JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

항공 우주 해상

J. Adv. Navig. Technol. 28(5): 632-639, Oct. 2024

항공용 디지털 인터콤의 LVDS Data Acquisition을 통한 오디오 데이터 분석 방안

Audio Data Analysis Method Using LVDS Data Acquisition of Aviation Digital Intercom

정성재 · 정다나* · 조성희 · 김민선 · 남덕우
LIG넥스원

Seong-jae Jeong* · Da-na Jung · Sung-hee Cho · Min-seon Kim · Deok-woo Nam
Avionics System, LIG Nex1 Co., Ltd, Daejeon, 34127, Korea

[요 약]

본 논문에서는 인터콤의 LVDS 통신 및 데이터 수집을 통한 오디오 데이터의 분석 방안 및 분석 결과에 대하여 기술한다. 인터콤은 음성접속장치와 인터콤제어패널 간 디지털 오디오 데이터 송수신 및 오디오 신호의 데이터 수집을 위해서 LVDS 통신을 사용한다. LVDS 통신을 이용한 데이터 수집은 인터콤과 연동되는 다양한 오디오 신호를 PC로 다운로드하여 잡음, 오디오 성능 등의 데이터 분석을 수행하기 위해서 필수적이며, 이를 위해 인터콤 점검장비에 오디오 데이터 수집을 위한 하드웨어를 구성했다. 그 결과, 인터콤 입출력 오디오 및 로직 처리 전후 오디오 신호에 대한 개별 분석이 가능하며, 노이즈 신호의 발생 원인을 도출 할 수 있는 효과가 있었다. 또한 통합시험환경 및 환경/전자파시험에서 실제 음성 통신 및 오디오 신호에 대한 데이터 수집을 통해 오디오 신호 레벨 측정 및 주파수 분석을 수행하여 노이즈 신호 제거에 대한 디버깅 수행 및 인터콤의 오디오 품질을 검증하였다.

[Abstract]

In this paper, the analysis method and results of audio data through LVDS interface and data Acquisition of the intercom. Intercom uses LVDS interface to transmit/receive digital audio data between audio interface unit and intercom control panel and to data acquisition of audio signals. Data acquisition using LVDS interface is essential for downloading various audio signals interfaced to the intercom to a PC and performing data analysis on noise, audio qualitys, etc. To achieve this, hardware for audio data acquisition was configured in the intercom test equipment. As a result, individual analysis of intercom input/output audio signals before and after logic processing was possible, which was effective in deriving the cause of noise signals. In addition, by data acquisition on actual voice communication and audio signals in ac system integrated laboratory and an environment/ electromagnetic test, audio signal level measurements and frequency analysis were performed to debug noise signal removal and verify the audio quality of the intercom.

Key word : Inter-communication system (ICS), Low voltage differential signaling (LVDS), Data acquisition.

http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.5.632

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 2 September 2024; **Revised** 27 October 2024
Accepted (Publication) 30 October 2024 (31 October 2024)

***Corresponding Author; Da-na Jung**

Tel: +82-42-723-2497
E-mail: dana.jung@lignex1.com

Ⅰ. 서 론

인터콤(ICS; inter-communication system)은 통신장비를 이용한 외부통신, 사용자 간 내부통신, 항공전자 장비와 연동 등의 기능을 제공하며, 개별 패널을 통해 인터콤에 대한 제어 및 송/수신 선택, 연동장비 오디오 볼륨 조절 등의 기능을 제공하는 항공전자 장비이다[1]. 인터콤은 오디오 신호 처리를 위한 음성접속장치(AIU; audio interface unit)와 개별 사용자들의 오디오 송/수신 채널 선택 및 ICS 운용 모드 선택 등을 위한 인터콤제어패널(ICP; intercom control panel)로 구성된다.

음성접속장치는 통신장비를 통한 외부통신 기능, 정/부조종사-승무원 간의 내부통화 기능, 항공전자 장비로부터 오디오 신호 수신 및 분배, 경고 음성 메시지 생성 및 재생 등의 기능을 제공한다. 인터콤제어패널은 헤드셋 오디오 입출력과 푸시-투-토크(PTT; push to talk)를 통해 헤드셋과 연동하며, 패널의 스위치를 통해 통신장비 선택 등 인터콤 기능 제어와 오디오 볼륨 제어 기능을 제공한다.

