

ADS-B 1090ES 지상국 수신기 구현에 관한 연구

박찬섭*, 윤준철*, 조주용*, 신희성*, 서종덕**, 박효달*, 강석엽**

A Study on the Realization of ADS-B 1090ES Ground Station Receivers

Chan-Sub Park *, Jun-Chul Yoon*, Ju-Yong Cho*, Hee-Sung Shin*, Jong-Deok Seo**,
Hyo-Dal Park*, Suk-Youb Kang**

요약

본 논문에서는 차세대 항공 관제시스템의 핵심이라고 할 수 있는 ADS-B 지상 감시장비를 소개하고, ADS-B 1090ES 지상국 수신기를 연구하였다. 국제 표준 문서와 기존 제품의 성능을 분석하여 성능과 신뢰성이 보장되는 최적의 규격을 결정하였다. 초단인 RF단은 저전력, 저잡음, 고이득 특성에 적합한 바이어스 회로를 구성하여 설계하였으며, 신호처리부는 수신 악조건 하에서도 최적의 신호처리(복호)가 가능하도록 구성하였다. 또한 최종단이라고 할 수 있는 MCU부는 외부와의 고속 통신을 고려하여 최신의 CPU를 채택하여 구성했으며, 원격제어 통신은 SNMP를 채택하였다. 개발된 수신기는 국내외 기술 기준을 모두 만족하며, 외산 제품보다 성능 면에서 비교 우위에 있는 것으로 판단된다.

▶ Keywords : 자동종속감시 방송, 항공 감시, 위성항법, 1090ES

Abstract

This paper introduces surveillance equipment "ADS-B", the core subject of traffic control system and study of ADS-B 1090ES ground receiver. The standard is set not only for functional but also its reliability by analyzing international standard documents and existing products. The Bias circuit is designed for less power consumption, low noise and high gain for RF module. The signal processing is capable of overcoming its bad conditions. MCU part is configured with the latest CPU for high speed communication with external parts and SNMP is selected for remote control communication. The performance of developed receiver satisfies national and international standards and its functions are more advanced

•제1저자 : 박찬섭 •교신저자 : 강석엽

•투고일 : 2014. 8. 24, 심사일 : 2014. 9. 3, 게재확정일 : 2015. 2. 24.

* 인하대학교 전자공학과 (Dept. of Electronic Engineering, Inha University)

** (주)아이엔텍 (I.N. Tech Co., Ltd.)

compared to foreign receivers.

▶ Keywords : ADS-B, Aeronautical Surveillance, Global Navigation Satellite, 1090 Extended Squitter

I. 서 론

항공 교통의 발전에 기여한 레이더는 1934년 미 해군 연구소의 R.M. Page에 의해서 최초로 항공기 탐지를 성공[1]한 후 약 80여년이 지난 현재에 이르기까지 수많은 기술들이 획기적으로 개발되었고 눈부신 발전을 이루었다. 레이더는 항공기와 항공기 간 및 공항 기동 지역 내의 항공기와 장애물간 충돌방지, 항공교통의 촉진 및 질서 유지와 항공기가 안전, 신속, 정확하게 운항할 수 있도록 항공교통관제 업무에 필수 시설로 자리매김하고 있지만 지상을 기반으로 하는 현행 시스템은 지형 장애물에 의한 전파도달거리의 한계, 식별코드의 부족 및 낮은 데이터 갱신율 등으로 증가하는 항공교통량을 처리하기에는 한계가 있다. 그리하여 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)는 항공운송산업의 발전과 함께 항공관련 기술의 발전에 따른 새로운 시스템과 개념들의 출현 및 국제항공산업의 향후 수요를 반영하기 위하여 1983년부터 FANS(Future Air Navigation System) 특별위원회를 설치하여 위성과 데이터링크 통신을 이용하는 CNS/ATM (Communications, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management)의 개념과 기술을 연구하기 시작하였고, 특히 2003년 제11차 항공향행회의에서는 ATM 운영개념 구성요소 중 중요한 수단으로서 사용될 차세대 항공감시시스템인 자동종속감시방송시설(ADS-B : Automatic Dependant Surveillance-Broadcast)의 이용개념을 채택하여 각국의 연구를 장려하였고, 효율적인 항공안전과 공역의 용량 증가를 향상하는 전 세계적인 ATM 운영개념을 수행하는 시설로 인정하게 되었다.

ADS-B는 전용 무선 데이터링크를 통하여 항공기 또는 지상 이동지역 내에서 운행하는 지상차량에서 자신의 정보(위치, 고도, 속도 등)를 주기적으로 방송하는 기능이다. 이러한 기능은 공역이용의 개선, 운고/시정 등 기상제한사항 감소, 조종사의 조종실 상황인식, 지상감시 및 충돌관리 개선 등을 통해 안

전을 향상시킬 수 있다[2]. 최근에는 ADS-B의 문제점이라고 할 수 있는 GNSS 안전성 문제에 영향을 받지 않는 차세대 감시시스템으로 다변측정감시(MLAT : Multilateration) 시스템이 전 세계적으로 이슈화 되고 있다.

