

## 기본형 Link-K 수신 가능한 이중 구조의 소형 UHF 모듈 설계

# A Design Of Compact UHF Module With Double Structure That Can Receive Basic Type Link-K

민세홍<sup>1\*</sup> · 김복기<sup>1</sup> · 김강산<sup>1</sup> · 이종혁<sup>1</sup> · 김종성<sup>2</sup> · 배문관<sup>2</sup> · 김길훈<sup>3</sup> · 이승필<sup>3</sup>

<sup>1</sup>단암시스템즈 기술연구소

<sup>2</sup>국방과학연구소 제2본부 지휘통제단

<sup>3</sup>LIG 넥스원 연구개발본부

Se-hong Min<sup>1</sup> · Bok-ki Kim<sup>1</sup> · Kang-san Kim<sup>1</sup> · Jong-hyuk Lee<sup>1</sup> · Jong-sung Kim<sup>2</sup> · Mun-kwan Bae<sup>2</sup> · Kil-hun Kim<sup>3</sup> · Seoung-pil Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>R&D Center of Danam Systems INC, Anyang, 13930, Korea

<sup>2</sup>2<sup>nd</sup> institute Agency for Defense Development, Seoul, 05771, Korea

<sup>3</sup>R&D Center of LIG Nex1 Co, Ltd, Seongnam, 13488, Korea

### [요 약]

본 논문에서는 전술 및 조작 상황, 목표 위치 정보 확인이 가능한 Link-K (한국 합동 전술 데이터 링크 시스템)를 활용하여 목표물 재설정을 위한 소형 UHF(ultra high frequency) 수신 모듈을 설계 및 제작하였고, 시뮬레이션을 통해 목표물 재설정에 대한 효과를 분석하였다. 설계된 모듈은 UHF 수신반, 제어반 및 전원분배반으로 구성된다. UHF 수신반은 주파수 하향 변환, 필터링 및 자동 이득 제어 등을 수행한다. 제어반은 주파수 하향 변환된 신호를 복조하고, 정보를 추출하고, 외부 연동을 수행한다. 전원분배반은 외부 전원을 공급하고 각 구성품에 필요한 전원을 생성 및 공급한다. 제작된 모듈의 크기는 105 x 105 x 80 mm이고 무게는 1.10 kg이며, 수신 가능 거리는 50km 이상이다.

### [Abstract]

In this paper, we designed and fabricated a compact UHF receive module for efficient operation such as tactical and operation situation, target location information confirmation, target reset using Link-K(Korean joint tactical data link system). And the effect of target reset was analyzed by simulation. The designed module consists of UHF(ultra high frequency) receiver section, control section, and power distribution section. The UHF receiver section performs frequency down conversion, filtering and automatic gain control, etc. The control section demodulates frequency down-converted signals, extracts information, and performs external interworking. The power distribution section supplies external power, generates and supplies the power required by each section. The fabricated module was dimension of 105 x 105 x 80 mm and weighed 1.10 kg and The receiving distance is more than 50 km.

**Key words** : Data-Link, Link-K, Receiving Module, Miniaturization, Lightweight.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.4.413>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<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 10 August 2016; Revised 16 August 2017  
Accepted (Publication) 18 August 2017 (30 August 2017)

\*Corresponding Author; Se-hong Min

Tel: +82-031-538-6108

E-mail: shmin@danam.co.kr

## I. 서론

현대전에서 효율적인 임무 수행을 위해서는 목표물 정밀 타격을 실시하는 능력이 중요하다. 따라서 이동 중이거나 혹은 타격 우선권이 높아진 목표물에 대해서 목표 변경이 가능하도록 실시간 지휘 통제가 필요하다.[1] 합동전술데이터링크 시스템은 그림 1 과 같이 TDMA(Time Division Multiple Access)로 운용되어 모든 단말 간 위치 및 전술데이터가 공유하도록 하고, 타격체(유도무기)는 초기 입력된 타격 정보로 운용된다. 하지만 작전 수행 중 실시간 목표물 변경에는 구조상의 제한을 가지고 있다.[2] 현재 군은 실시간 타격위치가 변경될 경우 전술데이터링크의 특정 단말로부터 재 표적 정보를 수신하여 유도무기의 유도 조종 장치로 전달하고, 유도 조종 장치는 재 표적 위치정보, 현 위치 및 환경요소를 반영하여 새로운 비행궤적을 도출해내게 되는 것을 목표로 개발 중이다.

이와 같은 시나리오가 가능하기 위해서는 실시간으로 목표물을 변경이 가능해야 한다. 이를 위해 기본형 Link-K 개발 시에 설계된 무장 데이터 링크 모듈 소프트웨어(WTMS; weapon tactical data link Module Software)를 수정 설계하고, 표적정보를 재전송할 수 있는 무장 데이터 링크 모듈 제어 소프트웨어(WTMC; weapon tactical data link module control software)를 추가 설계하여야 한다.

본 논문에서는 국내에서 개발된 기본형 Link-K 모듈을 소형화 및 경량화 하며, 현 대한민국 공군에서 운용 중인 KGGB(Korea GPS guided bomb) 유도키트를 최대한 활용하여 항공 투하용 MK-82 일반 목적탄 내부에 장착 가능하고, 유도조종 모듈과 연동할 수 있는 소형 UHF 수신 모듈 설계 및 제작 방법을 제안하였다. 본문에서는 수신 모듈의 구성품별 특징을 살펴본 후, 기 개발된 기본형 Link-K 모듈과의 통합 시험을 통해 실시간 목표물 변경 기술의 도입 가능성을 검증하였다.