디지털 인터콤은 통신장비 및 항공전자 장비로부터 수신되는 아날로그 오디오 신호를 내부에서 디지털 오디오 데이터로 변환하여 처리하는 방식을 사용하며, 이러한 디지털 오디오 데이터의 송수신은 음성접속장치와 인터콤제어패널 간 저전압 차등신호(LVDS; low voltage differential signaling) 통신 방식을 사용한다. 그림 1은 인터콤의 LVDS 통신을 통한 디지털 오디오 데이터 및 아날로그 신호 처리 연동도이다. 항공기에 탑재되는 통신장비 및 항공전자 장비로부터 오는 아날로그 오디오 신호는 음성접속장치에서 디지털 데이터로 변환되고 LVDS 통신을 통해 인터콤제어패널로 전달된다. 인터콤제어패널로 전달된 디지털 오디오 데이터는 아날로그 신호로 재변환 되어 헤드셋을 통해 사용자에게 오디오를 제공한다[2]. 반대로 사용자의 헤드셋을 통해 입력된 아날로그 오디오 신호는 인터콤제어패널에서 디지털 데이터로 변환되어 LVDS 통신을 통해 음성접속장치로 전달되고 음성접속장치는 통신장비 또는 음성/비행기록장치(VFDR; voice and flight data recorder)로 아날로그 오디오를 송신한다.

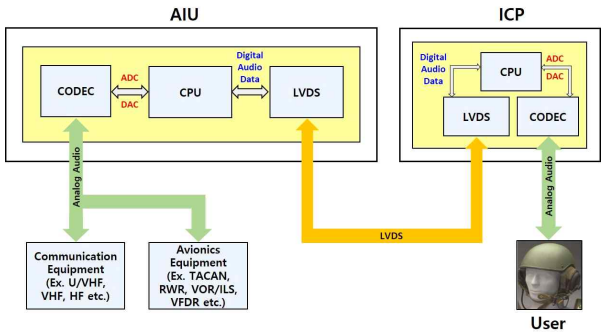

그림 1. 인터콤 오디오 데이터 처리 연동도
Fig. 1. Audio data processing diagram of intercom.

대부분의 항공용 인터콤은 통신장비로부터 수신 받는 아날로그 오디오 신호에 대해서 항공기에서 발생하는 다양한 잡음 및 전자파 노이즈가 신호에 섞여서 입력될 경우, 음성 신호가 왜곡되거나 잡음이 섞인 상태로 운용자에게 전달된다. 인터콤 내부에서 노이즈 필터를 거쳐 노이즈성 신호를 제거하지만 가청 주파수인 20~20 kHz 대역을 벗어나는 신호에 대해서는 노이즈 제거가 불가능하다. 또한 통신 불량 상황에서는 오디오 신호 분석을 위한 데이터 저장과 보존이 중요한데 아날로그 오디오 신호의 특성 상 항공기에 장착되는 음성/비행기록장치에만 저장되는 경우가 대부분이며, 이는 음성 신호에 대한 고장 분석에 제약사항이 많다. 또한 인터콤은 휴먼 머신 인터페이스(HMI; human machine interface) 장비로서 실제 청취되는 음성의 품질과 음량이 운용자 마다 개별적이기 때문에 이를 위한 오디오 이득 조정과 같은 후보정 작업이 필수적이다. 따라서 이러한 문제점들을 손쉽게 대응하고 해결하기 위해 오디오 신호를 다운로드하여 분석할 수 있는 설계가 적용되어야 한다.

이를 위해 본 논문에서는 항공용 디지털 인터콤의 LVDS 데이터 수집을 위한 설계와 이를 통한 오디오 데이터의 분석 방안 및 결과에 대한 내용을 기술한다. 2장에서는 인터콤의 LVDS 통신에 대한 개념 및 설계 사항을 설명하고, 3장에서는 오디오 신호의 다운로드 및 분석을 위해 설계한 디지털 방식의 LVDS 데이터 수집 방법에 대하여 기술하며, 4장에서는 3장에서 기술되는 방법을 통해 분석한 오디오 데이터의 분석 결과에 대하여 기술한다.

Ⅱ. 인터콤의 LVDS 통신

2-1 LVDS 통신의 개요

오늘날 고속 데이터 생성 및 처리에 대한 요구도가 증대됨에 따라서 고속으로 데이터를 처리하고 전송하는 능력이 전체 시스템의 성능을 결정하는 중요한 척도가 되었고, 이러한 문제를 해결하기 위한 통신으로 LVDS가 각광받고 있다. LVDS 통신은 저전압 차등신호라고 부르며, 연선 구리 케이블에 고속으로 동작이 가능한 전기적 신호 시스템이다. 그림 2는 LVDS 통신 회로의 기본 동작원리를 나타낸다.

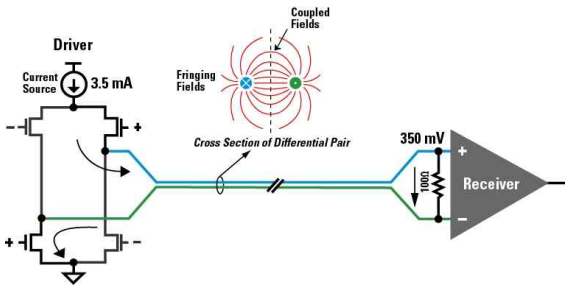

그림 2. LVDS 회로 기본 동작원리
Fig. 2. Basic operation principle of LVDS circuit.

