ALQ-X 전자방해체계용 원격전송 장치 개발

The Development of a Telemetry System for ALQ-X

남 윤 권 Nam, Yun Kwon
이 병 남 Lee, Byeong Nam
이 승 근 Lee, Seung Geun
류 정 호 Lyu, Jeong Ho
이 동 근 Lee, Dong Keun

ABSTRACT

A novel method for telemetering flight operational data of airborne jammer to ground station is presented. The design and construction of an onboard telemetry transmitting set and a ground receiving set which are necessary for realizing this novel method is described. Using this novel method, ALQ-X, airborne jammer, can immediately transmit the gathered data during flight without additional exclusive telemetry set.

주요기술용어(주제어) : Airborne Jammer(항공용 전자방해장비), Jamming Transmitting Set(재밍송신장치), Ground Receiving Set(지상 수신장치), Telemetry(원격전송)

1. 서 론

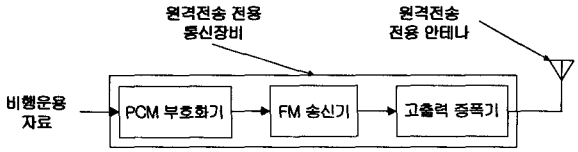
ALQ-X 체계는 적의 유도무기와 대공포 등으로부터 아군의 전투기를 보호하기 위한 전투기 외장형 전자방해장비이다[1]. 이와 같은 항공용 전자방해장비의 최종적인 운용성능은 위협 레이더와의 대응능력 확인 시험으로 입증되며 이러한 비행성능시험은 전자방해장비 내에 실장될 최적의 재밍기법 선정을 가능케 하는 항공용 전자방해장비 체계개발의 핵심 요소이다[2]. 위협 대응능력 확인을 위해서는 항공기에 탑재된 전자방해장비의 운용상황을 지상에서 레이더 화면과 동시에 실시간으로 확인하는 것이 매우 중요하다. 따라서 전자방해장비 내에서 생성되는 비행운용 자료 데이터를 지상으로 무선전송 하기 위한 원격전송 장치가 필수적으로 요구된다.

† 2005년 2월 7일 접수~2005년 3월 17일 게재승인
* 국방과학연구소(Agency for Defense Development)
주저자 이메일 : nykee@lycos.co.kr

본 논문은 전자전 전문 시험시설이 없는 국내에서 비행성능시험을 효율적으로 추진할 수 있도록 비행운용 자료 데이터를 지상으로 무선전송 하기 위한 새로운 방법을 최초로 제안하고 제안된 기술을 구현하기 위해 전자방해장비 내에 탑재되는 내장형 원격전송 송신장치와 지상 수신장치를 개발한 것에 대해 기술한다. 제안된 비행운용 자료 전송용 원격전송 장치는 전용의 통신장비를 항공기에 추가설치하지 않고 전자방해장비의 고유기능인 고출력 재밍송신 기능을 활용하여 무선 송신을 가능케 함으로서 항공기의 개조나 전자방해장비의 중량에 증감이 없이 주기능인 재밍송신과 함께 원격전송을 가능케 한 독창적인 방법이다.

2. ALQ-X의 재밍송신 장치를 이용한 원격전송 송신장치의 구현

그림 1에 나타난 바와 같이 기존의 항공용 전자방해장비의 원격전송 송신장치는 비행운용 자료를 펄스



[그림 1] 기존의 원격전송 전용 송신장치의 블록도

신호로 바꾸는 PCM 부호화기, 이 펄스신호를 고주파 신호로 변조해주는 FM 송신기, 신호를 증폭시키기 위한 고출력 증폭기, 그리고 신호의 공간 중 방사를 위한 안테나로 구성된다.

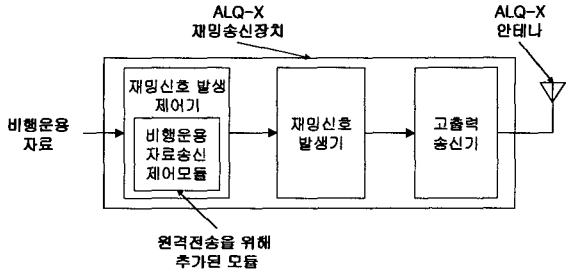
그림 1과 같은 기존의 항공용 전자방해장비의 원격전송 전용 송신장치는 항공용 전자방해장비의 재밍기능을 위한 기본 장비와는 별도로 전용의 통신장비를 전자방해장비의 내부 또는 비행성능시험에 사용되는 항공기 내부에 설치해야하며 이를 위한 부가적인 안테나도 전자방해장비 또는 항공기에 설치해야 한다.