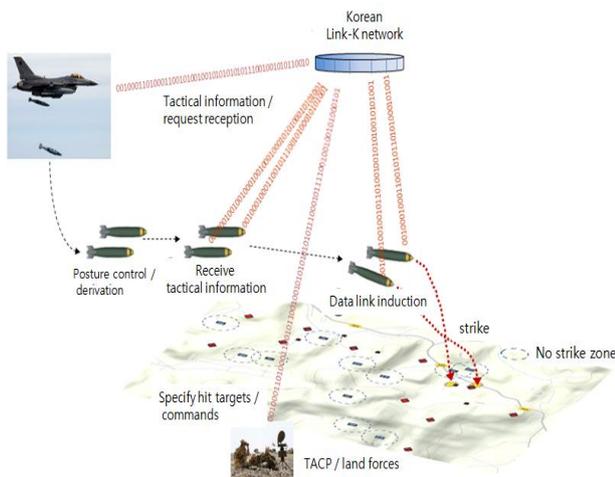


그림 1. 한국형 합동전술데이터링크 운용환경.  
Fig. 1. korean joint tactical data-link operation environment.

## II. 설계 및 제작

소형 UHF 수신 모듈은 1,000 cm<sup>3</sup> 이내의 크기로 제작하여 기존에 제작된 KGGB 유도키트 내에 장착 가능하고, 지상 CAS(close air support) 작전 수행 시 TACP (Tactical Air Control Party) 와 전투기간 작전거리 기준인 50 Km를 충족하며, 기본형 무선 Link-K 메시지를 수신할 수 있는 구조를 기본 설계의 개념으로 정의하였다. 이에 하드웨어는 소형화 및 기능 구조에 적합하도록 UHF 수신반, 제어반, 전원분배반으로 구성하여 설계 및 제작하였다. 제어반에 탑재하여 운영되는 소프트웨어는 WTMS 와 WTMC로 구성된다. WTMS는 수신된 기존 Link-K 메시지를 처리하며, 작전 수행 중 실시간으로 수신된 표적정보를 통하여 재 표적 정보를 생성한다. WTMC는 Link-K 메시지를 모뎀으로부터 수신하여 WTMS로 전달하며, WTMS로부터의 재 표적 정보를 유도조종 모듈로 전송한다. WTMC 및 WTMS 간의 메시지 교환은 UDP 통신방식으로 인터페이스를 구성하였으며, WTMC와 유도조종 모듈 간에는 RS232 통신 인터페이스를 적용하였다.

### 2-1 모듈의 구성 및 제작

소형 UHF 수신 모듈은 크게 UHF 수신반, 제어반, 전원분배반으로 구성된다.

#### 1) UHF 수신반[3-4]

UHF 수신반은 KGGB 유도키트의 상하부에 위치한 이중의 안테나를 통하여 수신된 UHF대역의 RF(radio frequency)신호를 주파수 하향 변환, 증폭 및 필터링을 과정으로 거쳐 IF(intermediate frequency)신호로 변환하는 기능을 수행한다. 변환된 IF 신호는 제어반으로 전달된다.

표1 은 UHF 수신반에 적용된 소자에 대한 이득, 잡음지수, 대역폭 성능을 명시하였다.

표 1. UHF 수신반의 이득, 잡음 지수 및 대역폭.  
Table. 1. gain and noise figure, bandwidth per devices of UHF receiver section.

Block	Gain	noise figure/bandwidth
BPF 1	-2.5 dB	4 MHz
LNA	+26 dB	1.5 dB
VVA	-5 ~ -70 dB	5 ~ 70 dB
MIXER	-5.5 dB	5.5 dB
BPF 2	-2.5 dB	50 KHz
AMP 1	+32 dB	3.0 dB
AMP 2	+32 dB	3.0 dB
LPF	-1 dB	30 MHz

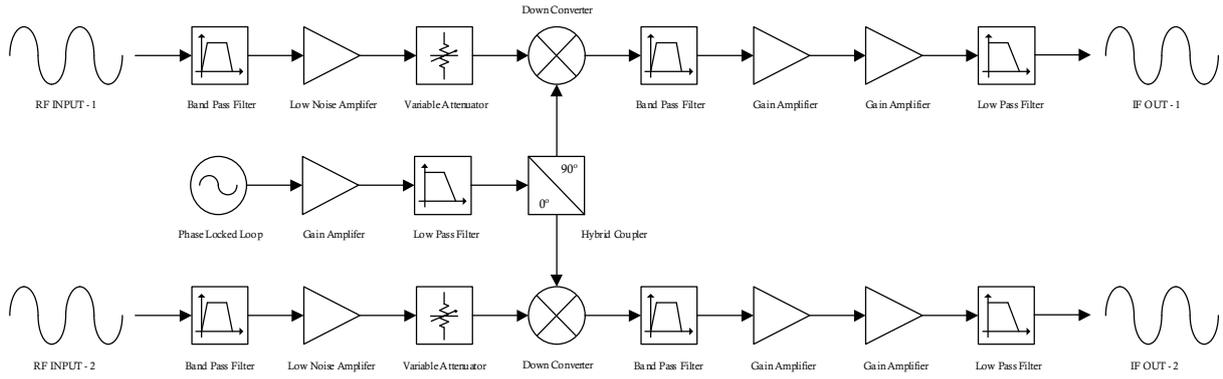


그림 2. UHF수신반 구성도.  
Fig. 2. block diagram of UHF receiver section.

전 방향성 특성을 만족하기 위하여 상하부에 장착된 2개의 안테나에 대응하여 UHF 수신부는 이중화하여 설계되었다. UHF 수신반의 주요 기능은 다음과 같다.

- 1) 안테나로부터 입력된 신호의 주파수 하향 변환
- 2) 신호 필터링 및 증폭, 국부 발진 신호 발생
- 3) 자동 이득 조절 기능을 위한 수신 신호 크기 조절

그림 2는 UHF 수신반의 구조를 나타내고 있으며, 두 개의 수신부, 국소 발생부로 구성이 된다. 소형 및 낮은 소비전력을 구현하기 위하여 낮은 IF를 가지고 있는 직접 변환 구조 (low IF direct conversion)로 설계되었다. 이중화된 수신구조 간의 영향성을 최소화하기 위하여 국부 발진 신호 위상을 90° 차이를 만족하도록 설계하였다. 특히 높은 수신 선택도를 만족하기 위하여 협대역 채널 필터를 적용하여 그림 3과 같이  $F_c \pm 50$  KHz에서 약 -60 dBc 이하의 수신 선택도 특성을 만족하였다.