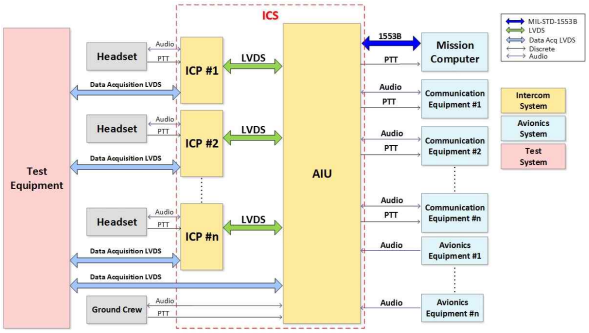

그림 3. 인터콤 LVDS 통신 연동도
Fig. 3. LVDS interface diagram of intercom.

차동 쌍의 전송선을 통해 송신기에서 3.5 mA의 전류를 제공하는 전류구동(current driving) 방식을 사용하며, 수신기에 100 Ω 종단 저항을 연결하여 사용하는 게 일반적이다[3]. LVDS 통신은 신호의 진폭이 350 mV 정도로 작고 (+), (-) 두 라인이 전자기적으로 커플링되어 있기 때문에 전자파 환경에서 동위상의 노이즈를 제거할 수 있고, 전력 소모가 작다는 장점이 있다. 통상 LVDS 통신은 비디오, 이미지, 오디오 데이터의 고속 전송이 필요한 컴퓨터 모니터, 노트북, TV 등의 디스플레이 장치에 많이 사용되며, 전자파 방사원이 다량으로 존재하는 항공기나 자동차 분야에서도 사용하기에 매우 적합하다[4].

본 논문에서 기술한 인터콤의 LVDS 통신은 음성접속장치와 인터콤제어패널 간의 LVDS와 오디오 데이터를 다운로드하기 위한 데이터 수집용 LVDS로 구성된다.

2-2 AIU – ICP 간 LVDS 통신

그림 3은 인터콤의 LVDS 통신 연동도이다. 음성접속장치와 인터콤제어패널 사이의 LVDS 통신은 아날로그 오디오 신호를 디지털 오디오 데이터로 변환하여 고속으로 송수신이 가능하도록 구성하였다. 음성접속장치는 임무컴퓨터 (MC; mission computer)의 고장상황이나 1553B 통신 오류 상황에서 발생하는 오디오 경고 신호, 통신장비와의 음성 통신, 항공전자 장비들로부터 발생되는 다양한 오디오 신호들을 모두 입력받게 된다. 입력된 아날로그 오디오 신호들은 내부에서 코덱을 통해 아날로그-디지털 변환(ADC; analog to digital conversion)을 거쳐 디지털 오디오 데이터로 변환된다[5]. 디지털화된 오디오 신호는 음성접속장치의 CPU 동작 로직에 따라서 49.152 Mbits/second의 데이터 전송 속도로 LVDS 라인을 통해서 각 인터콤제어패널로 보내게 된다. 인터콤제어패널은 디지털 오디오 데이터를 수신 받아 마찬가지로 코덱을 통해 디지털-아날로그 변환(DAC; digital to analog conversion)을 거쳐 사용자의 헤드셋으로 오디오 신호를 출력하게 된다.

2-3 데이터 수집용 LVDS 통신

데이터 수집용 LVDS 통신은 그 동작 특성 및 원리 등은 음성접속장치와 인터콤제어패널 간의 LVDS 통신과 동일하며, 음성접속장치와 인터콤제어패널의 데이터 수집용 LVDS 채널을 통해 인터콤 점검장비로 LVDS 연동이 가능하도록 구성했다. 음성접속장치 및 인터콤제어패널의 데이터 수집용 LVDS는 인터콤 점검장비의 데이터 수집 선택 스위치로 연결이 되고, 인터콤 점검장비에서는 오디오 데이터를 다운로드하고자 하는 소스 (AIU, ICP #1~ICP #n) 중 하나를 선택하여 ICS emulation board로 데이터 수집 LVDS 채널을 연결시키게 된다.

Ⅲ. 오디오 데이터 분석 방안

LVDS 통신을 이용한 데이터 수집은 인터콤으로 입출력되는 다양한 오디오 신호나 필요한 데이터를 인터콤 점검장비를 통해 PC로 다운로드하여 분석할 수 있도록 하기 위한 것으로 본 논문에서 데이터 수집을 위한 하드웨어 구성과 이를 통한 데이터 수집 수행 방법 및 음성접속장치, 인터콤제어패널에 대한 데이터 수집 구성에 대하여 제시한다.

