

## 화포탄용 원격측정 시스템 개발

한동필<sup>\*.1)</sup> · 김영원<sup>1)</sup> · 오종수<sup>2)</sup> · 김완주<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> (주)한화 종합연구소

<sup>2)</sup> 국방과학연구소 제4기술연구본부

### A Telemetry System for Ammunition

Dong phil Han<sup>\*.1)</sup> · Young won Kim<sup>1)</sup> · Jong soo Oh<sup>2)</sup> · Wan Joo Kim<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Defence R&D Center, Hanwha Corporation, Korea

<sup>2)</sup> The 4th Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 28 August 2014 / Revised 27 March 2015 / Accepted 17 April 2015)

#### ABSTRACT

Recently, telemetry systems are used to test and evaluate of ammunition. When a transmitting signal from a small transmitter mounted inside the ammunition is sent out, the receiving equipments get real-time RF data. This paper relates to the development of a small high-G endurable transmitter and a portable receiving equipment. The system was tested and confirmed 00 km communication range.

Key Words : Telemetry(원격측정), Transmitter(송신기), Receiver(수신기), Tracking Antenna(추적안테나)

#### 1. 서론

Telemetry는 Tele(=remote)와 Metron(=Measure)합성어로 원격측정과 측정된 것을 보고할 수 있는 기술이며, 원격측정 응용 분야는 기상관측, 오일 및 가스 산업, 방위산업(무인기 개발, 유도무기 개발, 화포탄 개발 등), 우주탐사와 자원개발 등이 있다.

원격측정 시스템은 지상으로 계측 데이터를 송신하는 원격측정장치와 송신 신호를 수신하여 분석하는 지상수신장비로 구성된다. 유도무기와 화포탄 개발에 사용된 원격측정 시스템을 살펴보면 다음과 같다.

유도무기는 원거리를 비행하기 때문에 원활한 송/수신을 위해 고출력 송신기와 고이득 송신 안테나가 장착되어 있으며, 지상수신장비는 자동추적기능이 있는 고이득 안테나와 고감도 수신장치를 사용한다. 특히, 유도무기는 제작단가가 고가이기 때문에 1회 비행시험 시 지상수신장비를 여러대 배치하여 수신율을 향상시키는 방법을 사용한다.

최근 개발되고 있는 지능형 화포탄은 위성항법장치(GPS : Global Positioning System), 자이로센서(gyro sensor), 가속도센서(acceleration sensor) 등 계측할 신호가 많고, 개발기간 단축과 비용 절감을 위해 원격측정 시스템이 적용되고 있다.

유도무기와 같이 원격측정장치 및 지상수신장비를 화포탄 개발에 적용하기 위해서는 유도무기와 달리

\* Corresponding author, E-mail: dphan@hanwha.com

Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

작은공간, 화포 발사시의 고회전, 고충격환경을 극복해야하는 문제가 있다. 또한 유도무기는 발사초기부터 전원이 인가되어 지상에서 무선주파수(RF : Radio Frequency)추적이 가능하지만 화포탄은 발사후 전지가 활성화되는 때문에 기존 유도무기를 추적하는 안테나로는 추적이 어려움이 따르게 된다.

본 논문에서는 고회전, 고충격에 검증된 원격측정 송신기, 송신 안테나 및 RF 송신기가 비활성 상태에서 발사되는 화포탄에서 추적이 가능한 지상수신장비 개발내용을 소개하였다.

RF 신호가 없는 상태로 발사되는 화포탄 추적은 포 발사 시점에 동기되어 자동추적안테나가 화포탄의 예상궤적을 추적하는 방법을 사용하였다.

포발사 시점 검출은 포발사 시 발생하는 추진제 화염을 감지할 수 있는 센서를 적용하였다. 감지된 신호를 이격되어 설치된 자동추적 안테나로 송신하기위해 무선 모뎀을 사용하였다. 예상궤적은 프로다스 도구(PRODAS TOOL)등으로 시뮬레이션된 데이터를 사용하였다. 화포탄 포발사 이후 수십 밀리세컨드(millisecond)에서 RF 신호가 수신되면 RF 추적 방법(monopulse 추적방식)으로 전환하게 된다.

