

Mode S 확장 스쿼터 수신기 복조부 설계 및 구현

신희성* · 윤준철** · 서종덕** · 최상방*

*인하대학교 · **(주)아이엔텍

Design and Implementation of Mode S EXTENDED SQUITTER Demodulator

Hee-sung Shin* · Jun-chul Yoon** · Jong-deok Seo** · Sang-bang Choi*

*Inha University · **I.N.Tech Co., Ltd.

E-mail : shs@inha.edu

요 약

최근 미국과 유럽 등 항공 선진국들은 효율적인 항공교통관리를 위해 기존 레이더 시스템을 대체할 차세대 항행시스템으로 위성기반항행시스템(CNS/ATM)에 많은 관심을 가지며 지속적으로 연구를 수행하고 있다. 본 논문은 CNS/ATM의 감시 기술 중 하나인 ADS-B 1090ES 시스템의 수신기 복조부 설계 및 구현에 대한 연구를 하였다. 본 연구는 RTCA DO-260B와 EUROCAE ED-129에서 제시된 모든 성능을 만족하며, 수신감도, 다이내믹 레인지 등의 핵심 성능 향상을 위한 최적화된 알고리즘을 제안하고 수신기 복조부의 균일한 성능을 내기위해 신호레벨 튜닝 메커니즘을 구현하여 하드웨어 제작 공정에 따른 균일하지 못한 신호레벨 차이에 대한 수신율 문제를 최소화 하였다. 분석 결과 제안된 알고리즘은 우수한 성능을 나타냈으며, 이와 유사한 변조방법을 사용하는 시스템에 널리 응용이 가능할 것으로 사료된다.

ABSTRACT

Recently, U.S. and Europe, which are advanced to Air Traffic Control Management, are interest in replacing Radar System with Communications, Navigation and Surveillance(CNS) and Air Traffic Management(ATM). They pursue to research the efficient Air Traffic Control Management. This paper covers ADS-B 1090ES system which is one of CNS/ATM surveillance systems. This research satisfied all performance required by RTCA DO-268B and EUROCAE ED-129. It optimized algorithm to mainly enhance performance such as quality of receiver signal, dynamic range, and so on. The optimized mechanism provided stable performance of demodulation, tuned the level of signal, and had reduced the false reception ratio by the signal level difference. The analyzed algorithm helped great performance and will be considered to apply broad system applications.

키워드

위성기반항행시스템(CNS/ATM), 자동종속감시방송(Automatic Dependant Surveillance-Broadcast),
모뎀, 1090ES 신호 처리

I. 서 론

항공 교통의 발전에 기여한 레이더는 1934년 미 해군 연구소(L.H Hyland Naval Research Laboratory)의 R.M. Page에 의해서 최초로 항공기 탐지를 성공[1]한 후 약 80여년이 지난 현재에 이르기까지 수많은 기술들이 획기적으로 개발되었고 눈부신 발전을 이루었다. 하지만 최근 항공

물류 및 승객 수송의 증가로 항공기 수요가 급증하면서[2] 미국과 유럽 등 항공 선진국들은 항공교통관리의 효율적 운영을 위해 기존 레이더 관제 시스템의 한계를 극복하기 위한 인공위성 기술 등을 융합한 차세대 항행시스템 연구를 추진하고 있다. 또한 국제민간항공기구(ICAO)에서는 급증하는 항공교통량과 안전성 및 효율성을 증대시키기 위해 미국의 FAA가 주도하여 1983년부터

FANS(Future Air Navigation System) 특별위원회를 구성하였고 위성과 데이터링크 통신을 이용하는 CNS/ATM(Communications, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management)의 개념과 기술을 연구해 왔다. 특히 2003년 제 11차 항공행회의에서는 ATM 운용개념 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 세계 적인 ATM 운영개념을 수행하는 시설로 인정하게 되었다.[3]

ADS-B 시스템은 Mode S 데이터 링크를 통해서 항공기의 위치, 고도, 속도 등의 정보를 항공기와 지상 관제기관, 항공기와 항공기 사이에 공유하여 항공관제 기능을 향상시키는 차세대 항공감시 기술이다.[4]

ADS-B의 데이터링크는 1090ES, UAT, VDL 모드 4 가지가 있으며[5], 본 논문에서는 1090ES 데이터 링크 수신기 설계 및 구현에 대한 연구를 통해 수신감도, 다이내믹 레인지 등의 핵심 성능 향상을 위한 신호레벨 튜닝 알고리즘을 제안하고, 그에 따른 측정 결과 분석하여 성능을 검증하였다.