3-1 오디오 신호의 데이터 수집을 위한 하드웨어 구성

그림 4는 오디오 데이터 수집을 위한 하드웨어 구성도이다. 오디오 데이터를 다운로드하고 분석하기 위해서 인터콤 점검장비 내부에 ICS emulation board를 구성하였다. ICS emulation board는 zilinx 社의 zynq-7000 FPGA가 탑재되어있는 상용 ZC702 emulation board와 ZC702 emulation board와 인터콤을 연동시켜주기 위해 자체 제작한 expansion board로 구성하였다. Expansion board는 데이터 수집용 LVDS를 통해 음성접속장치 및 인터콤제어패널과 직접 연동하고, ZC702 emulation board와 AXI4-full bus인 HP (high-performance) port를 통해서 오디오 데이터를 전달하도록 구성하였다[6]. ZC702 emulation board는 PC와 연동하여 expansion board로부터 수신된 오디오 데이터를 다운로드할 수 있도록 해준다.

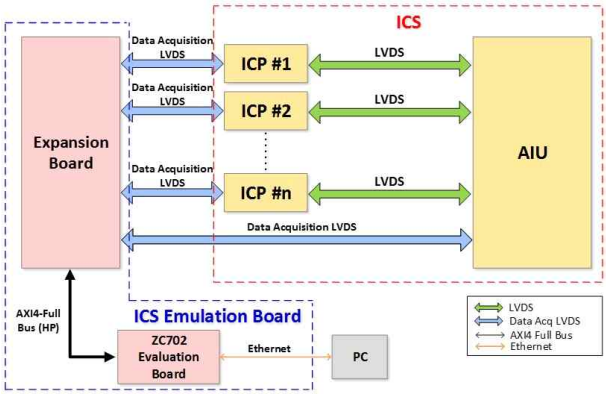

그림 4. 오디오 데이터 수집을 위한 하드웨어 구성
Fig. 4. Hardware composition for audio data acquisition.

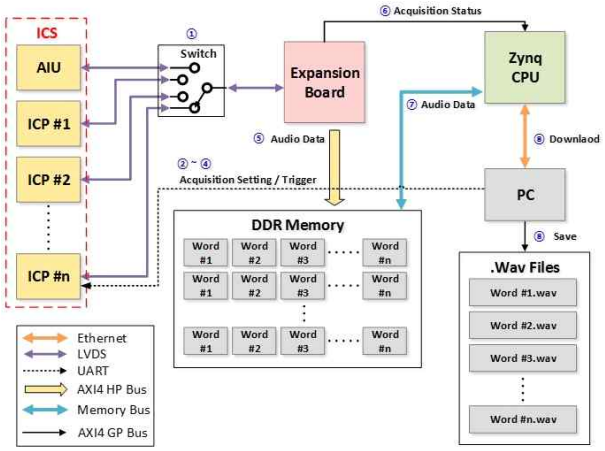

그림 5. 인터콤 오디오 데이터 수집 흐름도
Fig. 5. Audio data acquisition flow diagram of intercom.

표 1. 인터콤 오디오 데이터 수집 흐름
Table 1. Audio data acquisition flow of intercom.

No.	Data Flow	Data	Note
①	ICS to Test Equipment (Data Acquisition Select Switch)	Audio Data	LVDS
②	PC to Zynq CPU	Channel Select Channel Count	Ethernet
③	PC to Zynq CPU	Data Size	Ethernet
④	PC to Zynq CPU	SW Trigger	Ethernet
⑤	Expansion Board to DDR Memory	Audio Data	AXI4 HP Bus
⑥	Zynq CPU to DDR Memory	Interrupt Assert & Acquisition On	AXI4 GP Bus
	Expansion Board to Zync CPU		
⑦	DDR Memory to Zynq CPU	Audio Data	Memory Bus
⑧	Zynq CPU to PC	Audio Data	Ethernet

3-2 오디오 신호의 데이터 수집 방법

그림 5는 인터콤과 연동되는 오디오 신호에 대한 데이터 수집 흐름 및 처리 연동도이며, 표 1은 데이터 수집 순서에 따른 데이터의 흐름을 나타낸 것이다. 데이터 수집은 음성접속장치 및 인터콤제어패널의 각 CPU 로직의 register controller부에 있는 acquisition control register를 제어하여 오디오 데이터를 수집하고자 하는 소스 장치의 data acquisition LVDS Tx bus에 오디오 데이터를 전송함으로써 시작된다. 인터콤 점검장비의 acquisition switch에 의해 선택된 소스 장치의 Tx bus가 expansion board의 Rx bus에 연결되어 expansion board의 data acquisition Rx controller로 전송된다. 이를 수신한 expansion board CPU의 acquisition Rx controller는 오디오 데이터를 DDR 메모리에 저장한 후 zynq CPU로 interrupt 신호를 송신한다[7]. Interrupt를 감지한 zynq CPU는 PC 사용자의 제어에 의해 수신한 오디오 데이터를 ethernet을 이용하여 PC로 전송한다. 세부적인 인터콤의 데이터 수집은 다음과 같은 순서에 따라서 이루어진다.

① 인터콤 점검장비의 acquisition switch를 이용하여 수집하고자 하는 오디오 데이터의 소스 장비(AIU, ICP#1~ICP#n) 중 하나를 선택한다.