우리나라는 1992년부터 차세대 위성항행시스템(CNS/ATM) 구축을 추진하여 왔으나 여러 가지 여건상 지지부진 하였으나, 2000년도 중반부터 항공교통량 증가에 따라 기존의 레이더 기반의 항공감시 및 관제 시스템만으로는 늘어나는 항공교통량을 수용하기 어려울 것으로 예측하고 있으며, 저고도 시계비행 항공기의 비행안전을 위한 항공감시 성능 보완이 필요하고, 전 세계적으로 ADS-B 시스템 구축이 현실화 되고 있어 국토해양부의 항공선진화 연구개발 사업 계획에 따라 ADS-B 시스템 개발이 진행되어 왔으며, 2015년부터는 국내공역에 관제에 적극 활용하기 위하여 구축계획을 수립 중에 있다.

본 논문에서는 차세대 항공 감시시스템을 위한 "1090ES 지상국 수신기"에 대하여 연구하였다. 연구 초기에 기존 제품의 성능분석과 각종 국제 기술문서 등을 바탕으로 요구 사항을 도출하였으며, 이를 만족하기 위해 체계적인 설계 및 구현을 하였으며, 개발된 "1090ES ADS-B 지상국 수신기"의 성능이 적합한지를 위해 각종 공인 테스트와 시험을 거쳤으며, 장기간의 테스트 베드 운용을 통하여 검증하였다.

II. 항공 감시시스템

1. 기존 감시시스템

최근까지 항로, 공항 주변 및 공항 내 지상이동 지역의 항공기 감시는 항공교통의 안전성, 효율성 및 수용능력을 향상시키는 항행안전시설인 레이더에 의존하고 있으며, 레이더는 일차/이차감시레이더(PSR/ SSR), 지상감시레이더(SMR)가 주로 사용되어 왔으나[3], 이러한 시스템은 위치오차 및 악 기상에 의한 이동 물체 탐지의 어려움이 있고 설치/운영

유지비가 많이 소요되며 특히, 산악/장애물에 의한 전파차폐로 레이더 감시 사각지대가 발생된다. 그림 1과 그림 2는 기존의 감시시스템 개념도를 나타내고 있다.

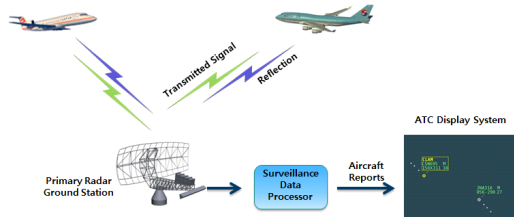


그림 1. 1차 감시레이더 기본 개념도
Fig. 1 The basic concept map of the 1st surveillance radar

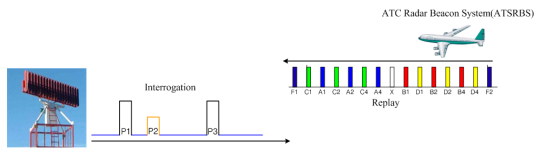


그림 2. 2차 감시레이더 기본 개념도
Fig. 2 The basic concept map of the 2nd surveillance radar

2. 차세대 감시시스템

현행 레이더의 성능 한계로 안전 확보와 더 많은 교통량의 수용에 한계가 있어 디지털을 기반으로 하는 새로운 첨단 감시시스템의 도입 필요성이 계속적으로 대두되고 있으며, 차세대 감시시스템으로 자동종속감시방송(ADS-B) 시스템과 다변측정 감시 시스템(MLAT) 도입이 전 세계적으로 진행 중에 있다.

향후에는 현재의 레이더기반 감시시스템이 MLAT와 ADS-B 감시기술이 융합된 항공감시체계로 전환될 전망이다 (4). 그림 3과 그림 4에는 차세대 감시시스템의 개념도를 나타내었다(5).

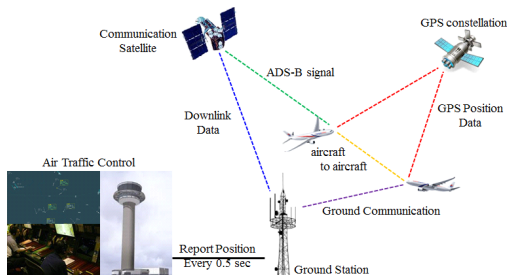


그림 3. ADS-B 운용개념도
Fig. 3 The concept map of ADS-B operation

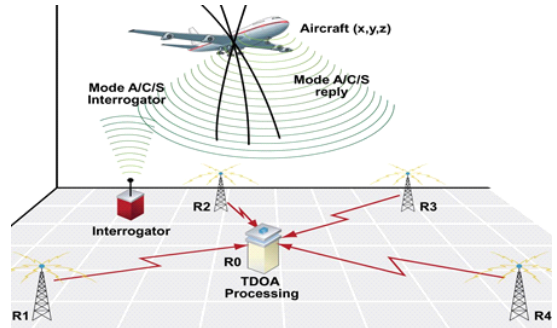


그림 4. 다변측정감시시스템(MLAT) 개념도
Fig. 4 The concept map of the MLAT system

3. 차세대 관제 시스템

최근에는 관제 시스템의 형태가 기존의 레이더기반 감시시스템이 ADS-B와 MLAT 등 차세대 감시시스템과 융합된 형태로 전환되고 있는 추세이며, 적용 속도도 매우 급속도가 될 것으로 전망된다. 그림 5에 차세대 관제 시스템의 인터페이스 구성을 나타내었다.