II. ADS-B 1090ES 데이터 링크

기존의 레이더 관제 시스템은 타겟의 위치를 산출하는 1차 감시레이더(PSR ; Primary Surveillance Radar)와 비행고도, 식별기호(Squawk Code), 방향 등의 항공관제에 필요한 정보들을 얻기 위한 질문기 2차 감시레이더(SSR ; Secondary Surveillance Radar)가 사용되고 있다. 또한, ICAO는 기존 SSR의 인접 항공기 분리의 어려움 해소를 위해 개별 호출 및 개별 응답이 가능한 SSR Mode S를 표준화 시켰다. 이와 같은 이유로 ADS-B 1090ES 데이터 링크는 기존의 SSR Mode S 스쿼터 데이터 블록(56bit)에서 56bit를 확장시켜 총 데이터 블록이 112bit가 되는 것을 ICAO에서 국제표준으로 지정하였다.

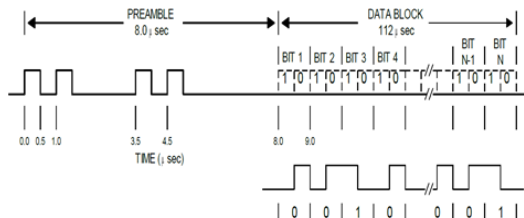


그림 1. Mode S 확장 스쿼터 파형

그림 1과 같이 Mode S 확장 스쿼터 메시지는 크게 프리앰블구간과 데이터블록으로 나뉘며, 총 25개의 Mode S 다운링크 포맷(DF ; Downlink

Format) 중 17, 18, 19에 정의되어 있다.[6]

III. 1090ES 신호처리 메커니즘

ADS-B 1090ES 시스템의 수신기 복조부는 1090MHz의 ADS-B RF 신호를 70MHz의 IF 신호로 다운컨버팅하고 로그앰프를 이용하여 포락선 검파를 한 후 16bit ADC를 통하여 데이터를 획득한다.

수신기 복조부의 기본적인 신호처리 모듈은 그림 2와 같이 프리앰블 디텍터 유닛, 데이터 디코더 유닛, 에러체크 유닛, rising edge 디텍터 유닛 및 falling edge 디텍터 유닛으로 구성되어 있다.

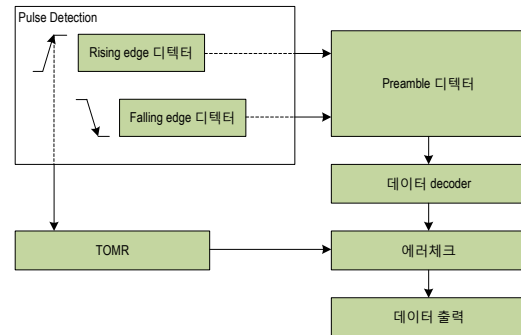


그림 2. 단일 신호처리 모듈 구조

신호처리 모듈의 동작은 rising/falling edge 디텍터 유닛으로부터 시작되며 8.0μsec 의 프리앰블 구간을 프리앰블 디텍터가 감지하면 데이터 디코더 유닛이 데이터 구간을 해독한다. 데이터 구간 해독이 완료되면 최종 에러체크 유닛이 데이터 구간에 포함된 24bit 패리티 비트(PI)를 이용하여 CRC 검사를 수행하고[7] 데이터 구간에 오류가 없으면 TOMR(Time of Message Reception)과 함께 해독된 데이터를 출력한다.