논문 구성은 다음과 같다. 2장에서는 원격측정 시스템에 대해서 기술하고, 3장에서는 원격측정 송신기 내고 충격시험, 송/수신장비 검증을 위한 통신거리시험과 최종 포발사시험 결과를 기술한다. 끝으로 4장에서는 본 논문의 의의와 향후 적용 방안에 대해서 기술하였다.

## 2. 원격측정 시스템

화포탄용 원격측정 시스템은 Fig. 1과 같이 원격측정 송신기와 지상수신장비로 구성된다<sup>1)2)</sup>.

원격측정 송신기는 화포탄 신관 내부에서 계측된 아날로그 신호와 모니터링된 디지털 정보를 처리하여 전송프레임을 구성하는 현장 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA : Field Programmable Gate Array), FPGA 출력인 디지털 신호를 RF 신호로 변환하는 변조기, 변조기 출력의 미약한 신호를 증폭하는 전력증폭기와 송신 신호를 방사하는 안테나로 구성된다.

지상수신장비는 원격측정 송신기의 역순으로 화포탄의 RF신호를 자동으로 추적하는 안테나, RF 신호를 복원하는 수신장치와 수신된 신호를 계측 화면에 표시 및 저장하는 컴퓨터로 구성된다.

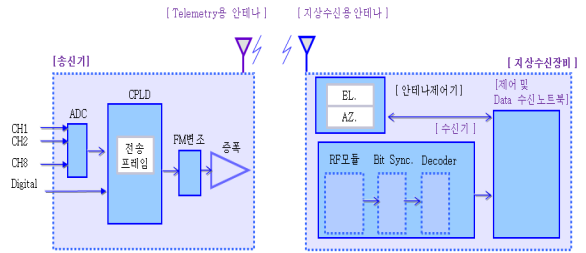


Fig. 1. Remote measurement system diagram

원격측정 시스템 개발을 위해 Table 1과 같이 요구조건을 설정하였다.

Table 1. Remote measurement system requirements

구분		요구조건
송신 안테나	패턴	등방성
	이득	> 0 dBi
	내고충격	> 00,000 G
	크기	18 × 18 × 4 mm
송신기 보드	전송률	500 kbps
	변조방식	PCM/FM
	주파수	S대역
	송신전력	0.0 W
	크기	직경 38 mm, 높이 10 mm
지상 수신장비	편파	LHCP, RHCP
	이득	> 25 dBi
	추적방식	RF(monopulse), 예상 궤적
통신거리		00 km 이상

### 2.1 원격측정 송신기

원격측정 시스템의 요구조건을 바탕으로 설계된 송신기는 000 mW의 중전력(500 mW ~ 1 W)급으로 8채널 아날로그 디지털 변환기(analog-digital converter), 펄스부호변조(pulse code modulation) 암호화기(encoder), 주파수변조(frequency modulation) Modulator, 고전력증폭기(high power amplifier)를 1장의 인쇄회로기판(printed circuit board)에 구현하였다.

송신기의 크기는 직경 38 mm 높이 10 mm이다. Fig. 2는 원격측정 송신기의 블록도와 제작사진이다. 송신

기는 화포탄에 조립 후 에폭시 몰딩(epoxy molding)처리로 고회전 및 고충격 환경을 극복할 수 있었다.

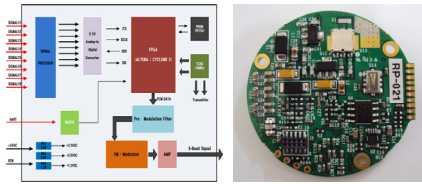


Fig. 2. Telemetry device - transmitter

송신용 안테나의 요구조건은 화포탄의 회전, 자세, 위치에 영향 없이 지속적으로 원격측정 데이터를 지상으로 송신하는 것이다. 또한 안테나의 이득은 0 dBi 이상이면 원격측정 시스템의 성능을 만족한다.(\*Table 2 참조) 개발된 안테나는 Fig. 3과 같이 세라믹 패치 형태로 크기는 18 × 18 × 4 mm이고, 등방성의 방사패턴 및 0 dBi 이상의 이득을 갖는 것을 확인하였다.