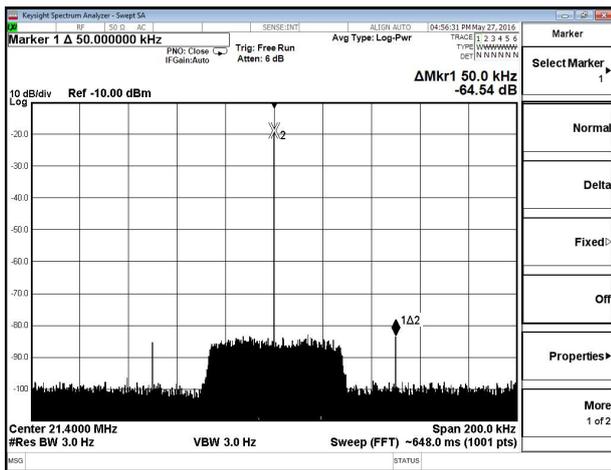


그림 3. UHF수신반 채널 필터 응답.  
Fig. 3. channel section filter response of UHF receiver section.

국소 발생부는 20 MHz의 기준 주파수를 적용한 Fractional-N PLL(phase lock loop) 소자를 적용하였으며, 이득 증폭기, 저역 통과 필터, 전력 분배기를 포함하여 구성하였다. 제어부는 수신부와 국소 발생부에 대한 제어 및 상태를 확인하고, 외부 연동을 위해 GPIO(General-purpose in/output)/DAC (digital-to-analog converter)/ADC(digital-to-analog converter) 등이 내장된 컨트롤러를 사용하였다.

제작된 PCB 크기는 94 mm × 94 mm 이며, 총 4 층 기판에 두께는 1.6 mm 이며, 재질은 RO4350B(0.5 T)와 FR-4 에폭시를 결합한 세라믹 다층기판을 사용하였다. UHF 수신반의 기구물은 수신부 간의 격리도 확보하고 방열 및 차폐기능을 제공하기 위하여 알루미늄 합금 재질인 AL6061T6으로 가공하여 제작하였다.

표 2 는 UHF 수신반의 주요 전기적 성능지표이며, 그림 4는 제작된 인쇄회로 기판 및 구조물을 나타내고 있고, 구조물을 포함한 총 중량은 365 g 으로 확인되었다.

표 2. UHF수신반 특성 및 시험 결과  
Table 2. small signal gain, noise figure / landwidth

Value	Result
Input frequency (RF)	000 ± 2 MHz
Output frequency (IF)	00.0 MHz
Local frequency (LO)	000.0 ± 2 MHz (RF + IF)
noise figure	4.27 dB (Typ)
Operating range	-105 ~ -20 dBm (Typ)
Phase noise (LO)	≤ -100 dBc/Hz @1KHz
	≤ -100 dBc/Hz @10KHz
	≤ -125dBc/Hz @100KHz
	≤ -140 dBc/Hz @1MHz
Receive selectivity	≤ -60 dBc @ $F_c \pm 50$ KHz
Spurious / Harmonic elimination	≤ -60 dBc

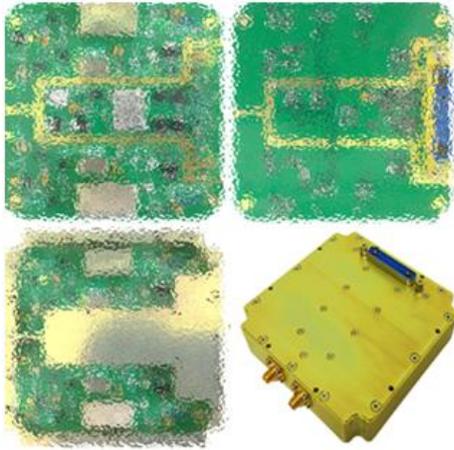


그림 4. UHF 수신반의 구조 및 형상.  
 Fig. 4. assembled printed circuit board and structure of UHF receiver section.

2) 제어반

제어반은 UHF 수신반으로부터 수신된 아날로그 IF신호를 고속의 ADC를 통해 디지털 데이터로 변환하며, 내부 FPGA (field programmable gate array) 로직으로 구성된 모뎀부를 통해 무선신호의 복조를 수행하며, SoC(system on chip)의 프로세서를 통해 메시지의 소프트웨어 처리 기능을 수행한다. 제어반은 개발환경의 유연성을 위하여 상부 제어반과 하부 제어반으로 구성된다.

(1) 모뎀

모뎀 수신 구조는 AM (Amplitude Modulation) 복조 기능을 포함하여 그림 5와 같이 구성된다. 수신된 신호는 Link-K 송신 장치의 무전기에서 송신한 신호로서 70 % 정도의 AM 변조 지수를 갖는다.[3] 그러므로 대역 제한 필터를 통과한 신호를 가지고, AM 복조를 위해 Envelope Detection을 수행하면 오프셋을 가지는 오디오 신호가 출력된다. 이 오프셋을 제거하면 무전기에서 송신한 오디오 신호가 되고, 이를 하향 변환해서 기본형 Link-K 모뎀 수신부로 보내게 된다. AM 복조는 구현 요소가 단순하고 입력에 민감하지 않은 “Asynchronous complex wvelope detection” 방법을 사용해서 구현하였고, 그 구조는 그림 6 과 같다. 기본형 Link-K 모뎀 수신부는 소형 FPGA 용량에 문제가 없도록 5가지의 전송률 구조 중 9 kbps, QPSK 3/4를 선택하여 구현하였다.[5] AM 복조 이후에 복조된 QPSK 신호는

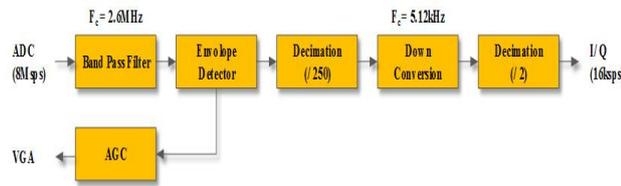


그림 5. 모뎀 입력단의 구조.  
 Fig. 5. block diagram of Modem input.

