

이동형 전파측정시스템에서 슬립링을 적용한 방향탐지 안테나 마스트 회전 방법에 관한 연구

손주항, 한인성*, 김덕중
국방과학연구소

A Study on Rotation Method Applying Slip-ring of Direction Finding Antenna Mast for Mobile Radio Wave Measurement System

Ju-Hang Sohn, In-Sung Han*, Duck-Joong Kim

Agency for Defence and Development Institute

요약 이동형 전파측정시스템은 차량 탑재형으로, 단독임무수행이 가능하도록 설계되었다. 이동측정의 업무 특성상 기동성 확보가 필요하며, 이를 위해서는 안테나의 배치와 매립 방법에 대해 고려할 필요가 있다. 본 논문에서는 이동형 전파측정시스템의 방향탐지 정확도 측정방법개선을 위한 설계를 소개한다. 서보모터(Servo Motor)와 슬립링(Slip-Ring)을 활용하여 방향탐지안테나 마스트를 자체적으로 360도 회전하는 방법에 대해 분석하였고, 기동성과 내구성을 고려했을 때 슬립링을 활용하여 마스트를 회전시키는 방법으로 설계하였다. 이러한 설계를 통해 방향탐지 정확도 측정방법에서 턴테이블(Turn-Table)이 필요 없게 되어 지역적 의존성을 제거하였다. 즉, 전파무반사환경을 충족하는 챔버나, EUT를 공중에 매달리게 만든 후 시험을 수행할 필요가 없어지게 된다. 또한 턴테이블상의 피실험체의 영점조정 및 피실험체의 마운트 절차가 단축되어 생산성의 향상을 꾀할 수 있다. 내구성 강화를 위해 RF케이블 조립체를 마스트 내부로 포선하는 방법을 사용하였고, 설계내용에 따라 RF케이블의 길이가 짧아지는 효과로 인해 케이블 손실의 개선효과를 볼 수 있다. 또한 같은 현상으로 인해 시스템 전체의 무게가 줄어들어 기동성의 향상도 꾀할 수 있다.

Abstract A Mobile Radio Wave Measurement System (MRWMS) is a vehicle-mounted system designed to be operating in a single mission. The mission characteristic for mobile measurement requires mobility. For this, we must consider the arrangement and embedded method of MRWMS's antennas. In this paper, we described the measurement method design of direction detecting accuracy for MRWMS and designed the direction finding antenna mast capable of rotating itself by using a slip ring without turntable for Direction Finding (DF) accuracy test. As we removed the dependency of a limited local area by designing a measurement method of direction detecting accuracy, Equipment Under Test (EUT) zero-Adjustment and mounted process shortened. So, we the reduced production costs. We expect an improved cable loss value by shortening the RF cable length in accordance with our design. In addition, due to the same phenomenon, the entire system is lighter and the mobility is improved

Keywords : Direction Finding, Direction Finding Accuracy Test Method, RF Cable Loss

1. 서론

이동형 전파측정 시스템은 차량 탑재형으로, 단독 임무 수행이 가능하도록 설계되었다. 이동측정의 업무특성상 기동성확보가 필요하며, 이를 위해서는 안테나의 배

치와 매립 방법에 대해 고려가 필요하다[1,2].

이동형 전파측정시스템의 여러 안테나중 방향탐지(Direction Finding) 안테나와 이에 수반된 여러 장비들은 방향탐지 정확도 측정 시험항목 때문에 360°회전이 가능한 시험대(Turn table)가 필수로 소요된다[3].

*Corresponding Author : In-Sung Han(Agency for Defence and Development Institute.)

Tel: +82-2-3400-2481 email: p9741181@gmail.com

Received July 12, 2017

Revised (1st August 21, 2017, 2nd September 19, 2017, 3rd September 26, 2017)

Accepted October 13, 2017

Published October 31, 2017

방향탐지 장비는 전자기파를 이용하여 표적을 추적하는 레이더 및 유도무기나 전자기파를 이용하는 무선 통신장비 등의 방향을 측정하는 기능을 수행한다. 방향탐지 장비로부터 얻어진 방향정보는 크게 표적화(Targeting)로 사용되고, 둘째는 전자공격(EA : Electronic Attack) 장비에서 사용되는 송신방향 선택을 위한 정보로 사용하여 제밍 효과도를 높이는 기능을 수행한다[4]. 이동형 전파측정시스템이 보유한 기능 중 방향탐지 기능은 발신원의 위치를 추적하는데 사용된다. 특히, 방향탐지장비 3식을 활용하여 발신원의 위치를 보다 정확하게 추적이 가능하다.