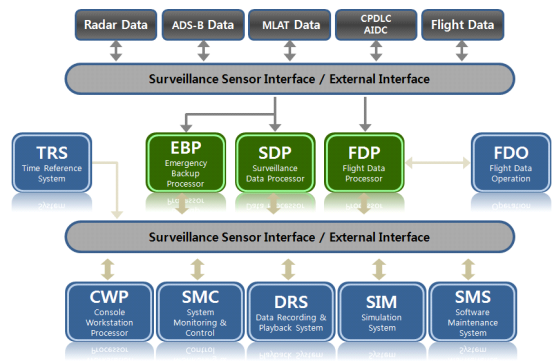


그림 5. 차세대 관제시스템의 인터페이스 구성도
Fig. 5 The surveillance system Interface structure for next generation

III. 설계 및 제작

1. ADS-B 수신기 요구 성능

“ADS-B 1090ES 지상국 수신기”는 기본적으로 데이터 통신네트워크로 연결된 클라이언트 시스템에 ADS-B 서비스를 제공하기 위한 여러 가지 기능을 갖추어야 한다. 다음에 국제기구의 기술문서인 DO 260B, ED 129의 내용을 수용

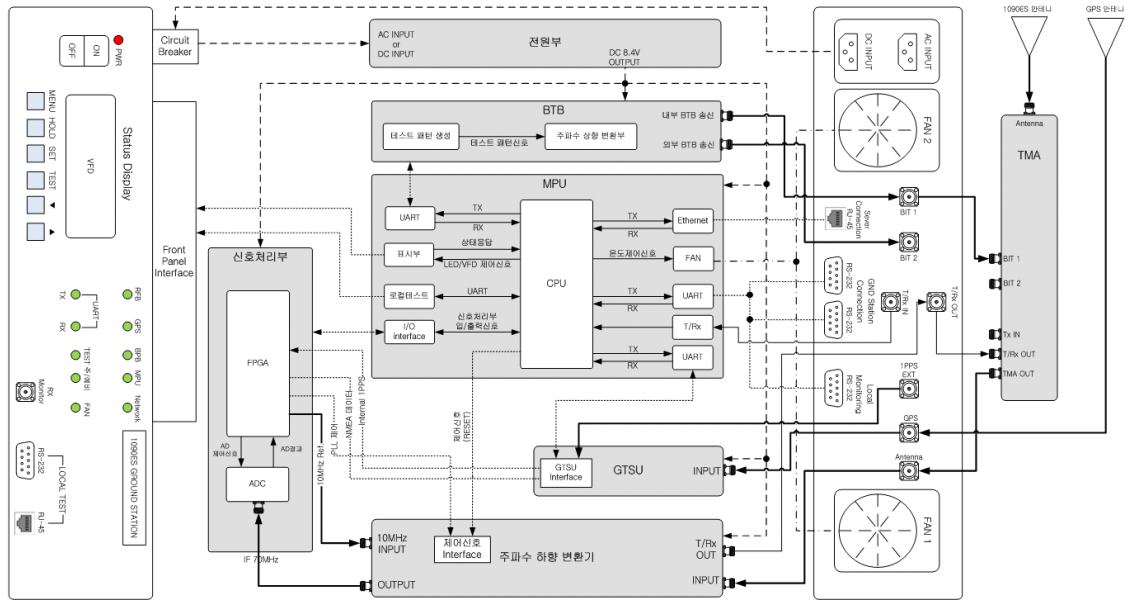


그림 6. ADS-B 1090ES 수신기 블록도
 Fig. 6 The ADS-B 1090ES receiver block diagram

한 국내 기술기준을 간단히 정리하였다[6].

되지 않은 경우에도 30분 이상 정확도를 유지하여야 한다.

(1) 안테나

지상국 안테나는 수평면에서 전 방향성 방사 패턴을 가져야 하며, 1090ES의 운용 주파수 신호를 수신하여야 한다.

(5) 장비 제어와 상태

지상국은 단순 네트워크 관리 프로토콜 (SNMP)을 사용하여 각종 통제와 모니터링을 할 수 있어야 한다.

(2) 시스템 용량

지상국의 처리 용량은 300대 이상의 항공기를 처리할 수 있어야 하며, 항공기 처리 과부하, 통신 과부하를 검출하는 기능을 제공하여야 한다. 또한 ASTERIX Category 023에 항공기 처리 과부하 및 통신 과부하 정보를 포함하여야 한다.

즉 지상국은 기본적으로 장비의 상태, 항공기 처리용량 초과로 인한 과부하, 통신 과부하, 시각 동기, 장비의 온도 상태를 모니터링하고 SNMP로 보고할 수 있어야 하며, 장비 상태 테스트 신호의 손실을 SNMP로 보고할 수 있어야 한다.

(3) 시스템 지연 시간

지상국은 1090ES 메시지 수신시점을 기준으로 99%이상 최대 0.5초 이내에 해당 메시지를 ASTERIX Category 021 보고서로 생성하여 전달하여야 한다.

(6) 메시지 처리와 리포트 어셈블리

지상국은 다양한 메시지 처리 및 리포트 어셈블리 기능이 있어야 한다.