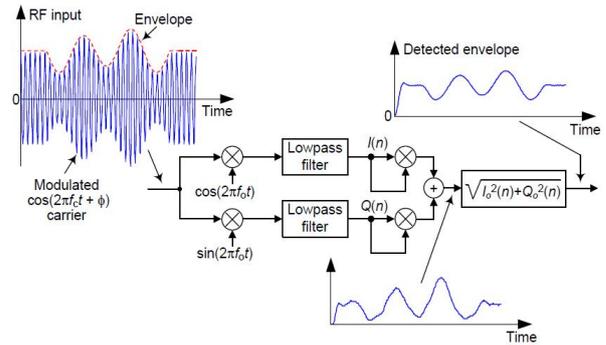


그림 6. 비동기식 복소 검파기 검출 구조.  
 Fig. 6. structure of Asynchronous Complex Envelope Detection[6].

Synchronizer, Frequency Offset, time offset, Resampler, Phase descrambler, Phase tracker, Demapper, Viterbi coder, depuncturing, CTC(convolutional turbo code) decoder, deinterleaver 등을 거쳐 데이터의 정상 여부를 판단하고, SoC 내부에 탑재 되어 있는 프로세서로 lightweight 인터페이스 방식을 통해 전달한다.

(2) 상부 제어반

상부 제어반은 SoC(system on chip), DDR3 Memory, flash memory, Ethernet Transceiver로 구성되어 있다. SoC 란 FPGA(field programmable gate array)와 HPS(hard processor system)가 하나의 칩으로 구현된 것으로, Altera社 Cyclone V SoC를 선정하였다. HPS는 Dual ARM Cortex-A9 코어를 내장하고 있다. FPGA에서는 AM 복조를 위한 신호 처리를 수행하고, HPS는 외부 장치와의 연동을 위한 메시지 처리 및 UHF 수신반의 제어 및 상태를 확인하는 기능을 수행한다. 외부 장치와의 연동을 위하여 RS-232, Ethernet통신 인터페이스를 지원하며, 로그 데이터 저장을 위한 외장형 마이크로 micro SD(Secure Digital) 카드를 사용한다. 상부 제어반은 소형화 및 효율적인 전력 사용을 위하여 Triple Output Step-Down DC/DC를 사용하였으며, 발열 구조를 분석을 통하여 최적화하여 설계 하였다.

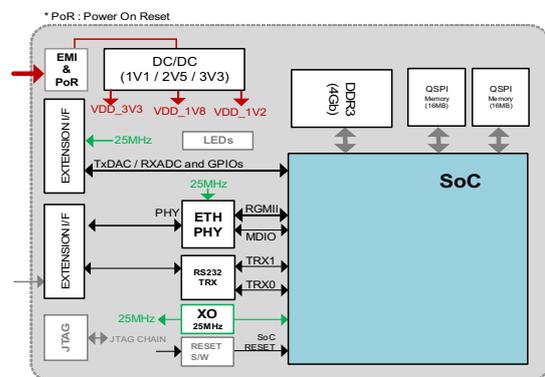


그림 7. 상부 제어반의 구조.  
 Fig. 7. upper control panel function block diagram.

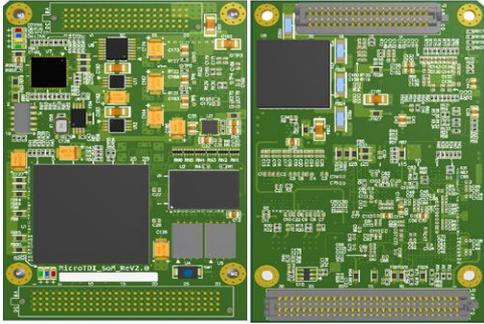


그림 8. 상부 제어반 형상.  
Fig. 8. upper control panel construction drawing.

(3) 하부 제어반

하부 제어반은 AM 변조된 IF신호를 ADC를 통하여 디지털 데이터로 변환하여 상부 제어반으로 전달하는 기능을 수행한다. 하부 제어반은 UHF 수신반과의 인터페이스 커넥터, 상부 제어반과의 인터페이스 커넥터, 두 개의 ADC, Clock Distributor 등으로 구성되어 있다. 고속 샘플링을 위한 Clock을 제공하기 위하여 VCO(Voltage Controlled Oscillator)가 내장된 Clock Conditioner를 사용하여 Phase Noise 성능이 우수한 Clock을 ADC에 공급한다. 저 잡음의 데이터 획득 및 출력을 위하여 ADC 별도의 분리된 LDO(linear drop output) Regulator를 사용하여 전원 노이즈를 최소화하였다.

(가) ADC (analog digital convertor)

IF신호를 디지털 데이터로 변환하기 위하여 Texas Instruments社의 ADS5560을 적용하였다. ADS5560 단일채널의 16 Bit급 ADC로써 최대 80 Msps의 샘플링을 지원하며, 최소 84 dBfs의 SNR(signal-to-noise ratio) 및 85 dBc의 SFDR(Spurious-free dynamic range)을 지원한다. 또한 LVDS(Low-Voltage Differential Signaling) 인터페이스 방식을 사용하여 변환된 고속 디지털 데이터 안정적으로 FPGA에 수신될 수 있도록 설계하였다.

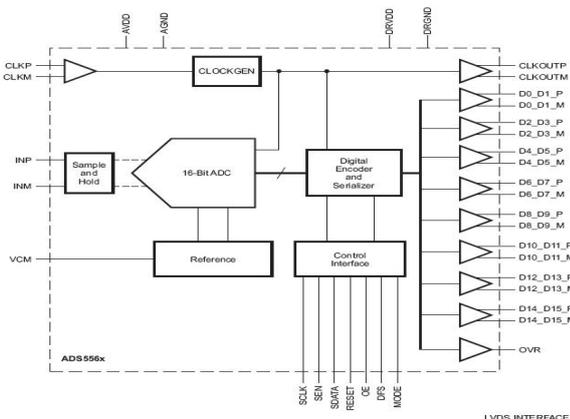


그림 9. ADS5560의 구조.  
Fig. 9. block diagram of ADS5560.