② 수집하고자 하는 소스 장비에 데이터를 수집할 대상 오디오의 채널수와 채널 종류를 설정한다.

③ 수집하고자 하는 소스 장비에 데이터를 수집할 오디오 데이터의 양을 설정한다.

④ 수집하고자 하는 소스 장비에 software trigger를 통해 데이터 수집을 수행하여 오디오 데이터의 소스 장비에서 ICS expansion board로 오디오 데이터 전송을 시작한다.

⑤ 수신된 오디오 데이터를 DDR 메모리에 word 파일 별로 저장한다.

⑥ Acquisition 상태를 읽어 데이터 수집이 끝나기를 기다렸다가, 오디오 데이터 수신이 종료되면 zynq CPU로 interrupt 신호를 송신한다.

⑦ ~ ⑧ 데이터 수집이 종료되면 zynq CPU와 PC 간 ethernet을 이용하여 오디오 데이터를 PC로 다운로드 한다.

3-3 AIU 오디오 데이터 수집

그림 6은 음성접속장치의 입출력 오디오 신호에 대해 데이터 수집을 수행하는 방법을 나타낸 것이다. 시험 구성 별로 통합시험환경(SIL; System Integration Laboratory)에서 실장비와의 연동을 통해서 실제 오디오 신호에 대한 데이터 수집을 수행하는 것과 환경/전자파시험 시 오디오 점검을 수행하기 위해 데이터 수집을 수행하는 것으로 나누어 구성하였다. 환경/전자파 시험 시에는 실장비를 사용하여 시험을 수행할 수 없으므로 ICS emulation board에서 음성접속장치의 입력 오디오 음원을 모의하여 생성 후 데이터 수집을 수행하는 것으로 검토하였다.

입력 신호의 경우에는 통합시험환경 및 환경/전자파시험 두 가지 구성에 대해 동일하게 음성접속장치로 입력되는 아날로그 신호가 코덱을 거쳐 디지털로 변환된 후 음성접속장치 내부 CPU로 입력되는 지점에서 데이터 수집을 수행한다. 출력 오디오의 경우에는 실장비 연동 시에는 인터콤제어패널의 사용자가 헤드셋의 마이크를 통해서 입력하는 마이크 입력 신호를 받

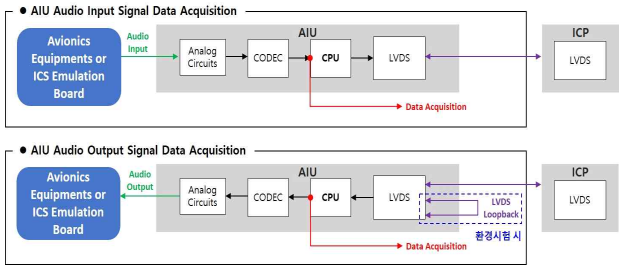

그림 6. 음성접속장치 오디오 입출력 신호 데이터 수집 구성도
Fig. 6. Block Diagram of Audio Input/Output Signal Data Acquisition from AIU

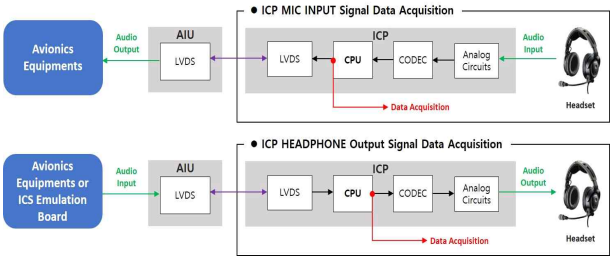

그림 7. 인터콤제어패널 오디오 입출력 신호 데이터 수집 구성도
Fig. 7. Block diagram of audio input/output signal data acquisition from ICP.

아 음성접속장치가 통신장비로 출력하는 신호를 코덱으로 입력되는 지점에서 데이터 수집을 수행한다. 환경/전자파시험 시에는 인터콤제어패널의 마이크 신호를 모의하기에 어려움이 많으므로 인터콤제어패널과 연동되는 LVDS 라인을 루프 백하여 마이크 신호를 모의 음원으로 대체하여 데이터 수집을 수행하며, 음성접속장치로 루프 백 된 마이크 신호가 CPU의 동작 로직에 따라 코덱으로 입력되는 지점에서 데이터 수집을 수행하는 것으로 구성하였다.

3-4 ICP 오디오 데이터 수집

그림 7은 인터콤제어패널의 입출력 오디오 신호의 데이터 수집을 수행하는 방법을 나타낸 것이다. 인터콤제어패널의 경우에는 사용자가 헤드셋의 마이크를 통해서 입력하는 마이크 입력 신호와 헤드셋의 헤드폰으로 출력되는 헤드폰 출력 신호에 대해서 데이터 수집을 수행하는 방안으로 구성하였다.