이러한 기존의 항공용 전자방해장비의 원격전송 장치를 전자방해장비에 설치할 경우에는 전자방해장비의 부피와 중량이 커지게 되고 항공기에 설치할 경우에는 항공기의 개조가 수반되는 등의 단점을 가지게 되어 사실상 구현 자체가 어려운 실정이다.

본 논문에서 제안하는 원격전송 장치는 원격전송을 위한 전용의 통신장비를 전자방해장비 또는 항공기에 추가설치하지 않고 전자방해장비의 고유기능인 고출력 재밍송신 기능을 활용하여 주기능인 재밍송신과 함께 원격전송을 가능케 하는 것이다.

이렇게 고안된 ALQ-X의 재밍송신 장치를 이용한 비행운용 자료 전송용 원격전송 송신장치는 그림 2에 보여 지는 것처럼 ALQ-X의 재밍신호 발생 제어기의 일부 기능을 이용하여 구현된 비행운용 자료 송신 제어 모듈, 재밍신호 발생기, 고출력 송신기와 ALQ-X의 안테나로 원격전송 송신장치의 각각의 기능을 구현함으로서 전용의 통신장비 없이 원격전송을 가능하게 한다는 특징을 갖고 있다.

그림 1과 그림 2를 비교해 보면 ALQ-X의 재밍송신 장치를 이용한 비행운용 자료 전송용 원격전송 송신장치는 펄스 부호화부 기능을 하는 비행운용 자료 송신 제어모듈, 고주파 송신부 기능을 하는 재밍신호 발생기, 고출력 증폭부 기능을 하는 고출력 송신기와



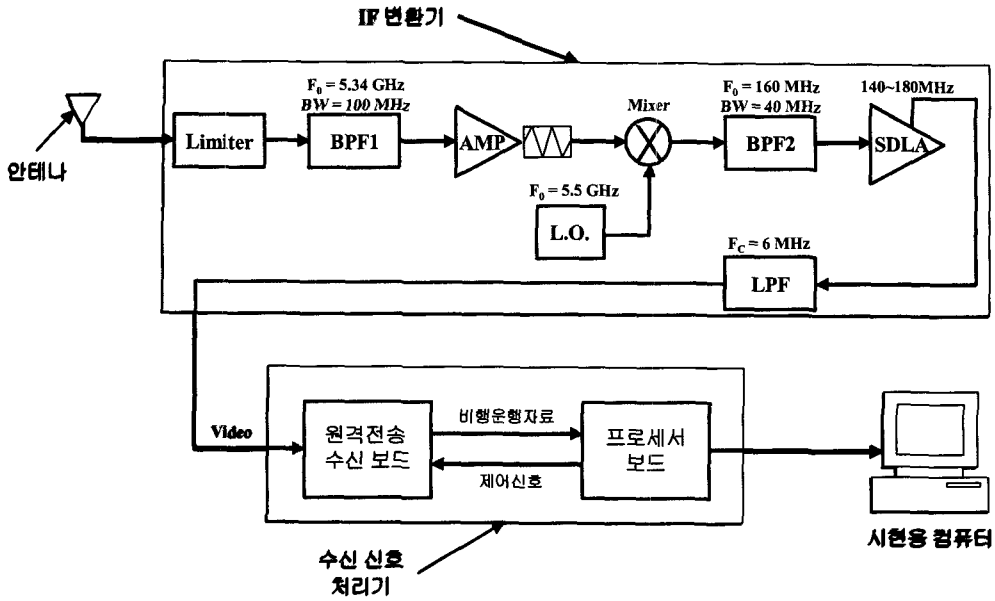
[그림 2] ALQ-X의 원격전송 송신장치

안테나 기능을 하는 ALQ-X의 안테나로 구성된다.

