

DGPS를 위한 중파대역 모노폴 안테나 모델링 및 설계

나상근¹ · 이수원¹ · 김영완^{2*}

Modeling and Design of Medium-wave DGPS Monopole Antenna

Sang-geun Na¹ · Su-won Lee¹ · Young-wan Kim^{2*}

¹R&D Department, Gammanu, Hwaseong 445-811, Korea

¹R&D Department, Gammanu, Hwaseong 445-811, Korea

^{2*}Department of Radio Communication Engineering, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

요 약

중파대역의 단축형 모노폴 안테나 설계는 저주파대역에서 실험적으로 도출된 제한된 데이터를 사용하여 안테나 설계를 기본적으로 설계하고 보정하는 방식을 사용하고 있다. 안테나 설계에 사용된 단순한 방법으로 중파대역의 단축형 모노폴 안테나의 정확한 성능 예측이 불가능하고, 다양한 지선식 단축형 모노폴 안테나 구조에 대한 성능 분석과 설계가 어려운 실정이다. 본 논문에서는 DGPS 중파대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 다양한 안테나 구조를 설계하고 성능을 분석할 수 있는 안테나 설계 모델을 정립하고, 지선식 단축형 모노폴 안테나의 설계 파라미터에 대한 안테나 성능과 설계 모델을 분석한다. 설계 모델의 적합성을 위하여 100 kHz 대역의 단축형 모노폴 안테나와 지선식 단축형 모노폴 안테나를 설계하여 기존의 설계 모델들과 성능 결과를 비교 분석한다. 기존 설계 모델과 거의 일치하는 특성 결과로 제안 모델을 활용하여 DGPS 안테나 설계 모델을 분석한다.

ABSTRACT

The experimental design method based-on the measured data in the several LF monopole antenna was used in MF monopole antenna design. The design technique is also utilized in MF DGPS antenna design. It is not possible to predict the antenna performance of the MF short-monopole antenna because of simple experimental antenna design. Furthermore, it is difficult to design and analyze the various wired short-monopole antenna. The antenna models for performance analysis of the DGPS antenna with the various wired short-monopole structure are proposed in this paper. Based on the proposed antenna models, also, the antenna performance and design data of the wired short-monopole antennas are presented. To evaluate the validity of the analyzed antenna models, the wired short-monopole antenna for 100 kHz are modeled and analyzed. The antenna performance of the wired short-monopole antenna are compared with those of the previously presented LF antenna performance. Based on the evaluation for proposed antenna analyzing models, the DGPS wired short-monopole antennas are modeled and analyzed.

키워드 : 저주파대역 모노폴 안테나, 중파대역 모노폴 안테나, DGPS 안테나

Key word : LF band monopole antenna, MF band wired short-monopole antenna, DGPS antenna

접수일자 : 2014. 01. 09 심사완료일자 : 2014. 01. 29 게재확정일자 : 2014. 02. 14

* **Corresponding Author** Young-wan Kim (E-mail:ywkim@kunsan.ac.kr, Tel:+82-63-469-4852)

Department of Radio Communication Engineering, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.4.797>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

DGPS 송신 안테나는 중파대역의 낮은 주파수를 사용함으로써 안테나 길이가 250 m 정도 확보되어야 하나 물리적인 구축이 어려운 실정이다. 따라서 파장에 비해 매우 짧은 전기적 길이를 갖는 단축형 모노폴 안테나를 사용하여야 하나, 안테나의 효율 및 성능이 낮아지므로 안테나의 전기적 길이의 단축을 고려한 지선식 단축형 모노폴 안테나를 설계하여 운영 중이다[1].

DGPS 안테나 설계는 실험적으로 도출된 데이터로부터 설계 안테나로 보정하는 단순 그래프를 적용하고 있다. 중파대역 안테나의 설계 가이드로 적용하고 있는 기존의 중파대역 단축형 모노폴 안테나 설계는 기초적인 안테나 설계 공식을 사용한 기본적인 안테나 설계로, 다양한 안테나 구조를 설계하기가 어려운 제한적인 설계 방식이다. 따라서 중파대역 단축형 모노폴 안테나의 정확한 성능 예측과 지선식 단축형 모노폴 안테나 구조에 대한 분석과 설계가 어려운 실정이다[2-5].