본 논문에서는 방향탐지정확도 측정방법 개선을 위한 설계내용을 기술한다. 또한 설계내용에 따라 개선된 케이블 손실의 값(dB)을 계산 도출하였다.

2. 관련연구

기존의 방탐정확도시험은 ITU-R에서 권고하는 ‘전파무반사 환경’을 충족하는 시험장 및 EUT(Equipment Under Test)의 무게를 견딜 수 있는 회전시험대(Turn table)가 갖춰진 시험장에서 시험을 실시해야 했었다[5].

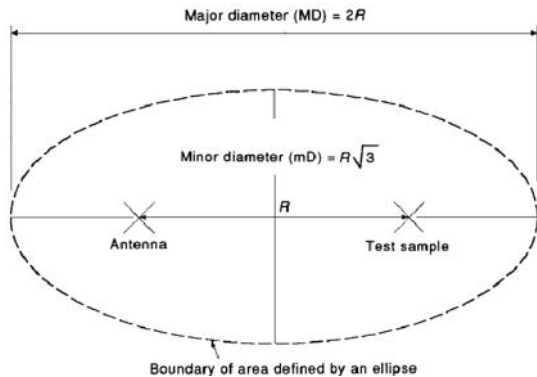


Fig. 1. Test site conditions

MRWMS에 장착된 방향탐지장비는 상용장비인 Rohde&Schwarz사의 안테나(ADD253)와 방탐수신기(DDF550)의 조합이다. 방향탐지안테나가 다루는 최소 주파수는 20MHz이다[6]. 식(1) 과 같이 파장의 길이를 계산하면, 15m가 도출된다[7].

Rec. ITU-R SM.2060-0에 따르면, 건축물, 금속물질,

자동차 등에 의한 간섭 가능성이 있는 길, 방송국, 휴대 폰 기지국, 공항, 고압전선, 전화선, 호수 및 바다 등에 대해 일정거리 이상 떨어져 있는 시험장소에서 시험을 실시하도록 기술되어 있다. 즉, 전파무반사 챔버에서 시험을 수행하거나, 상공에 채공해 있는 상태에서 시험이 수행되어야 ITU-R의 권고를 충족시킬 수 있다. Table 1 은 논산시험장 환경에 대한 ITU-R의 권고사항 만족여부를 비교한 내용이다.

$$I = \frac{C}{V} \tag{1}$$

여기에서, I : 파장의 길이

C : 빛의 속도

V : 주파수

Table 1. Domestic Test Environment satisfaction of ITU-R Recommendation

Obstacles	Distance (m)	Non-San Test site
One-story of non metallic building(singular/plural)	100/200	×
Above 3-stories of non-metallic building	above 300	○
Metallic structure (small size sub-building)	800	×
Reservoir, metallic bridge, large size metallic structure	above 1500	○
Telephone line, low power line	250~300	×
20m height high power line	1000	×
Above 30m height high power line	2000	×
Rail road	400	○
Far away tree	100	×
Non closed tree forest	200	○
Forest	800	×
Metallic fence	200	×
Small size antenna / large size antenna	200/400	○
Lake, sea	1000	○
Power line(1000Kv)	1000	○

즉, 225m² 크기 이상의 전파무반사 챔버를 구축하거나, 회전테이블 및 제어 룸의 크기까지 고려하여, Fig 1 과 같이 2R = 30m 이상 길이의 건축물을 만들어야 하는 상황이 발생된다[8].

대형기구등을 이용하여 공중에 부양시킨 후 방탐정확도 시험을 수행하는 방법도 고려할 수 있으나, 기구의 회

전방법과 EUT의 상하좌우 흔들림에 대한 대책 등의 문제가 여전히 존재한다.