그림 2에서 원격전송 기능만을 위해서 부가적으로 추가된 것은 단지 비행운용 자료 송신 제어모듈이며 이것도 재밍신호 발생 제어기의 일부분을 이용하여 구현한다. 비행운용 자료 송신 제어모듈은 ALTERA 사의 APEX20K 칩에 VHDL 언어로 구현되었으며 그 기능은 다음과 같다. 별도의 전자방해장비 운영 프로그램에서 이벤트가 발생될 때 기록된 비행운용 자료를 메모리에서 읽어 들인 후 자료를 메시지 형태로 포맷하고 포맷된 자료를 정해진 직렬 단방향 형식의 프로토콜(1 start bit, 32bit data, 1 parity bit, 2 stop bit) 형태로 구성한다. 이렇게 구성된 자료를 RF 통신방식에 많이 사용되는 맨체스터 부호화 방식을 이용하여 부호화하고 매 주기(3초)마다 정해진 속도(128kbps~1Mbps)로 자료를 ASK 방식으로 변조한 후 전송한다.

본 논문에서 제안한 ALQ-X의 재밍송신 장치를 이용한 비행운용 자료 전송용 원격전송 송신장치를 사용할 경우, 원격전송을 위한 전용의 통신장비를 전자방해장비 또는 항공기에 추가로 설치하지 않고 전자방해장비의 고유기능인 고출력 재밍송신 기능을 활용하여 주기능인 재미송신과 함께 원격전송을 가능케 함으로서 비행성능시험에 사용되는 항공기의 개조가 필요치 않고 전자방해장비의 부피와 중량도 커지지 않게 하면서 원격전송을 가능하게 할 수 있다. 또한 전자방해장비의 고출력 재밍송신 기능에 의해 원격전송 신호를 상당히 큰 세기로 전송할 수 있으므로 원거리까지 신호 수신을 가능케 할 수 있다.

그림 1과 같은 기존의 항공용 전자방해장비의 원격전송 송신장치와 본 논문에서 제안된 새로운 원격전



[그림 3] 지상 수신장치의 구성도

송 송신장치의 차이점은 출력신호의 형태가 일반적인 원격전송 송신장치의 경우 FM 신호이나 새로운 원격전송 송신장치의 경우 ASK 신호라는 것이다.

3. 지상 수신장치

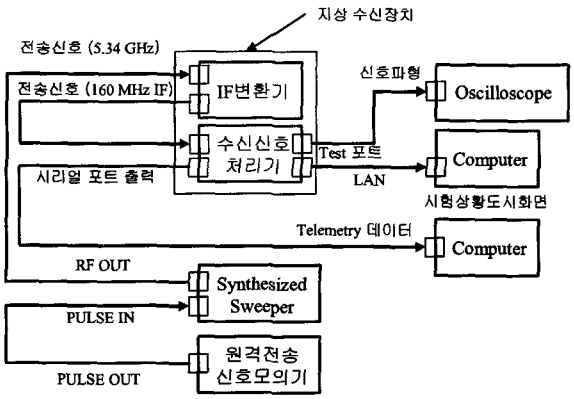
가. 지상 수신장치의 구성

지상 수신장치의 구성은 그림 3과 같으며 고주파 원격전송 신호 수신을 위한 안테나, 수신된 신호를 비디오 신호로 변환하여 출력하는 IF 변환기, 이 비디오 신호를 TTL 신호로 변환하고 그 속에 담겨있는 비행운용 자료를 분석하는 원격전송 수신 보드, 원격전송 수신 보드를 제어하는 프로세서 보드와 프로세서 보드로부터 넘겨받은 비행운용 자료에 대한 결과를 시현하는 시현용 컴퓨터로 구성된다.

안테나는 ALQ-X의 재밍신호를 분석하기위한 장비와 공동으로 사용하기위해서 광대역특성을 갖으며 비행성능시험 중에 빠르게 움직이는 항공기로부터 송신되는 원격전송 신호를 안테나를 거의 움직이지 않고 수신할 수 있도록 하기위해서 반전력빔폭(HPBW: half power beamwidth)이 원격전송 신호의 중심 주파수인 5.34GHz에서 80°이상이 되는 안테나가 사용된다.

나. 지상 수신장치의 수신감도

지상 수신장치의 수신감도는 원격전송 신호의 송수신이 가능한 거리를 결정짓는데 중요한 역할은 하는 것 중에 하나이다.