하지만 실제 운용환경에서 수신 신호레벨에 따른 오차 범위 및 하드웨어 제작 공정에 따른 수신 신호레벨 변화는 수신율을 크게 저하시키는 요인이 된다. 이러한 문제를 해소하기 위해 여러 개의 신호처리 모듈을 구성하여 신호레벨 튜닝 메커니즘을 구현하였다. 신호레벨 튜닝 메커니즘은 여러 개의 신호처리 모듈이 수신신호레벨에 따른 신호처리 구간을 나누고 인접하는 모듈 사이에 중복되는 신호레벨 구간을 설정하여 수신신호레벨 차이로 인한 수신율 저하 문제를 최소화하는 기법이다. 설계된 신호처리 모듈은 수신 평탄도 ±1dBm, 노이즈 레벨을 제외한 ADC 해상도 0.15V 및 로그앰프 1dBm 당 0.25V 해상도에 의해 진폭오차가 발생하게 된다. 이와 같은 진폭오차는 국제 기술문서에 명시된 수신 신호의 펄스 진폭 변화 임계치인 ±3dBm 이내를 만족하며[5] 진폭 오차 및 모듈사이의 중복 해독 구간을 고려하여 8개의 신호처리 모듈을 병렬로 설계하였다. 그림

3은 8N-멀티 신호처리 모듈 구조를 나타낸다.

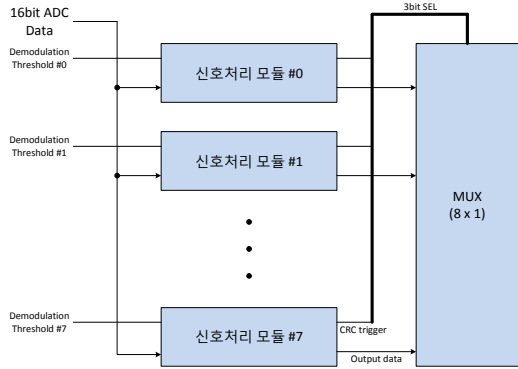


그림 3. 8N-멀티 신호처리 모듈 구조

기본적으로 각각의 신호처리 모듈의 복조 구간은 10dBm 범위를 기준으로 나누며 인접한 모듈 사이의 중복 처리 구간은 3dBm으로 설정하였다. 이와 같이 각각의 신호처리 모듈은 설정된 범위 내에서 신호 해독을 하며, 최종 출력 데이터는 MUX에서 에러체크 유닛의 CRC 트리거 신호를 감지하여 결정하게 된다.

IV. 설계 및 제작

ADS-B 1090ES 시스템의 수신기 복조부는 RTCA DO-260B와 EUROCAE ED-129의 기준에 만족하도록 설계 및 제작 하였다. 제작에 사용한 주요 부품은 ADS5484(16bit, 170-MSPS ADC), AD8310(Logarithmic Amplifier), XC6SLX100T(FPGA Spartan-6 101,261 Logic Cells) 등으로 구성하였고 xilinx ISE 14.5를 사용하여 개발하였다. 그림 4는 RF수신부 및 신호처리 복조부의 블록도를 나타낸다.

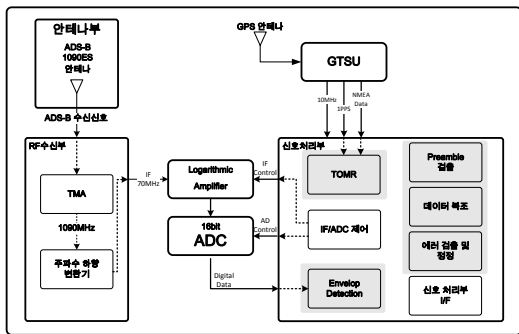


그림 4. RF수신부 및 신호처리부 블록도

수신기는 항공기에 장착된 트랜트폰터 CLASS 중 송신출력이 가장 낮은 A0 등급(70W)으로 기준을 두었으며 그에 따른 버짓 결과는 그림 5에서

나타낸다.

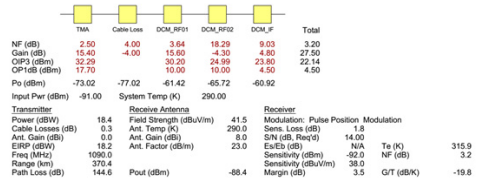


그림 5. 1090ES 수신기 버짓 계산

V. 측정 및 고찰

본 장에서는 제작한 수신기가 RTCA DO-260B의 성능 기준을 만족하는지 테스트하여 확인하였다. 성능측정에는 Agilent사의 4438C 신호발생기, N9030A 스펙트럼 분석기, N8975A 잡음지수 분석기 및 N400A 잡음센서를 이용하였다. 그림 6은 기본 시험 구성도를 나타낸다.