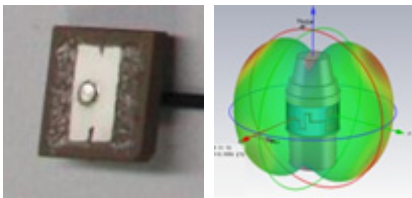


Fig. 3. Transmitter antenna

## 2.2 지상수신장비

지상수신장비 요구조건은 화포탄에서 방사되는 계측 신호의 안정적 수신(최대 00 km)과 수신데이터를 이용한 포탄궤적의 실시간 표시이다.

### 2.2.1 계측신호의 안정적 수신

계측신호를 안정적으로 수신하기 위해서 송/수신간 링크 마진이 충분한지, 지상수신장비 계측위치는 적절한지와 수신 안테나가 화포탄을 잘 추적하고 있는지 확인 되어야 한다.

#### 2.2.1.1 링크버짓(Link Budget)

링크 버짓은 무선 통신 시스템의 링크 설계에서 송/수신이 완벽하게 이루어지도록 구성품의 세부 파라미터(parameters)를 정하거나 조정하는 작업 또는 그 계산 결과로써, 송신단의 각종 요소들과 전송매체, 그리고 수신단의 감도, 이득, 잡음지수, 마진 등을 예측하고

계산하여 전체적으로 목표치 이내의 품질을 얻을 수 있도록 설계하는 것이며, 개발된 원격측정 시스템 계산결과는 Table 2와 같으며 수신파워 마진 6.9 dB로 송수신 거리 요구사항인 00 km 이상 통신이 가능함을 확인하였다.

Table 2. Feature of link budget

항 목	단위	예측치
송신출력	dBm	00.0
송신케이블 손실	dB	0.0
송신안테나 이득	dBi	0.0
송신거리	km	00.0
송신주파수	MHz	0000.0
Free Space 전파손실	dB	133.4
공기 전파손실	dB	1.0
대역폭	MHz	1.5
Noise 파워레벨	dBm	-112.2
수신 Noise Figure	dB	9.0
SNR (PCM/FM)	dB	10.0
수신감도	dBm	-100
수신케이블 손실	dB	1.2
수신안테나 이득	dBi	25.0
Multi-Path Fading 손실(가변)	dB	9.0
수신신호 세기	dB	-93.1
수신파워 마진	dB	6.9

#### 2.2.1.2 수신장비 계측위치

포발사 시 화포탄의 초기부터 탄착지점까지 추적하기 위해서는 화포탄과 지상수신장비 안테나간 전파의 반사 또는 회절과 영향을 주는 장애물이 없어야 한다. 계측가능 위치 선정을 위해 프레넬 영역(fresnel zone)<sup>[3]</sup> 계산 방법을 사용한다. 프레넬 영역은 수신지점에서의 전파는 직접파(직진파) 뿐만 아니라 회절과 또는 반사파에 의해 영향을 받으므로 이러한 영향을 받지 않도록, 타원형의 어떤 영역 안에 반사 또는 회절과 영향을 주는 장애물이 없도록 해야 하는 영역으로써 Fig. 4와 같이 제 1 프레넬 영역(송/수신 안테나의 직선거리

$r_1$ 과 곡선거리  $r_2$ 의 차이가 반파장 되는 영역의 약 60% 정도에 장애물이 없으면, 이때의 전파 손실은 자유공간(free space)에서의 손실치와 같다고 본다.

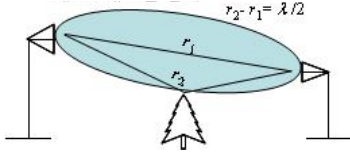


Fig. 4. The 1st. fresnel zone

통신 주파수 0.0GHz 통신 거리 00km일 때, 프레넬 영역은 Fig. 5와 같고 K-Factor(지구의 실효반경) 1.33, 안테나 1 높이(수신장비 안테나) 00m, 안테나 2 높이(송신기 높이) 00m이며, 1st 프레넬 60%, 1st 프레넬 100%인 그래프이다.