인터콤제어패널 또한 데이터 수집을 수행하는 구성을 통합시험환경 및 환경/전자파시험 두 가지에 대해 나누어 구성하였다. 인터콤제어패널의 실장비 연동 시, 입력 신호의 경우에는 인터콤제어패널로 입력되는 아날로그 마이크 신호가 코덱을 거쳐 디지털로 변환된 후 인터콤제어패널 내부 CPU의 동작 로직에 따라서 음성접속장치와 연동되는 LVDS로 출력되는 지점에서 데이터 수집을 수행한다. 출력 신호는 실장비에서 발생하는 실제 오디오 신호를 음성접속장치와 인터콤제어패널 간 LVDS 라인을 통해 디지털 오디오 데이터를 인터콤제어패널이 음성접속장치로부터 전달받아 코덱으로 입력되는 지점에서 데이터 수집을 수행하는 것으로 구성하였다.

환경/전자파시험 시에는 음성접속장치와 마찬가지로 인터콤제어패널의 마이크 신호를 모의하기에 어려움이 많기 때문에 인터콤제어패널의 헤드폰 출력 신호에 대해서만 데이터 수집을 수행하며, 그 구성과 방법은 실장비에서 발생하는 오디오 신호를 ICS emulation board에서 모의하는 것 이외에는 실장비 연동과 동일하다.

Ⅳ. 오디오 데이터 분석 결과

본 논문의 오디오 데이터 분석 결과는 앞에서 언급한 통합시험환경과 환경/전자파시험 두 가지 구성에 대해서 각각 데이터 수집을 수행하고, 분석한 결과에 대하여 제시한다.

첫 번째는 통합시험환경에서 실장비와의 연동을 통해서 실제 오디오 신호에 대한 데이터 수집을 수행하였다. 통합시험환경에서는 실장비에서 오디오 신호를 발생시켜 음성접속장치로 오디오 신호가 입력되는 상태에서 음성접속장치의 오디오 입력 신호에 대해 데이터 수집을 수행하여 다운로드 된 오디오 데이터를 .wav 파일로 저장 후 audacity 프로그램을 통해 주파수 분석을 수행하였다.

오디오 데이터를 분석한 결과, 실장비에서 출력되는 오디오 신호에 미세한 배경 노이즈가 같이 섞여 음성접속장치로 입력되는 것을 확인하였다. 그림 8의 왼쪽 주파수 스펙트럼을 보면 40 ~ 3000 Hz 주파수 대역에서 실장비에서 발생되는 1350 Hz의 톤(Tone) 신호에 배경 노이즈 많이 섞여 측정되었으며, 실제로 인터콤제어패널과 연동되는 헤드셋의 헤드폰으로 청취했을 때 본래 신호에 배경 노이즈가 섞여 청취되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 통합시험환경에서 다양한 장비들이 동시에 운용이 되고, 해당 장비들이 내부 로직을 처리하거나 통신에 사용하는 주요 주파수가 서로 다르기 때문에 인터콤과 연동되는 오디오 신호들이 전자파 환경에 많이 노출되는 것으로 생각할 수 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 실장비 오디오를 입력받는 음성접속장치의 내부 CPU에 탑재되는 소프트웨어에 유한 임펄스 응답 필터(FIR Filter; finite impulse response filter)를 설계 및 추가하여 동일한 조건에서 시험을 수행하였다. 그 결과 그림 8의 오른쪽 주파수 스펙트럼과 같이 실장비에서 발생되는 1350 Hz의 톤(Tone) 신호 이외에는 기존에 본래 신호에 섞여 있던 노이즈 구간이 필터를 통해 저감되어 측정이 되는 것을 확인할 수 있었으며, 헤드셋의 헤드폰으로 청취했을 때에도 배경 노이즈가 청취되지 않는 것을 확인할 수 있었다.

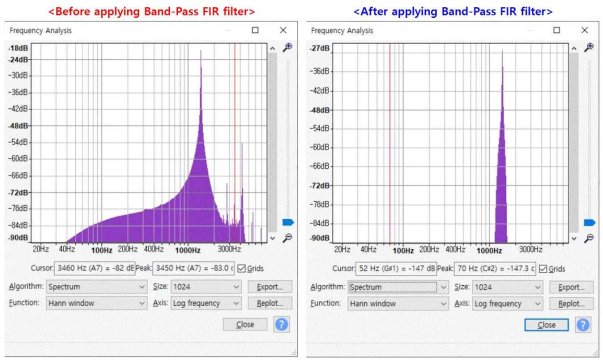

그림 8. LVDS 데이터 수집을 통한 AIU 입력 오디오 분석 결과 예시
Fig. 8. Example of AIU input audio analysis result using LVDS data acquisition.

두 번째는 환경/전자파시험에서 인터콤 점검장비의 ICS emulation board에서 오디오 음원을 모의하여 생성 후 음성접속장치 또는 인터콤제어패널의 입출력 오디오 신호에 대한 데이터 수집을 수행하였다. 환경/전자파시험에서는 ICS emulation board에서 오디오 음원을 모의하여 생성 후 오디오 입출력 신호에 대해 데이터 수집을 수행하여 다운로드 된 오디오 데이터를 .wav 파일로 저장 후 audacity 프로그램을 통해 환경시험 전/중/후 오디오 데이터의 RMS dB 값을 측정하였다.