(나) Clock Distributor

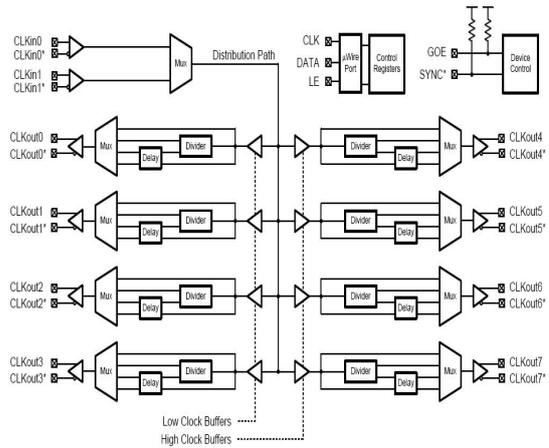


그림 10. LMK01000의 구조.  
Fig. 10. block diagram of LMK01000.

제어반은 FPGA 및 ADC와 같은 고정밀의 clock을 기반으로 동작하는 디바이스로 구성되어 있으며, 이러한 정밀 클럭을 공급하기 위하여 단일의 TCXO(temperature compensated crystal oscillator)로부터 클럭을 공급받아 FPGA 및 ADC에서 필요로 하는 클럭을 공급하는 Clock Distributor인 Texas Instrument社의 LMK01000을 적용하였다.

LMK01000은 TCXO의 40 MHz CMOS(Complementary metal-oxide-semiconductor)신호를 입력받아, FPGA에 40 MHz LVDS clock을 두 개의 ADC에 40 MHz의 LVPECL(low-voltage positive-referenced emitter coupled logic) clock을 공급한다. Clock Distributor를 사용할 경우 Divider를 사용하여 clock 주파수를 소프트웨어를 통해 변경 가능하며, CMOS, LVDS, LVPECL와 같은 다양한 전기적 인터페이스 지원하므로 유연하게 디바이스간의 클럭 공급 인터페이스를 구성할 수 있는 장점을 가진다.

그림 11은 하부제어반의 형상 및 주요 부품의 배치도를 나타낸다.

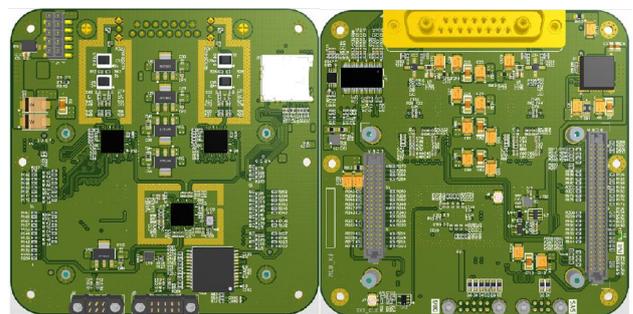


그림 11. 하부 제어반 형상.  
Fig. 11. lower control panel construction drawing.

2) 전원분배반

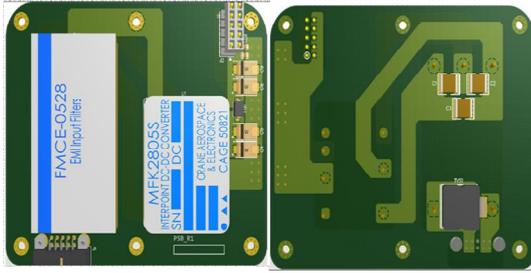


그림 12. 전원분배반 형상.

Fig. 12. power panel construction drawing .

전원분배반은 UHF 수신반 및 제어반으로 전원을 공급하는 기능을 수행한다. 외부로부터 DC +28 V 전압이 공급되며, MIL-STD-461F의 요구 규격을 만족하는 EMI(electromagnetic interference) 필터를 거쳐 DC/DC를 통해 DC +5.7 V의 전원을 내부에 공급한다. 특히 부하 전력에 따른 발열 해석을 통하여 고온 및 저온에 환경에서 안정적인 전원 공급이 고려하여 설계 되었다.

2-2 시험 및 측정

그림 13은 소형 UHF 수신 모듈을 시험하는 환경 구성을 도시하였다. 제작된 소형 UHF 수신 모듈을 시험하기 위해 전원 DC +28 V를 입력하고, 기존 개발된 기본형 Link-K 송신기를 활용하여 UHF 수신반 입력단자에 연결한다. Link-K 메시지를 처리한 후 유도조종 모듈과 통신하기 위하여 RS-232 어댑터를 모듈과 연결하고, 모듈의 내부 상태 및 메시지 내용을 확인하기 위해 점검 프로그램을 연결한다.

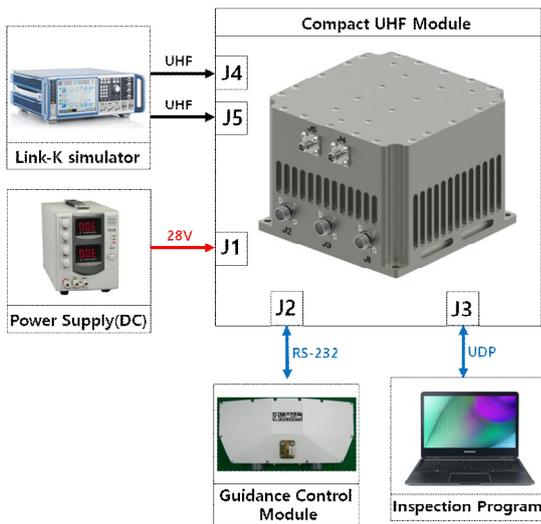


그림 13. 장비 시험 환경 구성도.

Fig. 13. module test configuration diagram.