Fig. 5를 보면 지상수신장비를 시험장에 설치한 경우에 송신기 높이 30 m까지 이론적으로 수신 가능함을 알 수 있다.

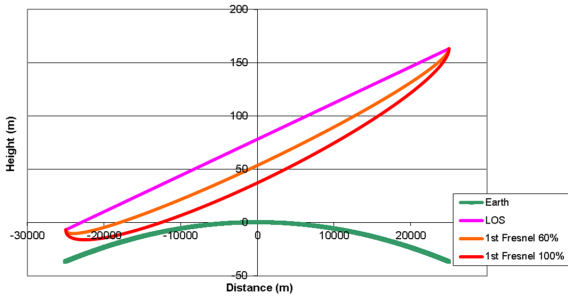


Fig. 5. Graph of fresnel zone

### 2.2.1.3 시퀀셜 로빙

화포탄과 같이 빠르게 이동하는 물체를 추적하기 위해서는 자동추적기능의 안테나가 필요하다. 자동추적 방식에는 시퀀셜 로빙(sequential lobing) 방식과 모노펄스(monopulse) 방식이 있다.

시퀀셜 로빙(sequential lobing) 방식은 안테나 빔 패턴의 방향을 순차적으로 변화시켜서 송신장치의 방향을 알아내는 방식이다. 안테나 중심축에 대하여 전기적 또는 기계적으로 회전시키는 방식에 따라 Fig. 6과 같이 로브 전환(lobe switching) 방식과 원추 주사(conical scan)방식이 있다.

로브 전환(lobe switching) 방식과 원추 주사(conical scan)방식 단점은 반사파 신호의 변동(fluctuation)이며

로브(lobe)가 최소 1번 회전한 후에야 방향을 탐지할 수 있다는 점이다. 이것은 큰 각 가속도로 운동하는 물체에 대하여는 추적할 수 없는 단점으로 작용하게 된다. 또한 원추 주사(conical scan) 방식은 로브(lobe)를 모터에 의해 회전시키기 때문에 기계적인 진동이 정확한 조준위치(bore sight) 정렬을 유지하기 어렵게 만든다.

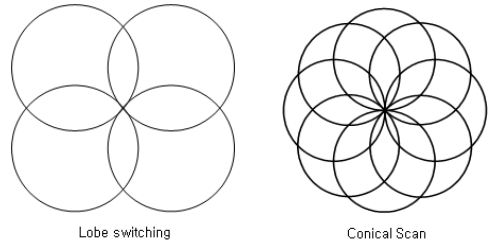


Fig. 6. Sequential lobing conceptual diagram

모노펄스(monopulse) 방식은 진폭 비교 모노펄스 방식과 위상 비교 모노펄스 방식이 있으며 이중에서 진폭 비교 모노펄스는 로브 전환(lobe switching) 방식에서 사용되는 순차적으로 회전하여 얻어진 4개의 빔으로부터 얻어진 진폭을 비교하는 방식이 아니라 4개의 빔(beam)에서 신호를 동시에 수신하여 그 진폭을 비교하는 방식을 사용한다. 모노펄스 방식은 매번 수신되는 신호를 사용하기 때문에 로브 전환(lobe switching) 방식이나 원추 주사(conical scan) 방식보다 더 빠른 추적 데이터를 생성한다. 또한 모노펄스 방식은 합(sum) 신호와 차(delta) 신호의 비율로 방향을 탐지하기 때문에 수신 신호의 변동(fluctuation)에 대한 영향을 시퀀셜 로빙(sequential lobing)방식 보다 적게 받는다. 이러한 이유로 현재 사용되는 대부분의 추적 레이더는 모노펄스 방식을 사용한다.