(4) 정확도

지상국은 항공기로부터 위치, 속도, 고도, 및 기타 데이터를 수신할 때 ASTERIX Category 021 보고서 형식으로 정확하게 보고하여야 하며, 보고서에 포함된 위치에 대한 적용 시간 (Time of Applicability)을 UTC 기준으로 ±0.2초 이내의 정확도로 출력하여야 한다. 또한 UTC 소스에 동기화

- ① 지상국은 선택된 메시지 (DF=17, 18, 19)를 처리할 수 있도록 필터링하는 기능이 있어야 한다.
- ② 지상국은 동일한 Mode-S 주소를 갖는 적어도 2개의 항공기에 대해서 구분된 ASTERIX Category 021 보고서를 생성할 수 있어야 한다.
- ③ 지상국은 ASTERIX Category 021, 023, 247에 대한 주기적 전송 모드 (Periodic Transmission Mode)와 ASTERIX Category 021, 023에 대한 데이터 구동 보고서(Data Driven Report)를 생성할 수 있어야 한다.

④ 지상국은 ASTERIX Category 021의 0.23버전과 최신 버전을 지원하며, ADS-B 메시지로부터 타겟 리포트 생성 시 각각의 데이터 항목은 지정된 유효 시간 내에서만 사용하여야 한다.

(7) 수신기 특성

지상국 수신기는 상온 조건에서 입력단에 직접 -86dBm 레벨로 입력한 신호에 대해 유효한 ADS-B 메시지를 90% 이상 성공적으로 수신할 수 있어야 하며, -89dBm 레벨로 입력한 신호에 대해서는 유효한 ADS-B 메시지를 15% 이상 성공적으로 수신할 수 있어야 한다. 또한 -83~-20dBm 레벨로 입력한 신호에 대하여 유효한 ADS-B 메시지를 99% 이상 성공적으로 수신할 수 있어야 한다.

2. ADS-B 1090ES 수신기 설계

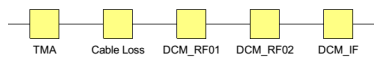
본 논문에서 설계한 “1090ES 지상국 수신기”에는 국내외 기술 기준에 적합하게 설계하였다.

설계 초기 단계에는 수신기의 성능에서 가장 중요하고 기본이 되는 성능을 만족하게 시키기 위하여 TMA, 주파수 하향변환부, 신호처리부, MPU부, GTSU부, 전원부로 분리하여 시스템 버짓을 하였으며, 버짓의 결과대로 성능이 나올 수 있게 회로를 설계하였다.

또한 설계한 모든 RF회로는 ADS(Advanced Design System) 툴을 이용하여 검증하였으며, FPGA 관련 시뮬레이션은 멘토그래픽사의 ModelSim(Model Simulation)을 이용하였다.

그림 7에 수신기 전단부의 시스템 버짓을 나타내었다.

ADS-B 1090ES Ground Receiver



	TMA	Cable Loss	DCM_RF01	DCM_RF02	DCM_IF	Total
NF (dB)	1.80	4.00	6.63	5.20	9.09	2.56
Gain (dB)	15.70	-4.00	15.30	16.50	3.30	46.80
OIP3 (dBm)	32.40		33.00	23.39	21.62	20.44
OP1dB (dBm)	10.00		10.00	15.50	10.00	3.60
Po (dBm)	-64.30	-68.30	-53.00	-36.50	-33.20	
Input Pwr (dBm)	-90.08					290.00
						System Temp (K)
Modulation: Pulse Position		Modulation				
System BW (MHz)	1.00	MDS (dBm)	-111.42	Input IP3 (dBm)	-26.36	
S/N (dB, Actual)	31.42	S/N (dB, Req'd)	14.00	Output IP3 (dBm)	20.44	
Srce Temp (K)	290.00	Sens. Loss (dB)	2.25	OIM3 (dBm)	-140.48	
Te Eff. (K)	232.55	Sensitivity (dBm)	-95.17	ORR3 (dB)	107.28	
SFDR3 (dB)	56.71	G/T (dB/K)	-19.18	IRR3 (dB)	35.76	

그림 7. 수신기 전단부 시스템 버짓
Fig. 7 The receiver's front end budget

시스템 버짓 시 항공기 CLASS중 ADS-B 송신출력이 가장 낮은 등급인 A0의 송신출력 70W로 송신된 신호를

250NM 떨어진 위치에서 수신이 가능 하도록 하였으며, 수신감도에 대한 마진은 대략 7dB를 가지도록 하였다.

시스템 설계 시 모든 모듈은 기술기준에서 정하는 모든 기능이 가능하며, 특히 수신기 특성 항목을 만족할 수 있도록 하였다. 그림 6 수신기 전체에 대한 블록도를 나타냈으며, 이에 대한 간단한 설명은 다음과 같다.

(1) TMA(Tower Mounted Amplifiers)

TMA는 안테나 바로 다음단에 설치되는 필터와 LNA 일체형의 모듈로 잡음지수의 최소화하기 위한 부분이다. 옥외에 장착되는 장비 특성상 방수 및 방진기능이 필수적이다.

(2) 주파수 하향변환부

1090 MHz의 신호를 70 MHz로 다운 컨버팅하며, 신호 처리부에서 디모듈레이션이 가능한 상태로 신호를 증폭한다.

(3) 신호처리부

주파수 하향변환부에서 입력 받은 70 MHz의 신호를 14bit A/D로 디지털 변환하여, RAW 데이터를 생성한다.

(4) MPU

MPU는 수신기의 상태 표시, 외부 인터페이스 지원, 각 모듈의 ON/OFF 제어를 하며, RAW 메시지 디코딩과 CAT 021 인코딩을 수행한다.

(5) BTB

BTB는 자가 테스트를 위한 테스트 패턴을 생성하여 MPU에서 주는 명령에 따라 일정한 테스트 신호를 안테나 초단이나 외부로 송출한다.