[그림 4] 지상 수신장치의 수신감도 시험 구성도

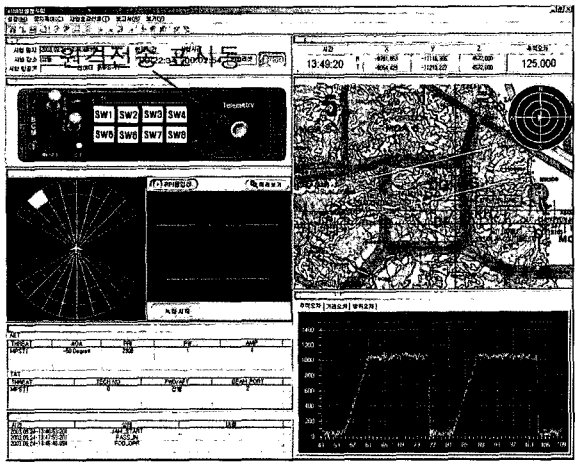
지상 수신장치의 수신감도를 측정하기위해서 그림 4와 같이 시험에 사용되는 장치를 구성한다.

VME 버스형태로 제작된 원격전송 신호 모의기를 이용해서 원격전송 장치에서 사용되는 신호의 펄스를 만들어낸 다음 이를 synthesized sweeper의 외부 트리거 펄스입력으로 사용해서 5.34GHz의 CW 신호에 펄스 변조를 하여 원격전송 신호를 만들어 냈다. 이렇게 만들어진 원격전송 신호를 그림 4와 같이 지상 수신장치의 IF 변환기에 입력하였다. IF 변환기에 의해서 160MHz로 변환된 신호는 수신신호 처리기(원격전송 수신 보드와 프로세서 보드로 구성됨)에 입력된다. 수신신호 처리기를 거쳐 얻어진 비행운용 자료들은 시현용 컴퓨터에서 실행되는 시험재현 소프트웨어의 시험상황도시화면(그림 5와 같으며 비행성능시험 도중에 실시간으로 ALQ-X의 현재 상태 등의 시험결과물들을 보여줌)에 나타나게 된다. 원격전송 신호가 적절히 수신되면 시험상황도시화면 상의 원격전송 표시등에 녹색불이 표시된다[3].

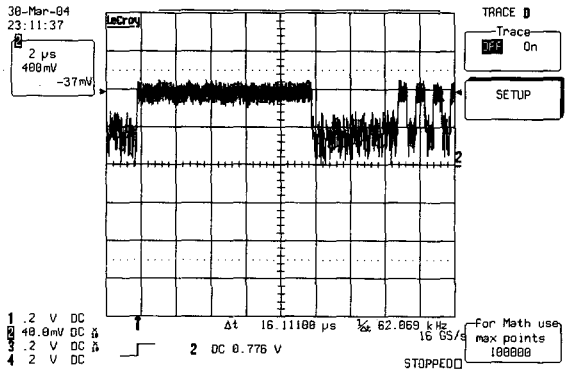
지상 수신장치의 수신감도를 측정하기 위하여 시험에 사용된 synthesized sweeper의 출력을 -76~-60dBm에서는 1dBm씩 변경하고 -77~-76dBm에서는 0.1dBm씩 변경하며 측정하였다. 측정결과 그림 4의 시험상황에서 지상 수신 처리 장치에 수신된 최소 수신신호의 세기는 -76.6dBm이었고 시험에 사용된 synthesized sweeper에서 IF 변환기까지의 케이블(cable)에 의한 손실은 -4.6dB이므로 실제적인 지상 수신 처리 장치의 최소 수신감도는 -81.2dBm이었다[4].

지상 수신장치의 수신감도 시험에서는 그림 6과 같은 오실로스코프로 측정된 지상 수신장치에 의해서 수신된 원격전송 모의신호의 파형, 시험재현 소프트웨어의 시험상황도시화면에 나타난 결과와 수신신호 처리기의 시리얼(serial) 포트(port)를 통해서 얻어지는 16진수로 되어있는 수신된 비행운용 자료 및 비행운용 자료의 내용(수신된 비행운용 자료가 어떤 것인지를 나타냄)을 이용해서 원격전송 신호가 적절히 수신되었는지를 판단하였다.