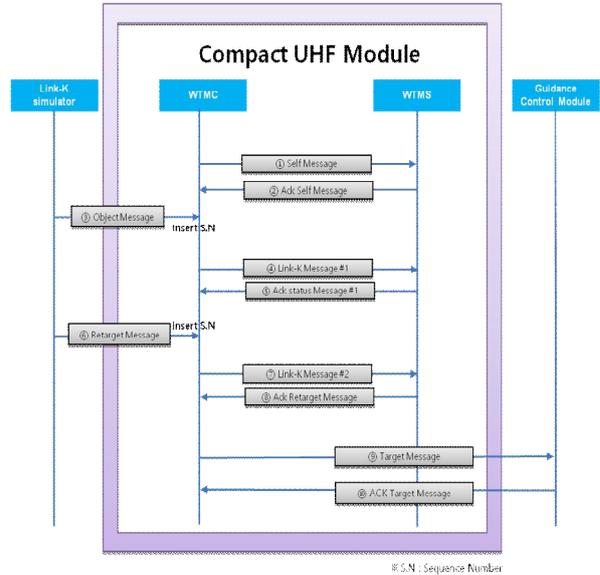


그림 14. 메시지 흐름도.

Fig. 14. software message flow diagram.

그림 14는 Link-K 수신 및 내부 데이터 처리하는 과정을 표현한 메시지 흐름도이다.

전원이 인가되면, WIMS 와 WIMC 를 실행한 후, 고유 번호를 식별 할 수 있는 자기정보 메시지를 입력한다. 입력 후에 Link-K 송신기를 통해 기존 목표물 정보와 변경할 목표물 정보를 송신한다. 이때 WIMC는 내부 UDP 통신을 통해 변경할 목표물 정보를 추출하여 유도조종 모듈로 전달한다. 추후 데이터 확인을 위해 메시지 흐름도에 표시된 내용들을 SD 카드에 기록한다.

```

LK 11.1I
/ SERIES INDICATOR : 1 (UNIQUE K-SERIES)
/ RESERVED : 0
/ WORD FORMAT : 0 (INITIAL)
/ LABKL. LINK-K : 11 (UNDEFINED)
/ SUBLABEL. LINK-K : 1
/ MESSAGE LENGTH INDICATOR : 1
/ TRACK NUMBER, OBJECTIVE : 196611 (E0003)
/ HOUR : 6
/ LONGITUDE, 0.0051 MINUTE : 1486775 (127.610983 °)
/ ELEVATION, 25 FT: 0 (0 ft)

LK 11.1E0
/ SERIES INDICATOR : 1 (UNIQUE K-SERIES)
/ RESERVED : 0051
/ WORD FORMAT : 2 (EXTENSION)
/ OBJECT LIFE INDICATOR : 1 (EXIST OBJECT)
/ LATITUDE, 0.0051 MINUTE : 445470 (38.235033 °)
/ LATITUDE, LSBS : 2 (0.000021 °)
/ LONGITUDE,LSBS : 0 (0 °)
/ ELEVATION,LSBS : 0 (0 ft)
/ COURSE : 0 (0 °)
/ SPEED : 0 (0 DM/h)
/ MINUTE : 56
/ SECOND : 63 (NO STATEMENT)
/ SECOND, FIFTHS : 0 (0 °)
    
```

그림 15. Link-K의 목표물 정보 메시지.

Fig. 15. the target message sent by Link-K.

```

[[LinkK:ObjTrack]]
-----
[Field Name]      [Value]
<Body>
SERIES_IND_I1    : 1
WORD_FORMAT_I1   : 0
LABEL_J_SER_I1   : 11
SUB_J_SER        : 1
MSG_LEN_IND      : 1
-----
TN_OBJECTIVE     : 196611
HOURL            : 06
LONGITUDE_MSB    : 1486775
ELEVATION_MSB    : 0000
SERIES_IND_E0    : 1
-----
WORD_FORMAT_E0   : 2
OBJECT_LIFE_IND  : 1
LATITUDE_MSB     : 0445470
LATITUDE_LSB     : 2
LONGITUDE_LSB    : 0
-----
ELEVATION_LSB    : 0
COURSE           : 000
SPEED            : 0000
MINUTE           : 56
SECOND           : 63
-----
SECOND_FIFTHS   : 0
-----
[ObjTN]New track saved, ObjTN=196611
    
```

그림 16. WTMS에서 수신한 표적 정보 메시지.  
 Fig. 16. weapon tactical data link module software received retarget message.

그림 15는 Link-K 송신기에서 송신한 기존 목표물에 대한 메시지이다. 내부 내용을 살펴보면, 현재 자신의 고유번호, 목표물의 위도, 경도, 고도 값 등을 확인할 수 있다. 그림 16은 Link-K 송신기에서 송신한 기존 목표물 정보를 소형 UHF 수신 모듈이 수신하여 WTMS 에서 확인한 내용이다. 그림 15과 데이터를 비교해보면 값이 일치하는 것을 확인할 수 있다.

```

[[LinkK:RetargetInfo]]
-----
[Field Name]      [Value]
<Body>
SERIES_IND_I1    : 1
WORD_FORMAT_I1   : 0
LABEL_J_SER_I1   : 11
SUB_J_SER        : 2
MSG_LEN_IND      : 2
-----
TN_ADDRESSE     : 00001
TN_TARGETED     : 196608
TN_COMMANDER     : 00096
COMMAND_WDL     : 1
DIRECT_GUIDE_IND : 1
-----
SERIES_IND_E0    : 1
WORD_FORMAT_E0   : 2
HOURL            : 00
LATITUDE_MSB     : 0435197
LONGITUDE_MSB    : 1488982
-----
ELEVATION_MSB    : 0040
SERIES_IND_C1    : 1
WORD_FORMAT_C1   : 1
CONTI_WORD_LABEL_C1 : 01
LATITUDE_LSB     : 0
-----
LONGITUDE_LSB    : 7
ELEVATION_LSB    : 0
COURSE           : 511
SPEED            : 0000
MINUTE           : 00
-----
SECOND           : 00
SECOND_FIFTHS   : 0
-----
    
```

그림 18. WTMS에서 수신한 재표적 정보 메시지.  
 Fig. 18. weapon tactical data link module software received retarget message.

