명확히 제시하기 곤란하기 때문에 정량적인 위치정확도의 성능은 언급하기 어렵다.

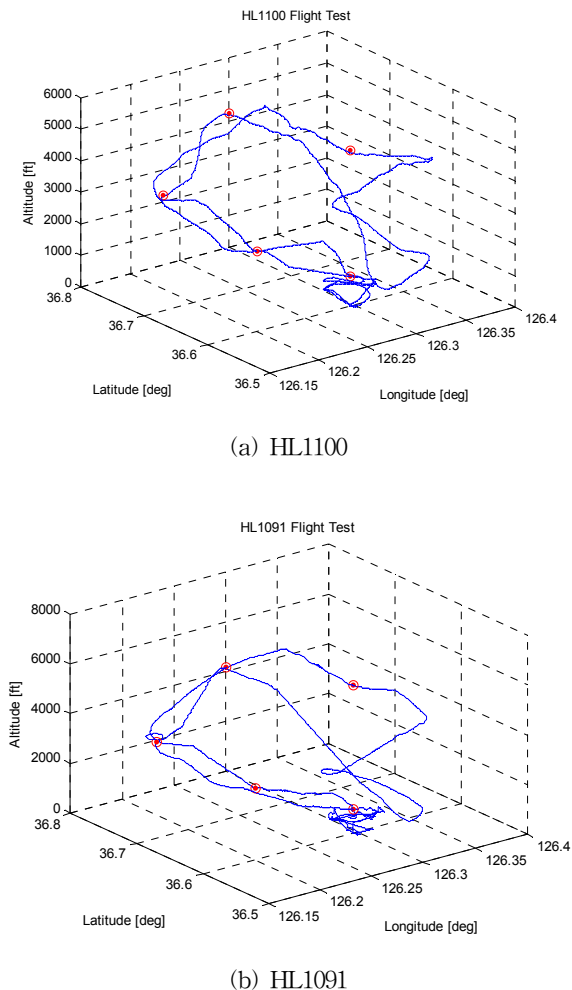


Figure 7 Three dimensional trajectories of test aircraft

비행시험을 통해 획득한 두 항공기의 고도정보는 Fig. 8에 나타내었다. 비행시간 동안 AIS 장비를 활용한 송수신기를 통해 2대의 시험항공기에 대한 고도 정보를 확인할 수 있다.

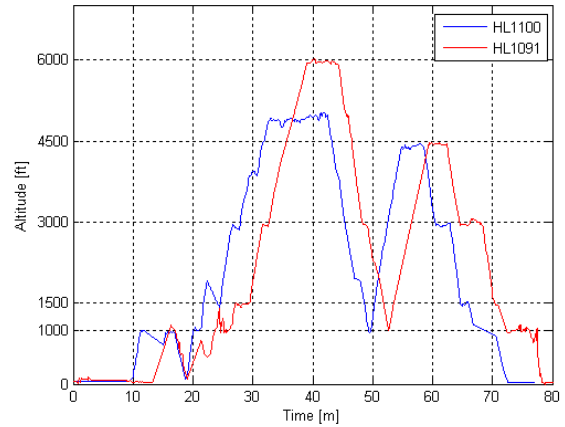


Figure 8 Time courses of the altitudes for test aircraft

Fig. 8은 시간에 따른 고도 정보를 나타내고 있기 때문에 본 연구를 통해 획득한 ADS-B 개념 기반의 감시 정보와 기존의 음성통신 기반의 관제정보에 대한 간접적인 비교 분석도 가능하다. 또한, Fig. 9는 항공기의 수평위치 정보 이외에 비행계획 절차를 통해 생성한 way-point 정보를 2차원으로 나타내고 있다. 따라서 way-point에 대한 오차를 확인함으로써 항법성능도 분석이 가능하며, 주어진 비행계획에 대한 조종사의 이행성능도 평가할 수 있다.