아래 Fig. 7은 모노펄스 방식에 대한 이론적 설명으로 횡방향으로 C, D 안테나, 종방향으로 A, B 안테나가 있을 때 빔(beam)의 전압 패턴  $v_1, v_2$ 의 합(sum) 신호, 차(delta) 신호에 대하여 표시한 것이다. 합(Sum)신호  $s$ 는 0도 부근, 즉 조준위치(bore sight) 부근에서 가장 높으며 우함수의 특성을 보이지만 차신호(delta)  $d$ 는 0부근에서 기함수의 특성을 보이므로  $d < 0$  또는  $d > 0$ 을 판별하여 신호의 방향을 탐지할 수 있다. 또한  $d/s$ 를 계산하면 정규화된 에러(error)신호를 얻을 수 있으며 이는 합신호와 차신호의 크기에 관계없는 에러(error)신호를 얻을 수 있음을 의미한다.

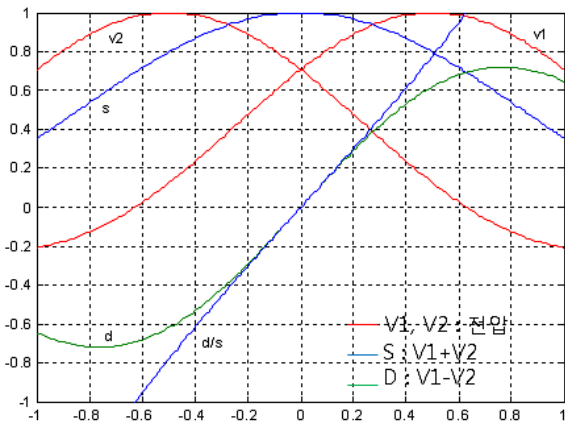


Fig. 7. Amplitude comparison pattern of monopulse (X : steering angle, Y : amplitude)

종합하면 모노펄스(monopulse)방식의 안테나가 화포탄과 같이 고속의 물체를 추적하는데 적합하다.

2.2.2 GPS데이터를 이용한 포탄궤적 실시간표시

포발사시험에 화포탄의 예상궤적 대비 실제 포탄궤적을 시연할 필요가 있다. 포발사 시험장에서 보유한 RIR(Range Instrumentation Radar), 도플러레이더(doppler radar)로 포탄의 시공간 위치정보를 실시간으로 측정 가능하지만 예상궤적대비 실제 궤적 시연을 위해서는 인터페이스 설계, 제작, 검증 기간으로 인해 단기간에 개발될 수 없었다. 짧은 시간에 저렴한 비용으로 화포탄 궤적 시연을 위해서 궤적시연 프로그램을 제작하였는데 예상 궤적은 프로다스 도구(PRODAS TOOL)를 이용하여 산출하였고, 실제 궤적은 화포탄에 장착된 GPS에서 계산된 데이터를 실시간으로 수신받아 표시하였다. Fig. 8은 실시간 표시를 위해 개발한 프로그램의 현시 화면으로 실제 포발사 시 위치데이터와 고도데이터를 표시한다.

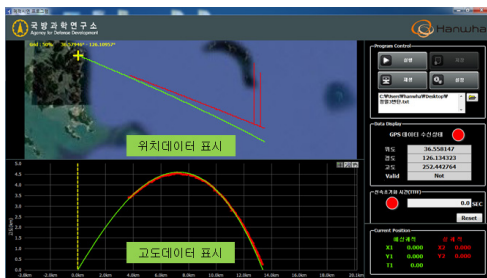


Fig. 8. Display of projectile trajectory

2.2.3 지상수신장비 제작

지상수신장비는 Fig. 9와 같이 화염감지센서, 자동추적안테나, TLM(telemetry)수신기로 크게 나눌 수 있다.

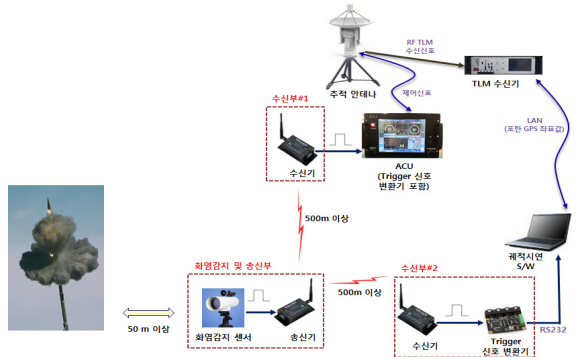


Fig. 9. Ground station management diagram

지상수신장비에서 자동추적안테나는 포발사시 발생되는 화염에 동기(trigger)되어 작동된다. 화염을 감지하여 자동추적안테나가 설치된 장소로 감지신호를 송신해야 하는 요구사항을 위해 Table 3과 같이 화염감지센서 규격을 설정하였다. 개발된 화염감지센서로 시험장에서 실제 화염감지 성능을 확인한 결과 300 m까지 감지됨을 확인하였다.