본 논문에서는 DGPS 중파대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 다양한 안테나 구조를 설계하고 성능을 분석할 수 있는 안테나 설계 모델을 정립하고, 지선식 단축형 모노폴 안테나의 설계 파라미터에 대한 안테나 성능과 설계 모델을 분석한다. 전자파 설계 프로그램을 활용하여 단축형 모노폴 안테나 구조를 설계하여 성능을 분석하고, 지선식 단축형 모노폴 안테나의 설계 파라미터를 다양화하여 중파대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 구조에 따른 설계 모델을 분석한다. 안테나 설계 모델의 적합성을 위하여 100 kHz 대역의 단축형 모노폴 안테나와 지선식 단축형 모노폴 안테나를 설계하여 기존의 설계 모델로 활용하고 있는 LF 대역 모노폴 안테나와 지선식 단축형 모노폴 안테나의 설계 성능 결과와 비교 분석한다. 비교 분석을 통하여 타당한 안테나 분석 모델을 확보하고, DGPS 중파대역 지선식 단축형 안테나에 대한 설계 모델과 안테나 구조에 대한 설계 데이터를 제시한다.

II. 단축형 모노폴 안테나

단축형 모노폴 안테나의 전기적 길이를 연장하기 위한 지선을 갖는 안테나 구조인 지선식 단축형 모노폴

안테나는 지선수와 전기적 길이, 구조에 따라 안테나 성능이 다양하게 나타날 수 있다. 지선수와 전기적 길이가 증가함에 따라 방사저항과 정전용량이 증가하면서 안테나 입력 임피던스가 다양하게 나타날 수 있다. 이러한 단축형 모노폴 안테나 설계를 위한 기본적인 설계 식은 다음과 같다[2, 3].

$$R_r = \frac{160\pi^2 h e^2}{\lambda^2} (\Omega) \quad (1)$$

$$BW_\eta = \frac{320\pi^3 h e^2 f^4 C_e}{c^2} \text{ (cycles)} \quad (2)$$

$$PW = \frac{0.64\pi^4 V^2 f^4 h e^2 C_e^2}{c^2} \text{ (kw)} \quad (3)$$

$$PW_{BW} = \frac{204.8\pi^7 V^2 f^8 h e^4 C_e^3}{c^4} \text{ (kw-cycles)} \quad (4)$$

여기서, $h e$: 유효 안테나 길이(m)

f : 주파수 (kHz)

C_e : 유효 안테나의 커패시턴스(F)

V : 최대 허용 기저전압

C : 빛의 속도 (3×10^8 m/s)

식 (1) ~ 식 (4)로부터 안테나의 전기적 길이가 증가할수록 방사저항(R_r)과 안테나 대역폭(BW), 그리고 전력 전송용량(PW_{BW})이 증가함을 알 수 있다. 그리고 방사 저항은 안테나 유효 전기적 길이에 비례함을 알 수 있다. 안테나 유효 전기적 길이는 지선의 배치 형태에 따라 증가하면서 감소하는 경향이 나타날 수 있다. 따라서 지선식 단축형 모노폴 안테나의 지선 수, 전기적 길이, 그리고 배치 형태에 따른 안테나 설계 모델과 성능 분석이 중요하다. DGPS 중파대역의 지선식 단축형 모노폴 안테나 구조에 대한 안테나 설계 모델과 성능을 도출하고 분석하기 위하여 DGPS 중파대역 안테나 해석 모델을 설계한다. DGPS 중파대역의 안테나 해석 모델과 성능 분석 방법의 적합성을 평가하기 위하여, 안테나 해석 모델을 LF 대역으로 설계 분석하여 기존의 설계 모델인 LF 대역 단축형 모노폴 안테나 및 지선식 단축형 모노폴 안테나의 성능과 비교 평가하고 적합성을 판단한다.

그림 1 은 LF대역 단축형 모노폴 안테나의 설계 구조

이다. 접지는 완전도체로 하며, 안테나의 높이를 조절하여 LF 대역 단축형 모노폴 안테나의 성능을 모의측정하고 분석한다. 표 1은 LF 대역 단축형 모노폴 안테나 해석을 위한 모의측정 파라미터이다.