오디오 데이터를 분석한 결과, 환경시험의 시험 전/후에 측정한 오디오 데이터의 RMS dB 값과 시험 중에 측정한 RMS dB 값에 대하여 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 시험에 대한 예시 데이터로 그림 9와 그림 10을 비교해보면 음성접속장치의 출력 오디오 신호에 대해서 시험 전/후 시에는 −22.1518 dB 값이 측정되었으며, 시험 중에는 −22.2005 dB 값이 측정되었음을 확인 할 수 있다. 표 2는 음성접속장치 및 인터콤제어패널의 입출력 신호 중에서 환경/전자파시험 수행 시 분석을 수행한 예시 결과이다. 또한 전자파시험에서도 장비에 다양한 노이즈 신호를 인가하는 중에 오디오 신호에 대한 데이터 수집을 수행한 결과, 오디오 데이터의 손실 없이 실제로 헤드셋의 헤드폰으로 청취했을 때에도 오디오 신호에 잡음 없이 깨끗하게 청취되는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 통합시험환경에서와 마찬가지로 주파수 분석을 수행한 결과 또한 시험 전/후 및 시험 중 오디오 데이터에 대해서 환경 조건 혹은 전자파 인가 조건에서도 노이즈 신호가 섞이지 않은 동일한 주파수 스펙트럼이 측정되는 것을 확인하였다.

이와 같은 결과를 통해서 사용자 또는 시험자에 따라 평가 및 검증에 대한 결과가 정성적일 수 있는 인터콤의 오디오 성능 및 품질 검증에 대해서 해당 분석 방법을 통해 환경/전자파시험 조건 내에서 오디오 신호 및 데이터에 대한 성능 및 품질을 정량적으로 확인할 수 있다.

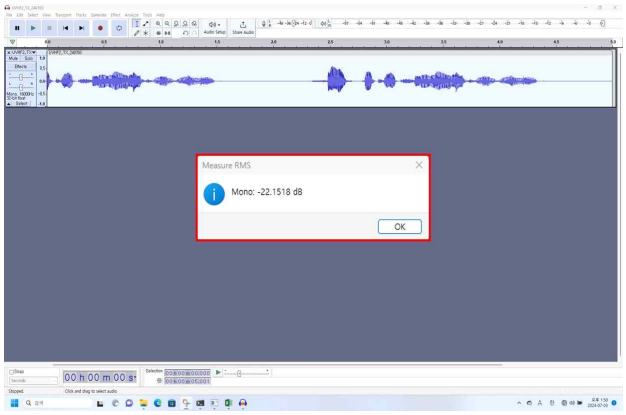

그림 9. LVDS 데이터 수집을 통한 AIU 출력 오디오 분석 결과 예시 (시험 전/후)

Fig. 9. Example of AIU output audio analysis result using LVDS data acquisition (before/after the test).

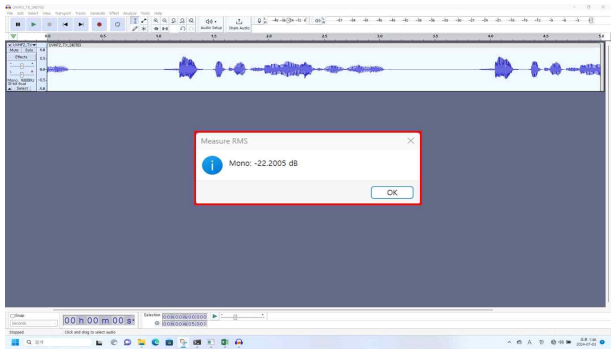

그림 10. LVDS 데이터 수집을 통한 AIU 출력 오디오 분석 결과 예시 (시험 중)

Fig. 10. Example of AIU output audio analysis result using LVDS data acquisition (during the test).

표 2. 인터콤 오디오 데이터 RMS 측정 결과 (예시)

Table 2. Audio data RMS measurement results of intercom (example)

No.	ICS	Input/ Output	Avionics Equipments	Before/After the Test	During the Test
①	AIU	Input	Avionics Equipment #1	−23.40 dB	−23.58 dB
②	AIU	Output	Avionics Equipment #2	−22.15 dB	−22.20 dB
③	ICP	Output	Avionics Equipment #1	−20.09 dB	−20.08 dB
④	ICP	Output	Avionics Equipment #3	−21.13 dB	−21.12 dB

Ⅴ. 결 론

항공기에 탑재되는 항공전자 장비 중에서 인터콤은 항공기에서 발생하는 다양한 오디오 신호의 중계와 통신장비를 통한 타 항공기 또는 지상 관제소와의 교신 등을 가능하게 해주는 중요한 장비이다. 오디오 신호의 저장과 분석 등을 손쉽게 수행하기 위해서 본 논문에서는 인터콤의 디지털 오디오 데이터 송수신 및 데이터 수집을 위한 LVDS 통신의 설계 사항을 설명하고, 이를 토대로 수행한 오디오 신호의 데이터 수집 방법 및 분석, 결과 사례를 제시하였다. 항공전자 시스템을 항공기와 유사한 환경에서 효율적으로 검증하기 위한 통합시험환경에서 실제 음성 통신 및 오디오 신호를 발생시켜 시험을 수행하였고, 환경/전자파시험과 같은 조건에서 데이터 수집을 통해 다운로드한 오디오 데이터를 분석하여 인터콤의 오디오 품질 무결성을 확인하였다.