Table 3. Standard of IR detector

항 목	규 격
감지방식	IR
화염감지거리	50 m 이상
주파수	900 MHz 대역
모뎀통신거리	1 km 이상
전원	DC 11 ~ 15 V(배터리 사용시) AC 220 V(상용전원 사용시)
기타	휴대 및 이동 편리(삼각대이용)

자동추적안테나는 화포탄의 미약한 RF 신호를 수신할 수 있는 고이득(25 dBi) 안테나이며, 화포탄과 같은 빠른 비행체를 추적할 수 있는 모노펄스(monopulse) 방식을 적용하였다. 또한 RF 추적 속도는 최대 35 %/sec로 비행체의 급격한 이동에도 추적이 가능하도록 제작하였다. 제작된 추적안테나의 규격은 Table 4와 같다.

Table 4. Standard of tracking antenna

항 목		규 격
안테나	Frequency Range	2.2 ~ 2.4 GHz
	Reflector Size	Parabolic 1200 mm
	Gain	25.0 dBic (Min.)
	VSWR	1.5 : 1 Max.
	Front to Back Ratio	28 dB Min
	Polarizations	RHCP & LHCP
	3dB Beamwidth	7.5°@ 2.3 GHz
	LNA Gain	31 dB(or 10 dB selectable) Typical
	Impedance	50 Ohms
페데 스탈	Normal Velocity	> 35°/sec
	Motor Type	BLDC Servo
	Point Accuracy	< ± 0.1°
	AZ Total Travel	Continuous
	EL Total Travel	-5° ~ +185°
삼각대	Weight	< 25 kg
제어기	Tracking Algorithm	GPS/RIR/궤적/ RF/Manual
	Display/저장/재생	
	랙	19" Rack
초기 위치	Tripod 수평 측정	
	GPS Compass	< ± 0.5° (진북 표시)
환경	Operating Temp.	-20 °C ~ + 70 °C
	Total Weight	< 120 kg
	Power Supply	AC 180 ~ 240 V

수신장치는 전송된 펄스 코드 변조(pulse code modulation)신호를 복원하는 장치로서 2채널의 RF 입력으로 최적검출(optimal detection)방식의 복조를 통해 기존 주파수변조(frequency modulation) 수신기 대비 최대 6 dB 성능이 우수하다. Table 5는 개발된 수신장치 규격이다.

Table 5. Standard of receiving device

항 목		규 격
입력	RF 입력 채널수	2개
	RF Frequency	0000.0 MHz
	Frequency Step	100 kHz
	Input impedance	50 ohms
	VSWR	≤ 2.0 : 1
	Noise figure	9 dB typ.
	Dynamic range	-100 ~ -10 dBm
	Data Rate	250 kbps, 500 k, 1 M, 2 M 선택가능
	출력	Data Format
Data Interface		USB 1.1
Data Monitoring		BNC
제어	S-Band 수신기	RS-232
	PCM Decoder	USB 1.1
전원		220 VAC / 1A
환경 조건	동작온도	0 ~ 50 °C
	저장온도	-10 ~ 70 °C
	습 도	Up to 90 %

### 3. 시험평가

#### 3.1 내고충격시험

개발된 소형 원격측정 송신기의 포발사전 내고충격성을 검증하기 위해 발사관 직경 50 mm의 고충격시험장비를 이용하여 충격시험을 실시하였다. Fig. 10의 고충격시험장비는 포발사 시험환경(가속도 15,000 G 이상, 유지시간 00 ms)을 간접적으로 확인할 수 있는 장비로서 실사격 시험 대체로 개발 기간단축과 비용절감에 유리하여 화포탄 개발에 사용되고 있다. 시험결과 원격측정 송신기는 00,000 G's의 충격에서 생존함을 확인하였다. Fig. 11은 고충격 전/후 시료의 생존성 시험 장면이다.