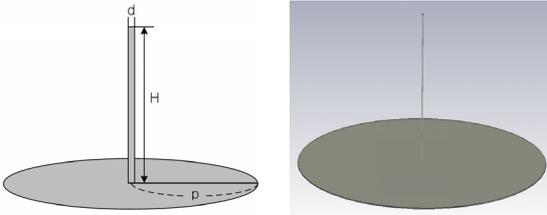


그림 1. LF 및 MF 대역 단축형 모노폴 안테나 모델링 구조
Fig. 1 Short-monopole antenna modeling structure for LF and MF antenna analysis

그림 2는 지선식 단축형 모노폴 안테나 설계 구조이다. 접지는 완전도체로 설정하고, 안테나의 높이는 고정하여 H'/H 파라미터를 변화하면서 LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나 성능을 모의측정하고 분석한다. 아울러, 지선수 $N=12$ 인 LF 및 MF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나 모델링 구조는 $N=6$ 인 지선식 안테나 파라미터 값을 적용하여 설계하였다.

표 1. LF와 MF 대역 단축형 모노폴 안테나 모의측정 파라미터
Table. 1 Simulation parameters for LF and MF short-monopole antenna analysis

파라미터	값
주파수(kHz)	100 kHz
안테나 높이(H)	300 feet ~ 800 feet
접지 반경	안테나 높이(H)와 같은 크기

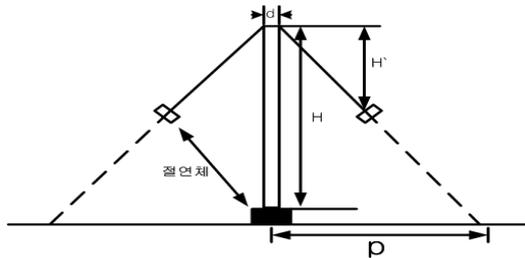


그림 2. 지선식 단축형 모노폴 안테나구조
Fig. 2 Wired short-monopole antenna structure

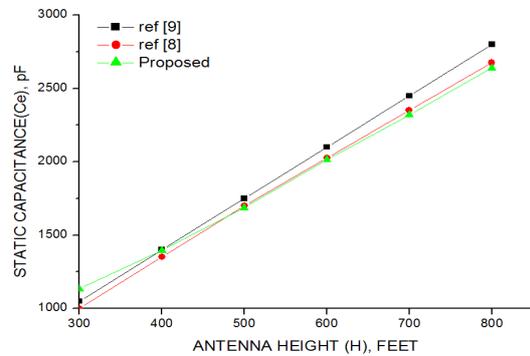
표 2. 지선식 단축형 모노폴 안테나 모의측정 파라미터
Table. 2 Simulation parameters for wired short-monopole antenna analysis

파라미터	값
주파수(kHz)	100 kHz
안테나 높이(H)	600 feet
안테나 직경	H/200
H'/H	p=0.5, 1.0, 1.5 일 때 H'/H

III. LF 대역 단축형 모노폴 안테나

3.1. LF 대역 단축형 모노폴 안테나 성능 및 분석

그림 3 ~ 그림 5는 그림 1과 표 1의 안테나 모델을 적용하여 모의 측정된 LF 대역 단축형 모노폴 안테나의 정전용량과 방사저항, 그리고 공진주파수를 나타내고 있다. 안테나 길이가 300 feet에서 800 feet 범위에서 변화할 경우, 안테나 성능과 특성을 보여주고 있다. 여기서, 안테나 직경과 안테나 높이의 비는 200으로 설정하였다.



feet	ref[2]	ref[3]	Proposed	ref[2] vs. Proposed	ref[3] vs. Proposed
300	1050	1000	1132.83	7.89 %	13.28 %
500	1750	1700	1687.03	3.60 %	0.76 %
700	2450	2350	2320.39	5.29 %	1.26 %
800	2800	2675	2639.41	5.74 %	1.33 %

그림 3. 안테나 높이에 따른 LF 대역 단축형 모노폴 안테나의 정전용량

Fig. 3 Static capacitance of short-monopole antenna according to antenna height in LF

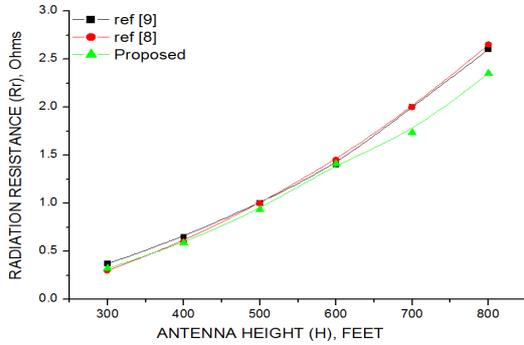


그림 4. 안테나 높이에 따른 LF 대역 모노폴 안테나의 방사저항
Fig. 4 Radiation resistance of short-monopole antenna according to antenna height in LF