그림 17은 Link-K 송신기에서 송신한 목표물 변경에 대한 메시지이다. 그림 15과 비교했을 때 위도, 경도, 고도 값이 변경된 것을 확인할 수 있다. 그림 18은 Link-K 송신기에서 송신한 변경된 목표물 정보를 소형 UHF 수신 모듈이 수신하여 WTMS 에서 확인한 내용이다. 그림 17과 데이터를 비교해보면 값이 일치하는 것을 확인할 수 있다. 그림 19는 표적 재설정 후 유도조종 모듈과 연동한 내용을 나타낸다. 변경된 표적정보와 현재의 위치를 파악할 수 있다.

```

LK11.2I
/ SERIES INDICATOR : 1 (UNIQUE K-SERIES)
/ RESERVED : 0
/ WORD FORMAT : 0 (INITIAL)
/ LABKL. LINK-K : 11 (UNDEFINED)
/ SUBLABEL. LINK-K : 2
/ MESSAGE LENGTH INDICATOR : 2
/ TRACK NUMBER, ADDRESSEE : 1 (00001)
/ TRACK NUMBER, TARGETED : 196608 (E0000)
/ TRACK NUMBER, MISSION COMMANDER : 96 (00140)
/ COMMAND, WEAPON DATA LINK : 1 (KEEP TARGET)
/ DIRECT RETARGET INDICATOR : 1 (DIRECT GUIDE)

LK11.2E0
/ SERIES INDICATOR : 1 (UNIQUE K-SERIES)
/ RESERVED : 0
/ WORD FORMAT 2 (EXTENSION)
/ HOURL : 0
/ LATITUDE, 0.0051 MINUTE : 435197 (38.353294 °)
/ LONGITUDE, 0.0051 MINUTE : 1488982 (127.800411 °)
/ ELEVATION, 25 FT : 40 (1.000 ft)

LK11.2C1
/ SERIES INDICATOR : 1 (UNIQUE K-SERIES)
/ RESERVED : 0
/ WORD FORMAT : 1 (CONTINUATION)
/ CONTINUATION WORD LABEL : 1
/ LATITUDE, LSBS : 0 (0 °)
/ LONGITUDE, LSBS : 7 (0.000075 °)
/ ELEVATION, LSBS : 0 (0 ft)
/ COURSE : 511 (NO STATEMENT)
/ SPEED : 0 (0 DM/h)
/ MINUTE : 0
    
```

그림 17. Link-K의 재표적 정보 메시지.  
 Fig. 17. the retarget message sent by Link-K.

```

*****GCMS_SND_MESSAGE*****
Header      :[AA]
Message ID  :[6A]
Length      :[12]
Sequence No :[27]
Latitude    :[435197]
Longitude   :[1488982]
Altitude    :[40]
Velocity    :[48042]
Heading     :[56780]
CRC         :[C20F]

*****GCMS_RCV_MESSAGE*****
Header      :[AA]
Message ID  :[6A]
Length      :[28]
Sequence No :[27]
Latitude    :[435197]
Longitude   :[1488982]
Altitude    :[40]
Velocity    :[48042]
Heading     :[56780]
FCU ID      :[57007]
Software Ver :[108]
GPS Week No :[1953]
GPS Time Week :[38928]
Self Latitude :[36.36234283]
Self Longitude :[127.40382385]
Self Altitude :[76.277763]
CRC         :[798C]
    
```

그림 19. WTMC - 유도조종모듈 간 재표적 정보 메시지.  
 Fig. 19. the retarget message by guided control module software.

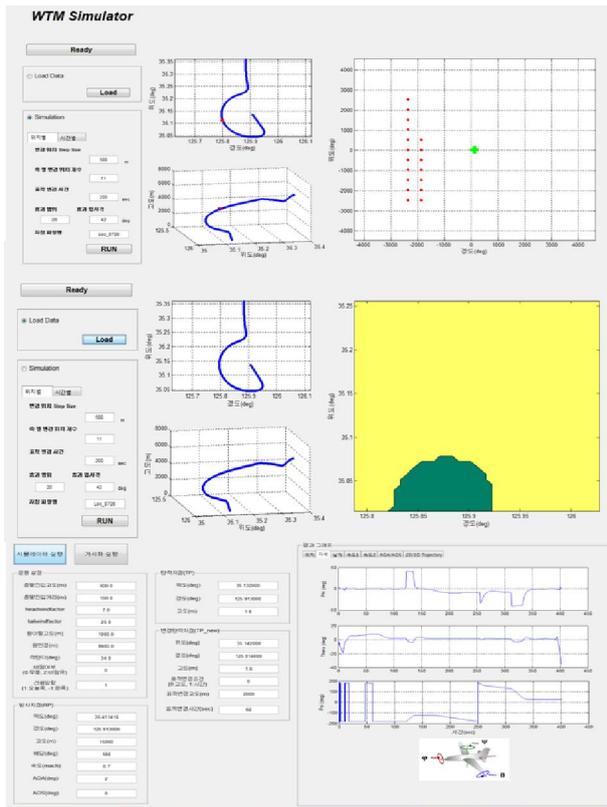


그림 20. 시뮬레이터를 통한 효과 분석.  
Fig. 20. analysis of effects by simulator.

그림 20은 추출한 데이터로 효율적인 전술 통제 및 표적 재 설정에 대한 효과 분석 시뮬레이터이며, 그림 21은 시뮬레이 터의 데이터를 Simdis 프로그램을 활용하여 가시화한 그림이다. 시뮬레이터를 통해 데이터링크 유도폭탄의 표적변경 시 이동 및 변경 가능한 경로를 확인하고, 탄착군 형성을 통해 효 과를 검증하였다.