(6) GTSU

시각 동기화를 위한 1pps 출력 및 UTC 시간 및 위치와 NMEA 데이터 출력을 하며, 이로 정밀한 10MHz 클럭을 공급한다.

3. 프로그램 제작

MPU 프로그램 작성은 S5PV310 CPU에 임베디드 리눅스를 포팅하여 MPU 프로그램을 작성하였으며, 작성된 프로그램은 시스템 내부의 제어와 외부와의 여러 가지 통신이 가능한 인터페이스를 제공하도록 구성하여 설계 및 제작하였다.

신호처리부에서는 좋은 데이터를 검출하기 위하여 멀티레벨튜닝 기법을 사용하였다. 멀티레벨튜닝 기법은 여러 개의

단일레벨 신호처리 모듈을 병렬로 설계하고 각 모듈별로 임계치를 설정하여 신호처리 구간을 수신신호 레벨에 따라 나누는 기법이다. 이렇게 구성함으로써 단일레벨 신호처리 방식의 단점을 보완하고 실제 운용환경에서 송신출력 편차 및 수신기 하드웨어 제작 공정에 따른 균일하지 못한 수신 감도 차이에 대한 수신을 저하 문제를 최소화 할 수 있다.

설계 및 제작된 단일신호처리 모듈은 수신 평탄도 $\pm 1\text{dBm}$, 노이즈 레벨을 제외한 ADC 해상도 0.15V 및 로그 앰프 1dBm 당 0.25V 해상도에 의해 진폭오차가 발생하게 하였다. 이와 같은 진폭오차는 국제 기술문서에 명시된 수신 신호의 펄스 진폭변화 임계치인 $\pm 3\text{dBm}$ 이내를 만족하며, 진폭오차 및 모듈사이의 중복 해독 구간을 고려하여 설계 및 제작하였다. 그림 9는 다중신호레벨튜닝 기법의 구조도를 나타낸다.

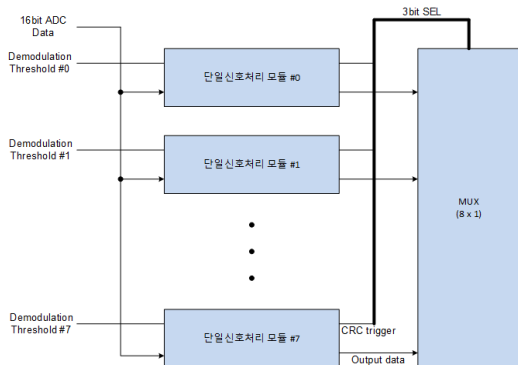


그림 8. 멀티레벨튜닝 기법
Fig. 8 Multi-signal Level Tuning method

4. ADS-B 1090ES 수신기 제작

ADS-B 1090ES 수신기의 모든 모듈은 19인치 표준 랙에 장착이 될 수 있도록 설계, 제작하였다.

TMA의 제작은 모의실험 결과를 통해 최적화된 파라미터를 이용하여 제작하였다. 즉 PCB는 입력 전송 선로의 손실을 최소화하기 위하여, 비유전율(Dielectirc Constant)이 3.5 이고 손실 탄젠트(loss tangent)가 0.003, 두께가 0.762 mm인 Taconic사의 RF 35 Teflon 기판을 사용하였다.

주파수 하향변환기는 비유전율(Dielectirc Constant)이 4.5이고 두께가 0.8mm인 FR-4 에폭시 기판을 사용해 진동 및 충격에 강한 PCB로 제작하였고, 나머지 모듈들의 PCB는 비유전율(Dielectirc Constant)이 4.5인 에폭시 기판을 사용하였으며 신호처리부는 8층, MPU는 12층으로 적층하여 소형화 하였다.

TMA 기구는 IP67규격을 만족하도록 제작하였으며 최적화된 회로설계를 통해 너비 170.0mm x 깊이 231.2mm x 높이 83.0mm (WxDxH) 크기의 5Kg이하의 무게로 제작하였다.

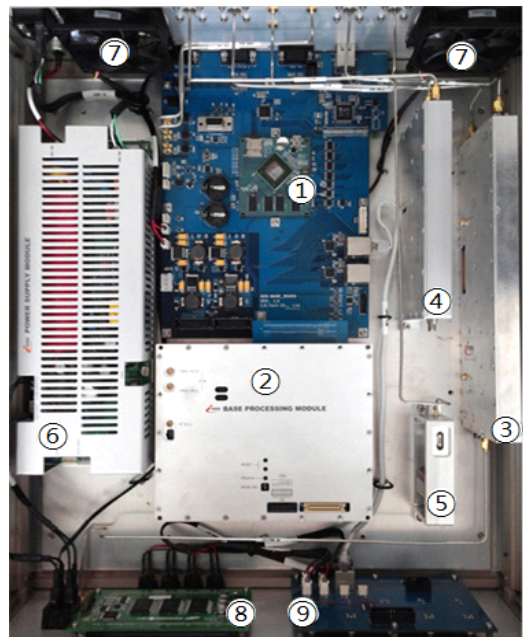
수신기는 19인치 표준 랙에 설치 가능하도록 3U 사이즈의 높이로 제작하였으며 가로 482.6mm x 깊이 550mm x 높이 133.5mm (WxDxH)의 크기의 13Kg 무게로 제작하였다.