또한 야외에서 방향탐지 정확도 시험을 시행할 경우 국내 여건상 라디오 방송신호, DMB 및 이동통신 주파수 대역의 신호는 대역의 블라인드 또는 필터처리를 제외하고는 제거가 거의 불가능하다.

전파환경에 대한 개선은 불가능하지만, 방향탐지 안테나가 회전하거나 방향탐지 마스트가 회전하는 방식으로 설계를 변경하면 회전시험대의 필요성은 제거된다. 또한 시험장비의 지역의존성 제거로 전파 간섭이 적은 산악지대로의 이동이 가능하다. 모의전파발생기가 저지대로 위치하고, EUT가 고지대로 위치한 후 마스트를 높여서 시험을 하면, 반사파에 대한 간섭 최소화가 가능하다고 판단된다.

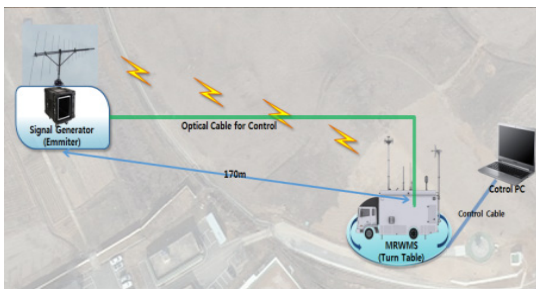


Fig. 2. Test configuration concept for direction detecting accuracy test

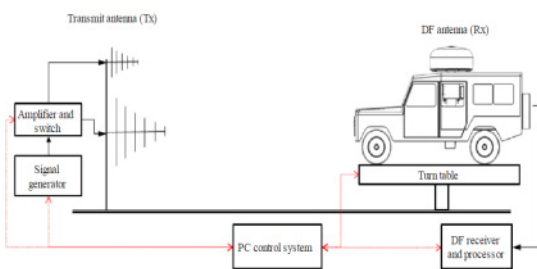


Fig. 3. Recommendation ITU-R DF accuracy measurement setup

Fig 2는 턴테이블이 존재하는 야외 방향탐지 시험장의 개념도를 나타낸 것이고, Fig 3은 ITU-R에서 권고하는 승하강마스트가 적용된 이동형 방향탐지 시스템의 방향탐지 정확도시험 개념도를 나타낸다.

3. 360° 회전이 가능한 승하강 방향탐지 마스트 설계

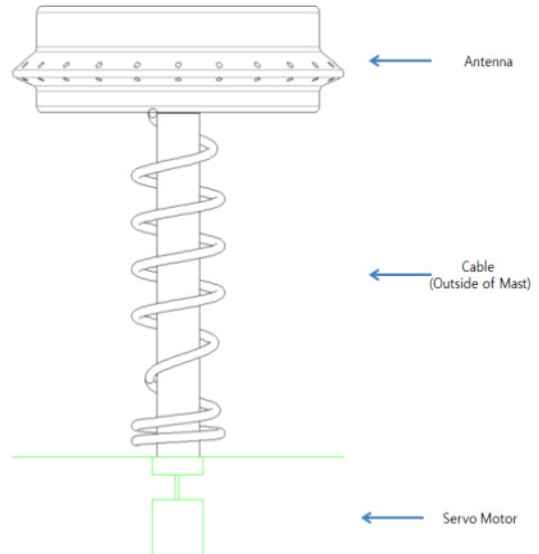


Fig. 4. Mast rotation method concept with built in servomotor

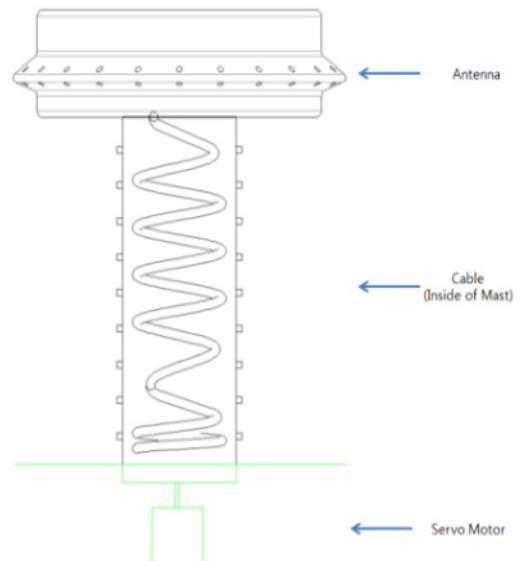


Fig. 5. Mast rotation method concept with built in servo motor

Fig 4는 매립형 안테나 마스트의 360°회전을 고려한 설계 그림이다. 서보모터를 매립형으로 적용하여 마스트와 방향탐지안테나 전체가 회전하는 구조를 나타낸다.