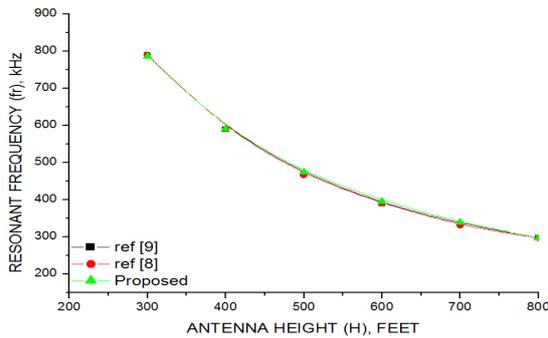


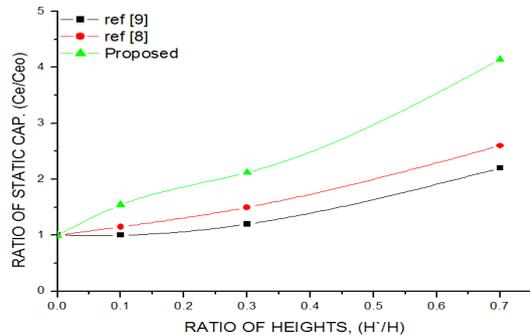
그림 5. 안테나 높이에 따른 LF 대역 모노폴 안테나 공진주파수
Fig. 5 Resonant frequency of short-monopole antenna according to antenna height in LF

그림 3 ~ 그림 5로부터 LF 대역 단축형 모노폴 안테나의 방사저항은 기존 설계 모델 (ref(2), ref(3))과 안테

나 높이 700 feet에서는 약 13.24 % 차이를 보이고 있으나, 그 이외의 성능 평가 안테나 높이에서는 약 6.01 % 이내로 일치하는 특성을 보여주고 있다. 또한 정전용량은 300 feet를 갖는 안테나 높이에서는 약 13.28 %의 오차를 나타내고 있으나, 다른 안테나 높이에서는 약 6.1 % 정도로 거의 일치하는 특성을 나타내고 있다. 공진주파수는 약 7.01 % 이내로 일치하는 공진주파수 특성을 갖는다. 기존 설계 모델은 측정 모델로서 측정 및 보정 오차가 다소 크게 발생할 수 있으며, 이러한 오차를 고려하면 기존 설계 모델과 거의 일치하는 성능지수를 나타내고 있음을 알 수 있다.

3.2. LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나 성능 및 분석

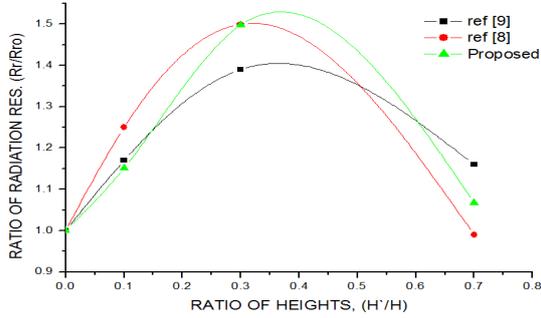
그림 6 ~ 그림 8은 그림 2를 기본으로 하는 지선수 N=6인 표 2의 안테나 모델을 적용하여 모의 측정된 LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 정전용량, 방사저항, 그리고 공진주파수이다. 여기서, 접지반경(p=0.5)은 일정하게 설정하였으며, 안테나 높이(H)에 대한 상대적인 비(p/H)로 표시하였다. 아울러, 안테나 성능지수인 정전용량(C_e)과 방사저항(R_r), 그리고 공진주파수(f_r)는 LF 대역 모노폴 안테나의 성능지수에 대한 비(C_e/C_{e0} , R_r/R_{r0} , f_r/f_{r0})로 정량화하여 표시하였다.