TMA와 수신기의 인터페이스 케이블은 1090MHz에서 1미터당 0.13dB의 저손실을 갖는 30미터 길이의 LMR-400 RF 동축 케이블로 제작하였다.

그림 8에 제작된 수신기 전면부, 후면부 및 내부의 모습을 나타냈으며, 표시된 내부 구성품의 설명을 표1에 나타냈다.



(a) 수신기 전면
(a) Receiver's front



(b) 수신기 내부

(b) Receiver's inner part

그림 9. ADS-B 1090ES 수신기
Fig. 9 The ADS-B 1090ES receiver

표 1. 수신기 구성품 및 기능
Table 1. Components of receiver and its functions

No	명칭	기능
1	MPU	RAW 메시지 디코딩, CAT 021 인코딩
2	신호처리부	1090ES 메시지 Preamble 검출 및 RAW 메시지 복조
3	주파수 하향변환부	1090MHz RF신호를 70MHz로 하향 변환
4	BTB	자가 테스트를 위한 테스트 신호 생성
5	GTSU	UTC 시간 및 위치데이터 생성, 1PPS 신호 및 10MHz 신호 출력
6	전원 공급 장치	입력: AC 100~260V, DC 24V 출력: DC 24V, DC 8.4V 보조 Battery 5200mA/H 내장
7	DC FAN	내부 공기 배출로 항온 유지
8	VFD 모듈	전면 패널 상태표시 및 제어
9	상태 표시부	전면 패널 LED 및 Local Test 인터페이스

IV. 측정 및 고찰

본 장에서는 제작한 수신기의 부분품 및 수신기의 성능을 검증하기 위해 측정하고 결과에 대해 분석하였다. 부분품의 성능 측정에는 Agilent사의 4438C 신호발생기와 N9030A 스펙트럼 분석기, 8357A 네트워크 분석기, N8975A 잡음지수 분석기 및 N4000A 잡음센서를 이용하였다. 부분품은 각 모듈이 버젓한 결과를 내는지를 측정하였다.

또한 수신기 전체의 성능은 3장 1절의 ADS-B 수신기 요구 성능 항목을 세분화하여 42개의 항목으로 하여 측정결과를 개발하여 측정하였다.

측정을 위한 기본 구성은 그림 10에 나타난 것과 같이 하였으며, 측정 항목의 결과는 수신기와 일체로 설치되어 원격에서 수신기의 모니터링과 현시기능을 기본으로 하는 모니터링 시스템을 이용하여 확인하였다.

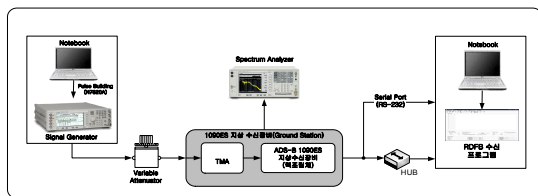


그림 10. 기본 시험 구성도
Fig. 10 Basic test configuration

그림 11에 모니터링 시스템의 메인 화면을 나타내었으며, 모니터링 시스템은 로그아웃, 지상국목록, 사용자정보, 작업

정보, 지상국 대표정보, 최신상태로 새로고침, ASTERIX Message Viewer, 선택한 지상국 재시작, 운영/유지보수 모드 변경, System Information 그룹, System Status 그룹, Temperature Setting 그룹, Site Monitor 그룹, GPS 그룹, Radio Frequency 그룹의 다양한 세부기능 창을 가지고 있다.

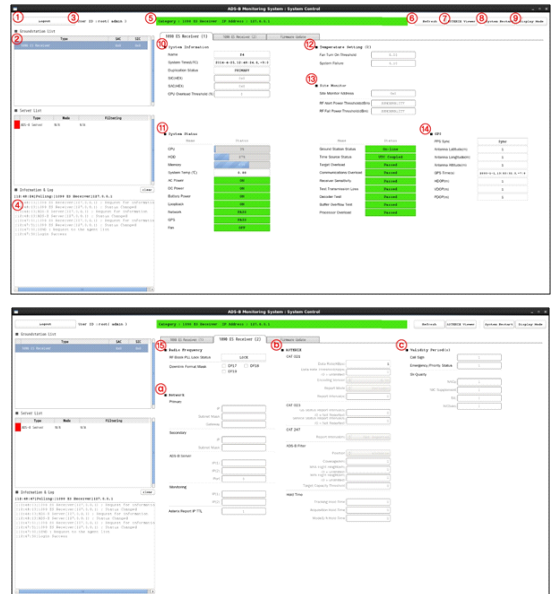


그림 11. 모니터링 시스템 메인 화면
Fig. 11 The main window of monitoring system

측정 결과 모든 구성품은 계획된 성능을 만족했으며, 전체 시스템 구성을 위해 매우 이상적인 조합이 이루어지고 있었다.

제작된 저잡음 증폭기의 측정 결과 동작주파수, 잡음지수, 이득, 이득 평탄도, 입력 반사계수, 출력 반사계수 등 성능 파라미터 값이 표 2와 같았으며, 모든 항목이 계획했던 성능을 만족하였다[7].

제작된 LNA의 측정결과를 요약하면 다음과 같다. 동작주파수는 $1,090 \pm 1\text{MHz}$ 이고, 잡음지수는 0.51이었다. 이득과 이득 평탄도는 각각 17과 0.23이었으며, 입력 및 출력 반사손실 계수는 -18.28 과 -24.50 이었다. OIP3(ATF-34143 측정 소자의 특성)은 31.6이었다.