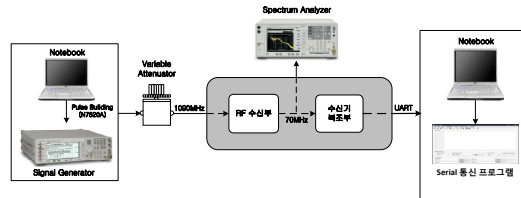


그림 6. 기본 시험 구성

수신기의 수신감도와 다이내믹 레인지 측정은 RTCA 문서에 나와 있는 테스트 절차에 따라 신호발생기로부터 1000개 1090ES 메시지를 입력받아 측정하였다. 그림 7은 프리앰블을 로그앰프 출력에서 캡처한 파형이다.

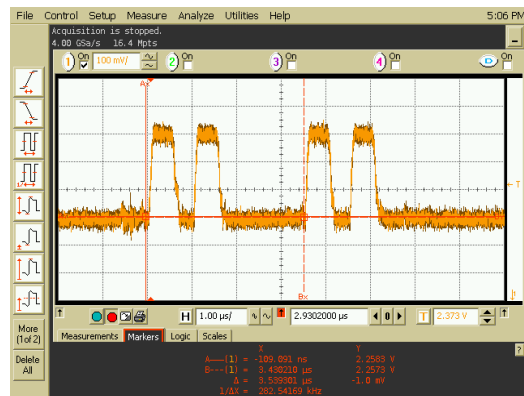


그림 7. 프리앰블 로그앰프 출력파형

그림 8은 단일 신호처리 모듈과 8N-멀티 신호처리 모듈의 시험을 통한 수신메시지 측정 결과

를 나타낸다.

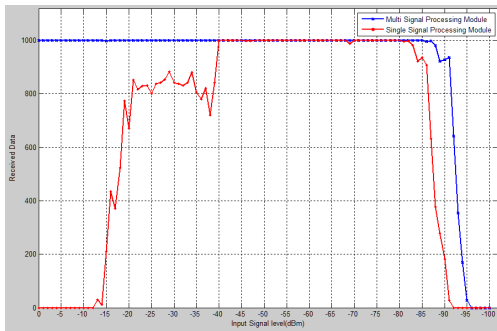


그림 8. 신호처리 측정 결과

VI. 결 론

본 논문에서는 ADS-B 1090ES 시스템 수신기의 신호처리 성능을 향상시키기 위한 신호레벨 튜닝 메커니즘을 제안하였다.

제작된 수신기는 국제 기술문서를 분석하여 모든 기능과 성능을 만족할 수 있도록 제작하였으며, 성능 측정을 통해서 제안된 알고리즘은 기술 기준인 다이내믹 레인지 0~-84dBm, MTL -87dBm 보다 3dBm 마진을 확보하여 기준에 충분이 만족하는 것을 보였다. 이러한 연구 결과물은 동일한 데이터 링크를 사용하는 차세대 항공 관제시스템 및 이와 유사한 변조방법을 사용하는 시스템에 응용이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] S. S Lee and J. S. Kang, Radar Engineering, boseong culture Pub., 1997.
- [2] 장태진, “세계 민간 항공기 시장 동향과 전망”, 한국항공우주연구원 항공우주산업기술 동향, vol. 8, no. 1, pp. 12-22, 2010.
- [3] ICAO, Assess for ADS-B to Support Air Traffic Service and Guideline for Implementation, 2006.
- [4] ICAO, “Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems”, 2002.
- [5] RTCA, “Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Extended Squitter ADS-B and TIS-B”, 2009.
- [6] ICAO, “Aeronautical Telecommunications”, vol IV, 2002.
- [7] RTCA, “Minimum Operational Performance Standards for Traffic Alert and Collision Avoidance System II(TCAS II)”, vol I, 2008