Fig. 10. High impact test

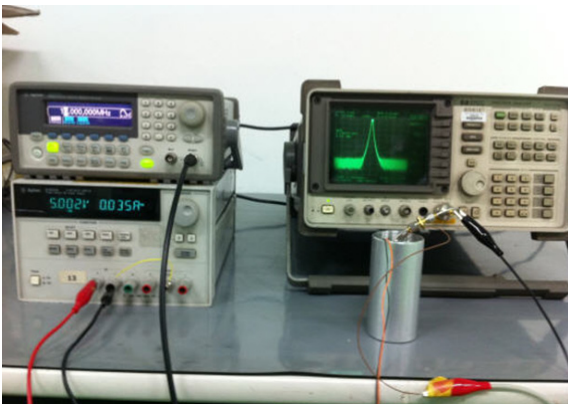


Fig. 11. High impact test monitoring

### 3.2 통신시험

원격측정장치와 지상수신장비간 지상통신성능(규격 : 통신거리 00 km 이상)을 포발사시험 전에 확인하였다. 시험장소는 지상통신이 가장 잘 되는 환경으로 두 개의 산 꼭대기 간에 가시선이(line of sight) 확보되는 곳으로 하였다.

시험절차는 Fig. 12와 같이 화포탄의 후미를 지상수신장비 안테나가 설치된 곳으로 향하게 하고 화포탄 후미를 0° ~ 90°까지 들면서 수신전력과 전송데이터 프레임의 손실(LOSS) 정도를 확인 하는 순으로 진행하였다.

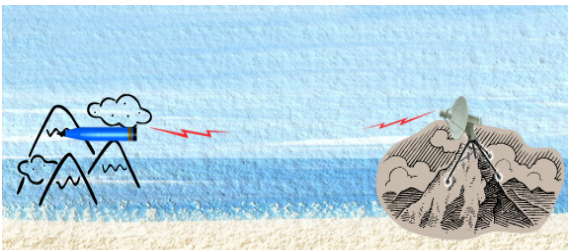


Fig. 12. Performance test diagram

시험결과 20° ~ 70°까지는 전송데이터 프레임의 손실(loss) 현상이 없음을 확인하였다. 이때 신호레벨은 -86 ~ -95 dBm으로 수신장치의 최소감지신호(MDS : Minimum Detectable Signal) -100 dBm 보다 높았으며 5 ~ 14 dB의 마진을 갖고 있음을 알 수 있었다.

### 3.3 포발사시험

원격측정 시스템의 최종검증시험인 포발사시험에서 화포탄의 자세, 위치, 구름, 섬 등 다양한 변수에 의해서 화포탄을 놓칠 수 있으므로 동일한 시험에 대하여 Fig. 13과 같이 최소 2대 이상의 지상수신장비를 운용하였다.

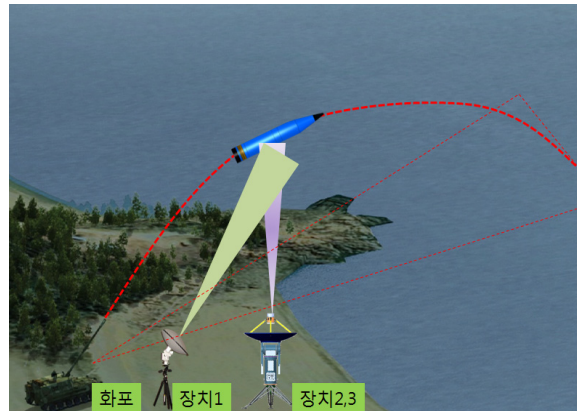


Fig. 13. Ground station position during firing

Table 6은 포발사시험시 설치된 지상수신장비의 주요 특성이다.

Table 6. Feature of ground station

구분	특성	
지상수신장비 1	안테나 이득	17 dBi
	MDS	-93 dBm
	추적방법	궤적
지상수신장비 2	안테나 이득	25 dBi
	MDS	-100 dBm
	추적방법	RF, 궤적
지상수신장비 3	데이터 저장 대역폭	80 Mz
	저장용량	6 Tera Byte

지상수신장비 1은 화포탄의 예상 궤적 추적기능이 있고 00 km 내외의 근거리에 탄착하는 화포탄 내부 계측 신호의 원격측정을 위한 데이터 수신용도로 사용되었다.