수신신호 처리기의 시리얼 포트를 통해서 얻어진 수신된 비행운용 자료의 내용에는 자료의 어느 곳에 오류가 있는지를 표시(어떤 부분에 parity 에러가 발생했는지를 나타내줌)해주기 때문에 이를 이용해서 시험상황도시화면에 나타난 결과만 이용했을 때보다 더 자세하게 수신 상태를 점검할 수 있었다. 수신감도는 오실로스코프로 측정된 원격전송 모의신호의 파형과 시험상황도시화면의 결과가 정상(예상된 것과 일치)이며 수신된 데이터에 오류가 발생하지 않을 때의 synthesized sweeper의 출력으로 선정하였다.



[그림 5] 시험재현 소프트웨어의 시험상황도시화면



[그림 6] 지상 수신장치에 수신된 원격전송 모의신호 시작부분의 파형

4. 원격전송 장치의 송수신 가능거리 산출 및 시험결과

원격전송의 목적은 원거리에 떨어져있는 두 지점사이

에 데이터를 전달해 주는 것이므로 원격전송 장치의 송수신 가능거리를 미리 알고 비행성능시험에 사용되는 항공기의 시험환경을 설정하는 것이 시험 중에 원격전송 기능을 적절히 사용하는데 매우 중요하다할 수 있다.

원격전송 송수신 가능거리를 산출하기위해서는 ALQ-X를 장착하고 있는 항공기(원격전송 송신장치)와 지상 수신장치 사이의 거리 및 각도에 따른 원격전송 수신신호의 세기와 지상 수신장치의 수신감도를 알아야한다. 수신감도는 앞선 절의 시험을 통해서 -81.2dBm이란 것을 알았다. 시험환경 하에서 ALQ-X를 장착하고 있는 항공기와 지상 수신장치 사이의 각도를 계산하여 ALQ-X의 원격전송 송신장치의 출력(P_TG_T)을 구하고(송신 안테나의 빔 패턴에 의해 각도에 따라 유효출력이 달라짐) 이때 항공기와 지상 수신장치 사이의 거리(R)를 레이더 방정식에 넣어 수신신호의 세기를 구한다. 수신신호의 세기를 구하기 위해서 사용된 레이더 방정식은 식 (1)과 같다[5].

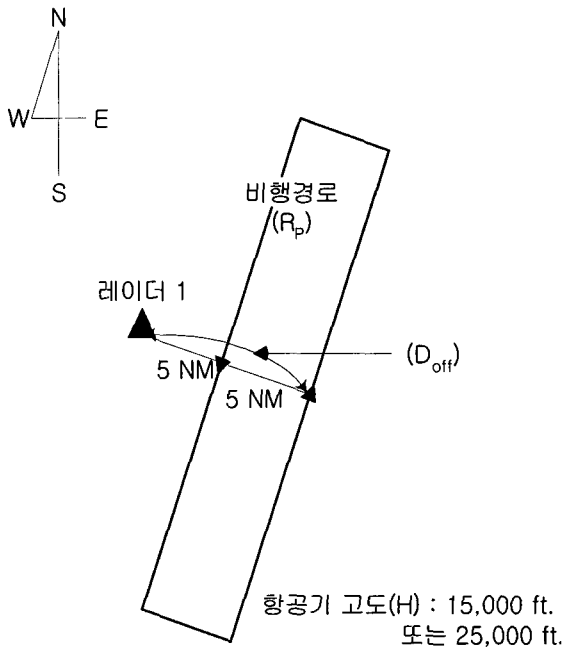
$$S_r = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi R)^2 L} \quad (1)$$

여기에서, S_r은 수신신호의 세기, G_R은 수신 안테나의 이득, λ는 신호의 파장, 그리고 L은 손실이다.

그림 7과 같은 레이더 1에 대한 비행성능시험 시험환경 하에서 항공기와 지상 수신장치 사이의 거리에 따른 각도를 계산하고 이를 이용해서 수신신호의 세기를 계산한 후 수신감도와의 비교를 통해서 원격전송 송수신 가능거리를 산출한다. 원격전송 송수신 가능거리 산출 시에는 최악의 상황을 고려한다.

위협 레이더 1에 대한 시험환경의 경우 D_{off}=10 NM(Nautical Mile)(비행경로 상에 레이더에서 먼 쪽 경로를 항공기가 나는 경우), H=15,000ft(항공기의 고도)일 때 R_P=45NM(비행경로상의 거리) 떨어진 지점에서 원격전송 송신장치와 지상 수신장치 사이의 각도는 고각방향으로 약 3.14°, 방위각방향으로 약 12.53°이며 이때 원격전송 송수신 가능거리가 가장 짧아지고 계산 결과는 표 1과 같다[3].