향후 본 논문에서 검토하고 설계한 내용을 기반으로 실제 항공기에서 비행 및 운용 간에 발생하는 다양한 오디오 및 음성 신호에 대해서도 인터콤으로 입출력되는 오디오 신호들을 데이터 수집을 통해 다운로드하여 오디오 신호 레벨 측정 및 분석, 음성 신호에 대한 재생, 노이즈 유무 등을 확인하고 인터콤의 오디오 품질을 검증하는데 활용할 수 있을 것이다.

References

[1] S. H. Cho, S. J. Jeong, M. S. Kim, D. W. Nam, D. N. Jung and J. H. Kim, "Design of electret microphone interfacing circuit for microphone signal path control between intercoms," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol. 28, No. 3, pp. 309-314, June 2024. DOI: http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.3.309.

[2] M. S. Kim, S. H. Cho, K. D. Kim, and J. H. Park, "A study on the application of MFB filter to reduce analog noise in aircraft," in *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 2022 Fall Conference*, Jeju Island: Korea, pp. 1734-1735, Nov. 2022. Retrieved from https://www.riss.kr/link?id= A108421394.

[3] S. H. Kim, I. S. Choi, and C. W. Hur, "Analysis on data transmission specific property of LVDS using FPGA," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 6, No. 7, pp. 1069-1073, Nov. 2002. Retrieved from https://www.riss.kr/link?id=A100828855.

[4] M. G. Jo, and M. W. Park, "Implementation of image transfer of high resolution automotive camera using LVDS," in *The Institute of Electronics and Information Engineers Fall Annual Conference of IEIE, 2012*, pp. 543-544, Nov. 2012. Retrieved from https://www.dbpia.co.kr/journal/article Detail?nodeId=NODE02346506.

[5] S. J. Jeong, K. H. Cho, D. H. Kim, and S. W. Lee, "The digital redundancy design method for back-up mode operation of aviation intercom," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol. 26, No. 5, pp. 358-364, Oct. 2022. DOI: https://doi.org/10.12673/jant.2022.26.5.358

[6] J. Y. Lee, S. B. Byun and Y. H. Lee, "Design of 4-channel DAC interface using zynq AXI bus," in *The Proceedings of the 2023 KIIT Autumn Conference*, Jeju Island: Korea, pp. 567-569, Nov. 2023. Retrieved from https://www.riss.kr/link?id =A108929937.

[7] A. M. Awaludin, R. M. Rahayu and H. W. Kim, "High speed data acquisition system for NILM using zynq," in *KICS Summer Conference 2018*, Jeju Island: Korea, pp. 13-14, Jun. 2018. Retrieved from https://www.riss.kr/link?id= A105505182.

정 성 재 (Seong-jae Jeong)
2018년 02월 : 부산대학교 전기공학과 (공학사)
2018년 07월 ~ 현재 : LIG넥스원 항공연구소 선임연구원
※관심분야 : 항공전자, 디지털 회로설계, 항전체계 설계

정 다 나 (Da-na Jung)
2021년 08월 : 아주대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2007년 02월 ~ 2021년 12월 : 삼성전자
2022년 05월 ~ 현재 : LIG넥스원 항공연구소 수석연구원
※관심분야 : 항공전자, 내장형 소프트웨어, 검증환경

조 성 희 (Sung-hee Cho)
2020년 02월 : 경북대학교 전자공학부 (공학사)
2020년 01월 ~ 현재 : LIG넥스원 항공연구소 선임연구원
※관심분야 : 항공전자, 아날로그 회로설계, 전력전자

김 민 선 (Min-seon Kim)
2021년 08월 : 한남대학교 전자공학과 (공학사)
2022년 04월 ~ 현재 : LIG넥스원 항공연구소 선임연구원
※관심분야 : 항공전자, 디지털 회로설계, 아날로그 회로설계

남 덕 우 (Deok-woo Nam)
2020년 02월 : 충남대학교 전파공학과 (공학사)
2020년 02월 ~ 2022년 02월 : 제이셋스태츠칩팩코리아
2023년 02월 ~ 현재 : LIG넥스원 항공연구소 연구원
※관심분야 : 항공전자, 디지털 회로설계, 아날로그 회로설계