외부 돌출형 나선형 케이블은 장비의 사용이 장기화 될 수록(승하강 및 360°회전의 반복) 나선형 구조가 풀리는 현상 및 수평이 맞지 않는 대지상에서 마스트 전개시, RF케이블이 매립내벽부위와 마찰이 되거나 충격을 입는 현상이 발생된다.

케이블이 꼬이거나 외부충격에 의한 손상 현상의 개선책으로 Fig 5와 같은 구조를 고려해 보았다. 서보모터가 매립되어야 할 위치에는 승하강 모터가 이미 적용되어 있어 공간상의 제한이 발생된다. 이에 대한 개선책으로, 안테나와 마스트의 상단끝 부분에 서보모터를 적용하여 회전하는 방법도 고려할 수 있겠으나, 마스트 끝단 하중에 더 가중이 되어 마스트의 풍속조건 및 충격 휨강도에 안 좋은 영향을 줄 수 있다[9]. 또한 서보모터 자체의 무게가 더 추가되어 기동성의 저하현상이 나타날 수 있다.

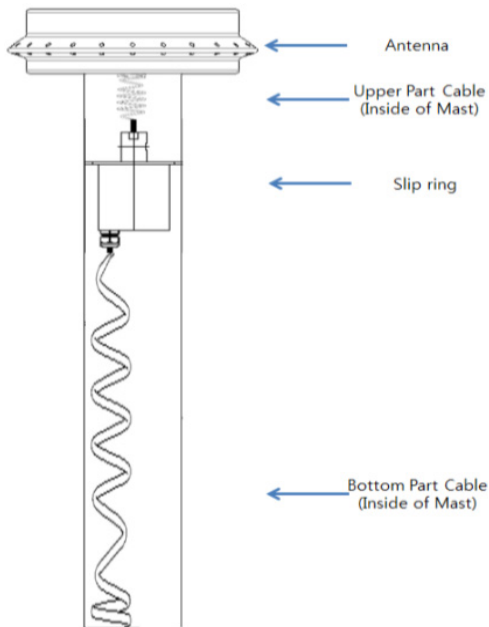


Fig. 6. Mast rotation method concept with slip ring

상기된 방법의 개선책으로 Fig 6과 같은 슬립링 상위 부분만을 회전시켜 케이블의 영킴이 적은 구조를 설계하였다[10]. 전원선, 제어선 및 RF케이블까지 통합한 케이블을 사용, 슬립링 상위부분 케이블은 360° 회전만을 고려한 나선형 구조로 설계하였다. 하위부분은 승하강 높이만을 고려한 나선형 구조 또는 직선형 구조(구부러지는 것은 가능) 케이블로 설계하여 승하강 및 360° 회전

시에도 구동에 문제가 없다. 또한 RF케이블에 대한 길이가 줄어들어 케이블 Loss 및 왜곡부분을 최소화 할 수 있다.

Fig 7은 슬립링을 활용 방향탐지 안테나 마스트가 자체 회전이가능한 설계를 적용하여, 개선된 방향탐지 정확도 시험환경의 개념을 나타낸 그림이다.

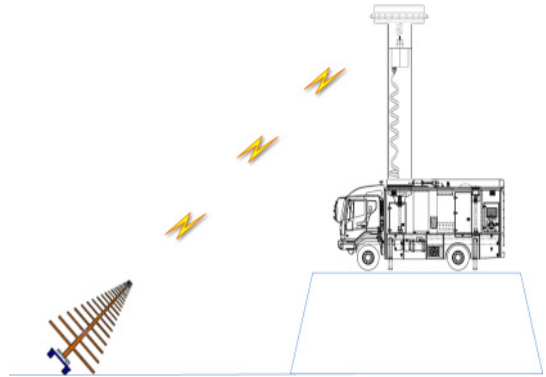


Fig. 7. Improved test configuration concept for direction detecting accuracy test

4. RF케이블 손실 분석

Fig 4와 같이 기존 시스템에 반영된 RF케이블의 길이는 총 15m이고, RF케이블회전수 T는 12이다, 마스트 외부의 최대직경은 0.3m이다. 마스트의 최대 상승높이는 5.83m이고, 매립된부분의 높이는 1.5m이다.