따라서 레이더 1의 시험환경에서 산출된 원격전송



[그림 7] 레이더 1에 대한 비행성능시험 환경

[표 1] 원격전송 송수신 가능거리 산출 결과

항 목	값
원격전송 송신 출력 (P_TG_T) [dBm]	60.2
원격전송 송수신 가능거리(R) [m]	88,180(47.61NM)
비행경로 상의 거리(R_P) [m]	86,092(46.49NM)
주파수(1/λ) (MHz)	5,340
수신안테나 이득(G_R) [dBi]	7
IF 변환기까지의 케이블 손실(L) [dB] (※ 기타 손실 포함)	2.5
지상 수신장치 수신신호 세기 [dBm] (※ 지상 수신장치 수신감도)	-81.2

송수신 가능거리는 비행경로 상의 거리(R_P)로 86.092 km(46.49NM)이다. 위 결과로부터 레이더 1에 대한 시험환경은 원격전송의 원활한 지원을 받으며 시험이 이루어지기 위해서 최대 비행경로가 약 86km가 되어야 함을 알 수 있다.

실제 비행성능시험을 통해서 얻어진 원격전송 송수신 가능거리에 대한 결과는 각각 84.512km(45.63 NM)와 78.824km(42.56NM)이었고 이것을 비행경로 상의 거리(R_P)로 환산해보면 각각 82.331km(44.46 NM)와 76.481km(41.39NM)이다.

이론적으로 산출된 원격전송 송수신 가능거리보다 실제 시험에 의해서 얻어진 결과가 최대 11.16%(평균 7.77%)정도 작은 값을 가지는데 이것은 실제 비행성능시험에서는 수신감도 시험상황과 달리 가깝게 위치해 있는 레이더들에 의해서 교란을 많이 받았기 때문이라고 고려된다.

5. 결 론

국내에서 항공용 전자방해장비의 비행성능시험을 진행하기 위해서는 실제 전투기를 사용하여 시험을 수행하여야 하므로 원격전송을 위해 추가적인 데이터 통신장비를 설치한다는 것은 항공기 또는 전자방해장비의 개조가 수반되는 등 사실상 불가능한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 전자방해장비의 고유기능인 고출력 재밍송신 기능을 활용하여 주기능인 재밍송신과 함께 단일 채널로 비행운용 자료 전송을 위한 원격전송을 가능케 하는 독창적인 기술을 제안하였다.

ALQ-X 체계에서 자료 전송 기능을 구현하기 위해 ALQ-X 체계의 기존 기능을 활용하여 내장형 송신 모듈을 개발하였다. 이때 ALQ-X 체계 하드웨어 및 소프트웨어 변경 내용을 최소화 하여 주장비의 성능에 영향이 미치지 않도록 했으며 또한 ALQ-X 체계의 재밍효과에 영향을 미치지 않도록 하면서 원격전송 기능을 구현하였다.

비행성능시험을 위해 제작된 지상 수신장치는 수신감도 시험을 통해서 -81.2dBm의 수신감도를 갖고 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 원격전송 장치를 ALQ-X 체계의 비행성능시험에 사용하여 약 80 km이내의 거리에서 ALQ-X 체계에서 보내진 원격전송 신호를 수신하여 비행성능시험 시 실시간으로 ALQ-X 체계의 상태를 관찰할 수 있었고 이로 인해 항공용 전자방해장비의 비행성능시험에 대한 국내 시험평가 기술을 확보할 수 있었으며 총 시험기간을 6 개월 정도 단축시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] 이동근, 류정호, 이승근, 이병남, ALQ-X 전자공격장비의 비행성능시험 평가장비 요구사항 분석, 연구보고서, 국방과학연구소, 2003.

[2] 이승근, 이병남, 이동근, 류정호, ALQ-X 재밍 효과도 분석 기법, 연구보고서, 국방과학연구소, 2002.

[3] 남윤권, 이병남, ALQ-X 비행시험용 Telemetry 수신 거리 분석 보고서, 연구보고서, 국방과학연구소, 2003.

[4] 이병남, ALQ-X 비행시험용 Telemetry 수신장치 설계연구, 연구보고서, 국방과학연구소, 2005.

[5] 이상설, 강정수, 레이다공학, 보성문화사, 1995.