제작된 수신기는 기능 성능 요구사항 42개의 항목과 이와 관련된 측정 항목을 측정한 결과 요구 성능을 모두 만족하였다.

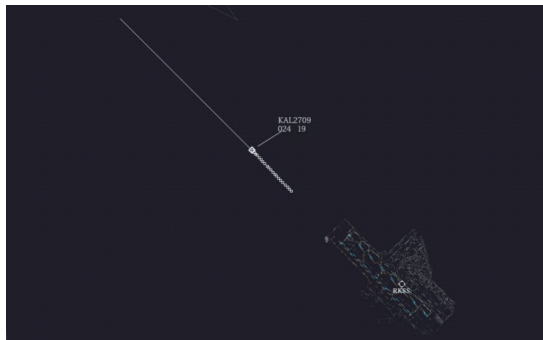
물론 환경 테스트와 전자파 테스트 등 객관적이고 전문적이 기술이 필요한 항목은 전문 인증기관에 의뢰하여 측정 결과를 얻었다. 모든 테스트 결과 중 정량적 항목을 요약하여

표 3에 나타내었다. 이중 통달범위는 수신감도로 알 수 있으나, 타 제품들과의 비교를 위하여 측정하였으며, 점검기가 아닌 상용 항공기를 통한 대략적 측정을 한 것이다. 그림 12 (c)와 같이 제주도 남단까지 이상 없이 수신 가능하여 200NM 이상 충분한 거리를 수신함을 확인하였다.

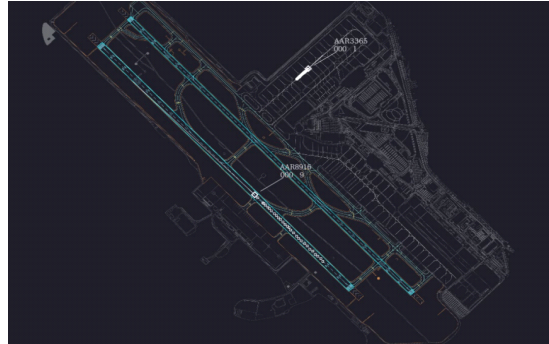
표 2. 수신기 성능 검증결과 요약
Table. 2 The summaries of measurement results

구분	성능
통달범위(30,000피트기준)	200NM 이상
항적처리용량	500대 이상
수신감도	-88dBm
수신입력범위	-85~30dBm
데이터포맷	ASTERIX Cat. 021, 023, 247
MTBF	127,427 hours
지연시간	500ms 이하
MOPS Compliance	RTCA DO-260, A, B
무게	자상 장비: 15Kg이하 실외 장비(TMA): 5Kg 이하
입력전압	AC : 110/220VAC(50~60Hz) DC : 24VDC±4V
전력 소모량	최대80W 이하
장비 형상	19inch Rack Shape (3U)

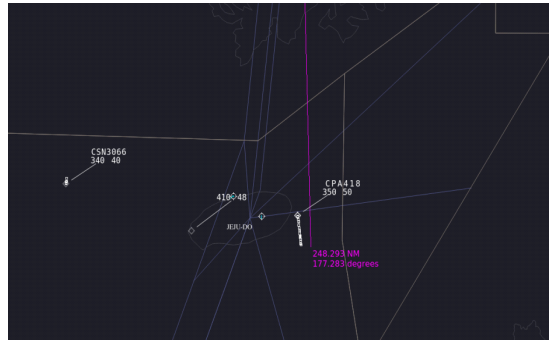
또한 김포공항과 송도에 준비된 테스트 베드에서 장기간의 현장 테스트 결과 매우 우수한 결과를 보였다. 그림 12는 현장 테스트 시 모니터링 시스템에 표출된 모습이며, 지상 활주로 이동시나 항로상에서나 모두 우수한 성능을 나타내었다. 화면에서 보듯이 활주로 상에서는 레이더 화면에서는 보기 힘든 완벽한 이동 모습을 현시하고 있다.



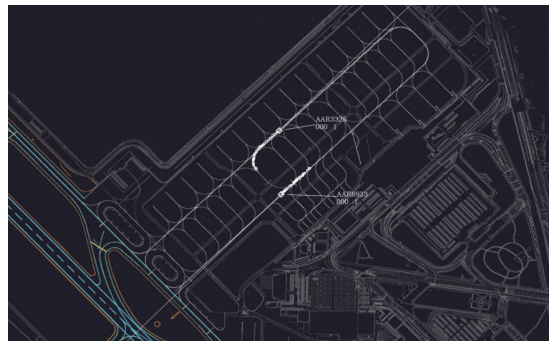
(a) 이륙
(a) Take-off



(b) 착륙
(b) Landing



(c) 통달거리 측정
(c) Measuring range of distance



(d) 택시웨이
(d) Taxi-way
그림12. 현장 테스트 결과
Fig. 12 The site test results

V. 결론

본 논문에서는 차세대 감시 시스템으로 매우 중요한 “ADS-B 1090ES 지상국 수신기”의 연구개발을 진행하였다. 실제 제작된 수신기는 국제 기술문서 및 국내 기술기준을

분석하여 모든 기능과 성능을 만족할 수 있도록 시스템 내부 블록을 구성하였으며, 시스템 버짓을 통하여 최적의 성능과 시스템의 신뢰성을 확보하였다.