식(2)에 대입하여 계산하면, 매립된 부분의 케이블 길이는 9.95m, 나선형구조부분의 길이는 5.05m로 결과가 나온다.

$$ArcLength = T \cdot \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

식(2)는 나선(Helix)형태 구조의 길이를 구하는 수식이다[11].

- 여기에서, T : 스프링의 회전수
- a : 반지름
- b : H/T
- H : 기둥의 높이

Fig 6의 설계와 같이 슬립링 상위부분의 360° 회전만 고려한 길이와 마스트 최대 상승높이를 고려하여 RF케이블의 길이를 계산하였다. 슬립링 상위부분의 케이블회전수 = 1.5, 기둥의 높이 = 0.3m, 반지름 = 0.083m이다. 결과값은 0.32m로 계산되었다. 즉, 5.53m(마스트 내부 하위케이블길이) + 0.32m = 5.85m의 길이로 RF케이블 길이를 줄일 수 있다.

Fig 8은 RF케이블 손실 비교 그래프이고, Table 2는 본 시스템에 적용된 RF케이블의 케이블손실 데이터 시트이다. 본 시스템에 적용된 RF케이블은 RG-214 모델이다[12][13].

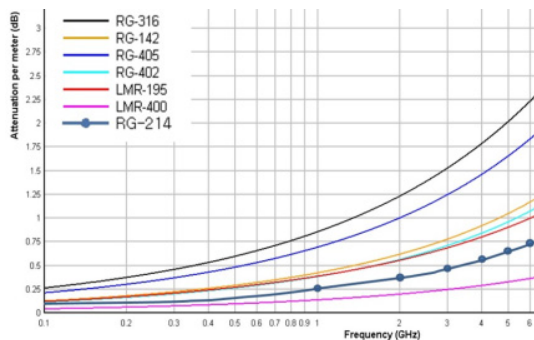


Fig. 8. RF Cable loss curve comparison

Table 2. RF Cable loss data sheet for MRWMS

Frequency (GHz)	Cable Loss(dB/m)	Frequency (GHz)	Cable Loss(dB/m)
0.3	0.12	3.3	0.56
0.6	0.18	3.6	0.59
0.9	0.24	3.9	0.62
1.2	0.28	4.2	0.66
1.5	0.33	4.5	0.69
1.8	0.37	4.8	0.72
2.1	0.41	5.1	0.75
2.4	0.45	5.4	0.79
2.7	0.48	5.7	0.82
3.0	0.52	6.0	0.85

Table 1의 데이터시트와 Fig 7을 참고하여, Fig 2와 같은 구조의 케이블 손실은 3GHz에서 7.8dB, Fig 3과 같은 구조의 케이블 손실은 3GHz에서 3.0dB의 손실이 있을 것으로 예상된다. 슬립링과 케이블간의 커넥터부분은 없는 방식으로 제작될 예정이므로 케이블 전체 길이에 대한 loss만 고려하였다. 슬립링 자체의 loss는 1GHz에서 0.2dB미만의 케이블 loss가 있는 제품을 선정하였기 때문에 3GHz에서 0.5dB 미만의 케이블 loss가 있을

것으로 추정된다[14]. 결론적으로 총 3.5dB 미만의 손실이 있는 것으로 계산되었다.

5. 결론

본 논문에서는 이동형 전파측정시스템의 방향탐지 정확도 측정방법 개선을 위한 설계내용을 기술하였다. 이러한 설계를 통해 방탐정확도 측정방법에서 지역적 의존성을 제거하여, 터테이블 상의 EUT 영점조정 및 EUT 마운트 절차가 단축 되어 생산비(시간)를 줄일 수 있다. 또한 설계내용에 따라 총길이가 15m인 RF케이블의 길이를 5.85m로 줄일 수 있어서, 9.15m 만큼의 RF케이블의 제작비용을 줄일 수 있다. 또한 RF케이블손실을 7.8dB에서 3.5dB로 약 3.3dB만큼의 손실이 개선될 것으로 예상된다. 또한 RF케이블의 길이가 줄어든 만큼의 중량도 저감되어, 시스템의 기동성을 향상시킬 수 있다고 판단된다.