지상수신장비 2는 지상수신장비 1에 비해 안테나 이득이 높고 RF 추적기능으로 원거리 추적 및 예상 궤적을 벗어난 지능형 화포탄 추적에 사용하였다.

지상수신장비 3은 화포탄의 RF 신호를 저장 및 재생 하는 용도로 사용하였다. 저장데이터는 송신주파수에서 RF를 제외한 기저대역(base band)만 저장한다.

지능형 화포탄의 포발사 시험에서 지상수신장비로 측정된 데이터는 Fig. 14와 같다. 이때 사거리는 20 km 이며 화포탄에 내장된 GPS를 이용하여 포탄의 고도를 측정하였다. 화포탄에 내장된 GPS가 포발사 후 신속하게 현재 위치를 계산할 수 있도록 화포탄 발사전에 장입데이터(현재위치, GPS 위성 정보, 발사방위 등)를 GPS에 전달하고 발사하였다. 데이터 분석결과 20초 이후 1비트 에러가 간헐적으로 발생되었다.

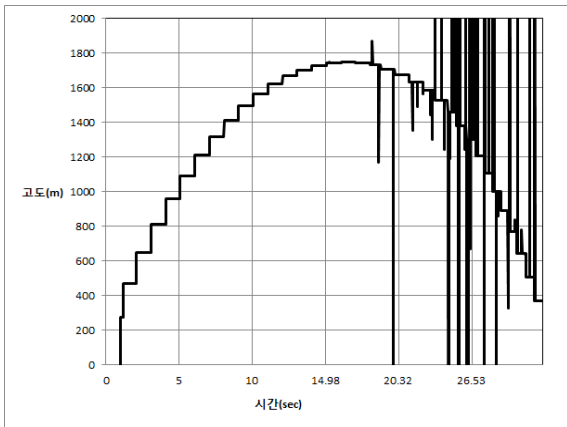


Fig. 14. Measurement data at 20 km range

#### 4. 결론

고가의 지능형 화포탄 개발시 개발시간 단축, 비용 절감을 위해 원격측정 시스템 활용은 매우 중요하다. 본 논문은 화포탄 시험평가에 적용된 원격측정 시스템 개발 전반에 대해 기술하였다. 개발된 원격측정 송신기는 신관에 장착할 수 있는 소형의 크기이며 포발사 환경에 적합한 내고충격성(00,000 G)이 확보되었다. 지상수신장비 자동추적안테나는 포발사 화염 감지신호에 동기(trigger)되어 동작된다. 자동추적안테나는 화포탄이 발사되고 RF 신호가 없는 짧은 구간은 프로다스 도구(PRODAS TOOL)로 시뮬레이션된 예상궤적 데이터를 사용하여 추적하고, 수십 밀리세컨드(millisecond) 이후 화포탄의 송신부가 활성화되어 RF 신호가 수신되면 RF추적 방식(monopulse 방식)을 사용한다.

개발된 원격측정 시스템의 실거리 통신 도달거리는 00 km이고, 실제 포발사시험으로 00 km까지 데이터가 수신됨을 확인하였다. 향후 국내 지능형 화포탄 개발을 위한 원격측정 시스템으로 활용될 수 있을 것이다.

#### References

- [1] Dongphil Han, Sanchul Kim, Youngwon Kim, Jongsoo Oh, Seokwoo Lee, Wanjoo Kim, "A Telemetry Technology for the Test and Evaluation of Ammunition Test," 5th Fuse Conference, pp. 72-76, 2012.
- [2] Dongphil Han, Youngwon Kim, Jongsoo Oh, Wanjoo Kim, "A Telemetry System for Ammunition," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 931-932, 2014.
- [3] 'fresnel zone', [http://en.wikipedia.org/wiki/fresnel\\_zone](http://en.wikipedia.org/wiki/fresnel_zone)