수신기 전단부의 LAN는 이득과 잡음 특성을 개선시키기 위해 동작점을 저전력, 저잡음, 고이득 특성을 가지도록 하였다. 또한 신호처리부는 수신된 신호를 오차없이 고속으로 디코딩이 가능하도록 제작하였으며, MPU는 내부 제어 및 외부와 여러 가지 통신이 가능한 인터페이스를 제공하도록 구성되어 제작하였다.

제작한 ADS-B 1090ES 지상국 수신기는 장기간의 측정과 테스트 베드의 운용 테스트 결과 국내외 기술기준을 모두 만족하였으며, 현재 상용으로 판매되고 있는 외산 제품과 비교하여 기능과 성능 면에서 매우 우수하였다.

우리나라는 이미 무선 통신망 기술이 세계 정상 수준에 있기 때문에 외국의 선진 기업에 비하여 많이 늦게 출발을 하였으나 기술적으로나 가격 면에서 경쟁력을 확보하는데 크게 어려움이 없을 것으로 판단된다.

근번 연구결과물은 조만간 상품성 있는 제품으로 마무리 되어 국내적으로는 음영지역에 대한 추가적인 감시 서비스 제공, 기존관제 공역에 대한 감시 정밀도 향상 등에 활용하고, 국외적으로는 관련 장비 및 네트워크 설계기술을 수출함으로써 항행안전시설에 대한 기술자립 및 수출국으로 발돋움 할 수 있는 기회를 마련할 수 있을 것이다.

또한 연구 결과는 향후 동종 분야 설계에 좋은 참고 자료가 될 수 있으며, 차세대 항행 안전시설의 응용분야에서 활용성이 높을 것이다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 “ADS-B 1090ES 지상 장비 개발” 과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] S. S. Lee and J. S. Kang, Radar Engineering, boseong culture Pub., 1997
- [2] ICAO, Assess for ADS-B to Support Air Traffic Service and Guideline for Implementation, 2006
- [3] J. M. Ahn, H. Y. Hur, Y.S. Ji, and W. G. Park, “Cost- Effectiveness analysis on development of

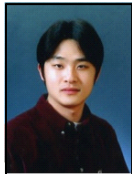
Aviation Safety System” Journal of Aviation Management Society, vol. 11, no. 2, pp. 27-42, Apr. 2013.

- [4] T. K. Lee “A Planning report on the research and development for Multilateration”, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, pp.1-103, 2012
- [5] T. S. Kim, J. W. Jang, S. W. Kim “Study on the Development Plan of the Aeronautical Surveillance System of Multilateration” 2012 KSAS Fall Conference, pp. 1805-1811. 2012.
- [6] MOLIT “Air Traffic Safety Facilities Installation and Technical Standard” 2014.
- [7] J. Y. Cho, C. S. Park “Designing and Realizing the Ground Station Receiver Low Noise Amplifier of the Next-Generation Aeronautical Surveillance System”, KICCE Vol. 17, No. 10 : 2273-2280, Oct, 2013

저 자 소 개



박 찬 섭
 2006: 한국해양대학교
 전자공학과 공학사.
 2008: 한국해양대학교
 전자공학과 공학석사.
 현 재: 인하대학교
 전자공학과 박사과정.
 관심분야: RF 통신, 항공관제시스템,
 신호처리 시스템,
 초고주파공학 등
 Email : imanager@nate.com



윤 준 철
 2006: 한국산업기술대학교
 전자공학과 공학사.
 2008: 인하대학교
 전자공학과 공학석사.
 현 재: 인하대학교
 전자공학과 박사과정.
 관심분야: 항공통신시스템, RF통신,
 임베디드 시스템 등
 Email : wnsclf78@hanmail.net



조 주 용
 2004: 영남대학교 컴퓨터공과 공학사.
 2012: 인하대학교
 전자공학과 공학석사.
 현 재: 인하대학교
 전자공학과 박사과정.
 관심분야: 고주파공학,
 항공통신시스템 등
 Email : c jy4493@naver.com



신 희 성
 1989: 한국산업기술대학교
 전자공학과 공학사.
 현 재: 인하대학교
 전자공학과 석사과정.
 관심분야: 관제시스템, 임베디드 시스템,
 컴퓨터공학 등
 Email : shs_hee@hanmail.net



서 종 덕
 2005: 두원공업전문대
 전파통신공학과 전문학사.
 현 재: (주)아이엔텍 선임연구원.
 관심분야: RF통신, 임베디드시스템 설계
 Email : seoddol81@naver.com



박 효 달
 1978: 인하대학교
 전자공학과 공학사.
 1984: (프)국립항공우주대
 전자공학과 공학석사
 1984: (프)국립항공우주대
 전자공학과 공학박사
 현 재: 인하대학교
 전자공학과 정교수
 관심분야: 항공통신 시스템 설계,
 초고주파 공학, 전자장이론,
 안테나공학
 Email : hdpark@inha.ac.kr



강 석 엽
 1997: 인천대학교
 전자공학과 공학사.
 1999: 인하대학교
 전자공학과 공학석사.
 2005: 인하대학교
 전자공학과 공학박사
 현 재: (주)아이엔텍 대표이사
 관심분야: 초고주파공학, 무선통신 시스템,
 항공통신 시스템, 전자장이론,
 안테나설계
 Email : int-ksy@hanmail.net