본 논문의 실험은 우리 군의 무선신호 분석의 제한점을 해결하고자 기술을 제안하였다. 하지만, 군 체계개발 사업 종료로 인하여 기타 추가적인 실험이 제한되고 있어, 향후 성능개량 진행 시 손실률에 대한 정확한 성능의 비교 시험평가를 수행하고자 한다.

References

- [1] In-Sung Han, Ju-Hang Sohn, Moo-Sung Park, "A study on analysis model for real radio spectrum data correlation in High-Mountain Area," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 5, pp. 697-708, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.697>
- [2] Ju-Hang Sohn, Sung-Kab Cho, Jae-Won Choi, Jae-Seang Lee, Choong-Hyuk Bang, Duck-Joong Kim, "Wireless Signal Measurement Rate Improvement Schemes for Mobile Radio Wave Measurement System," *2014 Conference on the Korea Institute of Military Science and Technology*, p.p. 107-108.
- [3] Ju-Hang Sohn, In-Sung Han, Jae-Won Choi, Choong-Hyuk Bang, Duck-Joong Kim, "2016 Conference on the Korea Institute of Military Science and Technology", pp. 1068-1069.
- [4] Cheol-Sun Park, Jong-Won Yang, Jun-Ho Choi, "A Preliminary Design of Direction Finder using Superresolution," TEDC-509-050480, Agency for Defense and Development Technical Report, 2005.
- [5] Recommendation ITU-R SM.2060-0, 2014.

- [6] Rohde&Schwarz DDF550 System Manual 4074.2048 20-03, 2012.
- [7] <https://ko.wikipedia.org>
- [8] EN55022:2006.
- [9] Ju-Hang Sohn, Choong-Hyuk Bang, Duck-Joong Kim, "A Study on Wind Velocity Condition about Antenna Mast for Mobile Radio Wave Measurement System," *2015 Conference on the Korea Institute of Military Science and Technology*, pp. 833-834.
- [10] Ju-Hang Sohn, Sung-Soo Kim, In-Sung Han, Duck-Joong Kim, "Antenna for Direction Finding, Movable Antenna System for Direction Finding and Control Method Thereof," 10-2017-0056990.
- [11] <https://owlcation.com/stem/Arc-Length-of-a-Helix-Formula>.
- [12] HUBER+SUNHNER Data Sheet Coaxial Cable: G_07262_D.
- [13] <http://www.myerseng.com/coaxial-cables/Coaxial-Cables-Atten-metric-26k>.
- [14] <http://www.slipring.cn/LPC-1C1202>

김 덕 중(Duck-Joong Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 연세대학교 일반대학원 전기전자공학 (전자공학석사)
- 1988년 2월 ~ 현재 : 국방과학연구소 수석연구원

<관심분야>

통신 시스템 및 네트워크 보안, 정보보호시스템

손 주 향(Ju-Hang Sohn)

[정회원]



- 2005년 2월 : 숭실대학교 일반대학원 컴퓨터학과 (컴퓨터학석사)
- 2005년 5월 ~ 2007년 12월, 2010년 7월 ~ 2012년 9월 : 한국전자통신연구원 원구원
- 2007년 12월 ~ 2010년 7월 : 국방과학연구소 연구원
- 2012년 10월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임연구원

<관심분야>

인터넷 토폴로지, 전자전, 시스템 통합 및 제어

한 인 성(In-Sung Han)

[정회원]



- 2004년 8월 : 광운대학교 일반대학원 (컴퓨터과학 석사)
- 2009년 8월 : 광운대학교 일반대학원 (컴퓨터과학 박사)
- 2010년 8월 ~ 2012년 3월 : 한국정보인증 선임연구원
- 2012년 4월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임연구원

<관심분야>

네트워크보안, Ad-Hoc 네트워크, 센서네트워크, 컴퓨터 통신, 전자통신