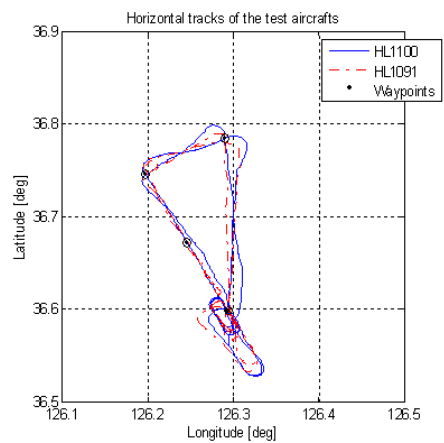


Figure 9 Three dimensional trajectories of test aircraft

5. 결론

본 논문에서는 국내기술로 개발된 해양용 AIS 장비를 응용하여 차세대 항공감시시스템의 핵심개념으로 대두되는 ADS-B 송수신기를 구현한 방법 및 결과에 대하여 살펴보았다. 항공감시시스템에서 가장 중요한 위치 정보는 고도 정보이다. 기본적으로 모든 선박은 해수면에서 운용되기 때문에 AIS 장비에서는 시각 정보와 경도 및 위도 정보만을 제공한다. 하지만, AIS 장비와 항공용 감시시스템의 ADS-B 송수신기 공히 위치 정보 획득을 위하여 GPS를 사용하기 때문에 AIS 장비에서 고도 정보의 추출이 가능하리라 판단했다. 또한 해양용 감시시스템 개

발 현황이 국내 항공용 감시시스템 개발 현황에 비해 상대적으로 진척되어 있고, 국내기술로 개발하여 양산된 AIS 장비에 대한 사용이 용이하였기 때문에 적은 예산을 투입하여 본 연구를 수행할 수 있었다. 해양용 AIS 장비를 응용한 항공용 감시시스템 송수신기의 성능을 확인하기 위하여 지상시험 및 비행시험을 수행한 결과, 미터 단위로 출력되는 고도 정보를 획득함으로써 비용대비 우수한 성능을 확인할 수 있었다. 해양용 AIS 장비와 ADS-B 개념 기반의 항공감시용 송수신기에 대한 요구조건이 다르기 때문에 항공관제에 직접적으로 적용하기는 곤란하지만, 본 연구에서 제안한 방법을 위한 절차 및 결과를 발전시켜 활용한다면 항공용 감시시스템 개발에 위험요소를 저감시킬 수 있으리라 기대한다.

후 기

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에 위탁 시행한 항공안전기술개발사업(07항공-안전02)의 지원으로 수행되었습니다.

원고접수일 : 2009년 11월 5일
 심사완료일 : 2009년 12월 8일
 원고채택일 : 2009년 12월 11일

참 고 문 헌

- [1] 오경륜, 김인규, 송재훈 (2004), “차세대 위성항행시스템 (CNS/ ATM) 기술개발 동향”, 항공우주산업기술동향 제2권 제1호, pp.51-63.
- [2] ADS-B Aviation Rulemaking Committee (2007), “Optimizing the Benefits of Automatic Dependent Surveillance - Broadcast”.
- [3] Eurocontrol standard document for surveillance data exchange part 1 (2002), “All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange (ASTERIX)”.
- [4] Federal Aviation Administration (2007), “Surveillance and Broadcast Service”, FAA ADS-B website (<http://www.adsb.gov>).
- [5] Helios Information Service (2006), “Introduction to CNS/ATM”, Lecture Note in Specialized Training for the Aviation Industry.
- [6] International Electrotechnical Commission (2001), “Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Automatic Identification Systems (AIS)”.
- [7] International Maritime Organization (2003), “Guideline for the Installation of a Shipborne Automatic Identification System (AIS)”.
- [8] Song, J. H. (2007), “Preliminary Implementation of Ground-to-Ground Surveillance Test-bed based on ADS-B Concepts”, International Conference on Control, Automation and Systems 2007, Seoul, Korea.
- [9] Saracom Co., Ltd (2005), “Installation Drawing for SI-10 AIS System”.
- [10] SiRF Technology, Inc. (2005), “NMEA Reference Manual”.