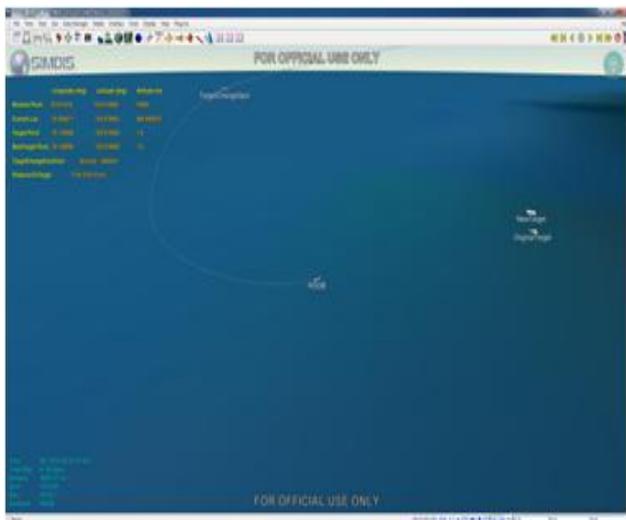


그림 21. 시뮬레이터 분석 데이터 3D 가시화.  
Fig. 21. simulator analysis data 3D visualization.

### III. 결 론

현재 군에서 사용하고 있는 Link-K 전술데이터링크는 전술 상황을 공유하고, 실시간으로 지휘 통제가 가능하지만, 목표물 변경에는 구조적인 제한을 가진다. 제안된 방법은 국내에서 개발된 기본형 Link-K 모듈을 소형화 및 경량화하는 것을 목표로 현 공군에서 운용 중인 KGGB 유도키트를 활용하여, 항공 투하용 MK-82 일반 목적탄 내부에 장착 가능하고, 유도조종 모듈과 연동할 수 있는 소형 UHF 수신 모듈을 설계 및 시제품을 제작하였다. 이를 통해 실시간 목표물 변경이 가능한 것을 확인하였다. 또한, 현재 개발된 규격에서 수신뿐만 아니라 송신도 가능한 소형 Link-K 모듈을 개발하여 키트 내부에 탑재 할 수 있도록 한다면 더욱 효율적인 전술데이터링크 운용 및 실시간 지휘 통제가 가능할 것이라 판단된다.

### References

- [1] J. S. Kim, S. J. Kim, and M. Y. Lim, "Overview of tactical data link technology," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 25, no. 9, pp. 18-28, Aug. 2007.
- [2] Y. J. Lee, S. J. Kim, and M. Y. Lim, "Methodology of inter operating link-K track number in multi TDLS," *The Journal of KOREA Information and Communications Society*, Vol.38C No12, pp. 1186-1195, Dec.2013
- [3] S. H. Min, J. H. Lee, J. S. Kim, M. K. Bae, K. H. Kim, and S. P. Lee, "A design of compact UHF receiver module for having a dual structure" in . *Proceeding of the Annual Conference of the Korean Institute of Communication Sciences*, International Convention Center Je-Ju, pp 851-852, 2016
- [4] S. H. Min, J. H. Lee, J. S. Kim, M. K. Bae, K. H. Kim, and S. P. Lee, "A design of compact UHF transceiver module for TDD communication" in . *Proceeding of the Annual Conference of the Korean Institute of Communication Sciences*, Ramada Hotel in Je-Ju, pp 1551-1552, 2017
- [5] H. K. Choi, H. J. Jang, Y. H. Song, D. W. Jang, J. W. Joo, and N. S. Seo, "Radio link modem system architecture design for Korean tactical data link system implementation" *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol.16, No.6, pp.789-796 Dec. 2013
- [6] R. Lyons, "Digital envelope detection: the good, the bad and the ugly", DSP related, Apr. 2016 Available: <https://www.dsprelated.com/showarticle/938.php>



**민 세 홍 (Se-hong Min)**

2012년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 공학학사  
 2012년 2월 ~ 2015년 4월 : 파인텔레콤(주) 기술연구소  
 2015년 6월 ~ 현재 : 단암시스템즈(주) 기술연구소 재직 중  
 ※ 관심분야 : 통신, 데이터링크



**김 복 기 (Bok-gi Kim)**

1995년 2월 : 서울대학교 수학과 이학학사  
 1997년 2월 : 서울대학교 수학과(정수론) 이학석사  
 1997년 1월 ~ 2002년 4월 : 단암전자통신(주) 연구소  
 2002년 5월 ~ 현재 : 단암시스템즈(주) 기술연구소 재직 중  
 ※ 관심분야 : 무선통신, 채널코딩, 디지털 신호처리 구조



**김 강 산 (Kang-san Kim)**

2001년 : 부경대학교 제어계측공학과 공학학사  
 2001년 ~ 2008년 : 단암전자통신 통신연구소  
 2009년 ~ 2012년 : Dali Wireless (CANADA) Inc.  
 2015년 ~ 현재 : 단암시스템즈(주) 기술연구소 재직 중  
 ※ 관심분야 : 이동통신시스템, 데이터링크



**이 종 혁 (Jong-hyuk Lee)**

2009년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학학사  
 2011년 2월 : 경희대학교 전자전파공학과 공학석사  
 2011년 2월 ~ 현재 : 단암시스템즈(주) 기술연구소 재직 중  
 ※ 관심분야 : RF/Microwave 회로 및 시스템 설계



**김 종 성 (Jong-sung Kim)**

1984년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 공학학사  
 1986년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 공학석사  
 1997년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
 1986년 ~ 현재 국방과학연구소 재직중  
 ※ 관심분야 : 전술데이터링크, 통신시스템, 컴퓨터네트워크



**배 문 관 (Mun-kwan Bae)**

1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학학사  
 1992년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
 1993년 ~ 경북대학교 대학원 전자공학과 공학박사과정  
 1993년 ~ 현재 국방과학연구소 재직중  
 ※ 관심분야 : 전술데이터링크, 통신시스템



**김 길 훈 (Gil-hun Kim)**

1996년 2월 : 건국대학교 전자공학과 공학학사  
 2010년 8월 : 아주대학교 전자공학과 공학석사  
 1996년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 유도무기연구소 수석연구원 재직 중  
 \* 관심분야 : 유도무기, 전술데이터링크



**이 승 필 (Seung-pil Lee)**

1998년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학학사  
 2013년 2월 : 한남대학교 국방M&S학과 국방M&S학석사  
 2000년 6월 ~ 현재 : LIG넥스원 유도무기연구소 수석연구원 재직 중  
 \* 관심분야 : 유도무기, 전술데이터링크