feet	ref[2]	ref[3]	Proposed	ref[2] vs. Proposed	ref[3] vs. Proposed
0.1	1	1.15	1.54	54.12 %	34.02 %
0.3	1.2	1.5	2.12	76.71 %	41.37 %
0.7	2.2	2.6	4.14	88.31 %	59.34 %

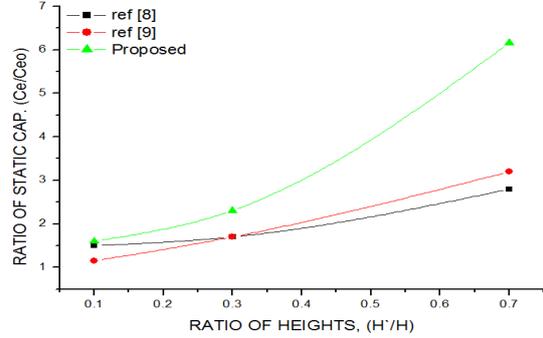
그림 6. LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 정전용량 (N=6)

Fig. 6 Static capacitance of wired short-monopole antenna in LF(N=6)



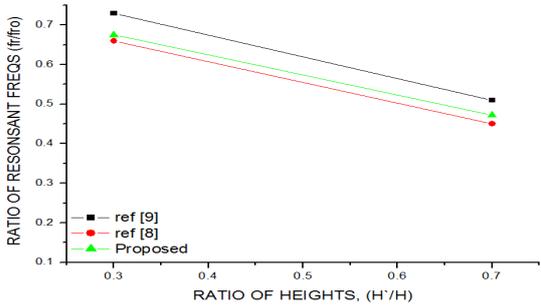
feet	ref[2]	ref[3]	Proposed	ref[2] vs. Proposed	ref[3] vs. Proposed
0.1	1.25	1.17	1.15	7.89 %	1.59 %
0.3	1.5	1.39	1.50	0.14 %	7.76 %
0.7	0.99	1.16	1.07	7.8 %	8 %

그림 7. LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 방사저항 (N=6)
Fig. 7 Radiation resistance of wired short-monopole antenna in LF(N=6)



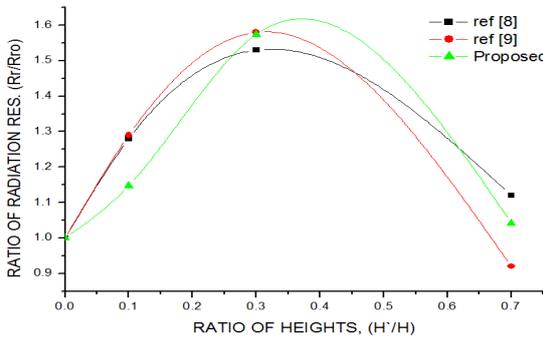
feet	ref[2]	ref[3]	Proposed	ref[2] vs. Proposed	ref[3] vs. Proposed
0.1	1.15	1.5	1.60	39.06 %	6.61 %
0.3	1.7	1.7	2.31	35.85 %	35.85 %
0.7	3.2	2.8	6.16	92.56 %	120.07 %

그림 9. LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 정전용량 (N=12)
Fig. 9 Static capacitance of wired short-monopole antenna in LF(N=12)



feet	ref[2]	ref[3]	Proposed	ref[2] vs. Proposed	ref[3] vs. Proposed
0.3	0.66	0.73	0.68	2.27 %	7.53 %
0.7	0.45	0.51	0.47	5.05 %	7.31 %

그림 8. LF 대역 지선식 안테나의 공진주파수(N=6)
Fig. 8 Resonant frequency of short-monopole antenna in LF(N=6)

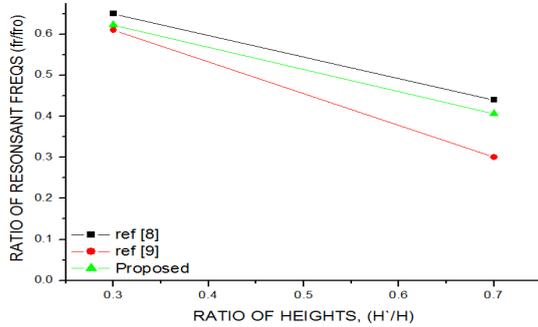


feet	ref[2]	ref[3]	Proposed	ref[2] vs. Proposed	ref[3] vs. Proposed
0.1	1.29	1.28	1.15	11.02 %	10.33 %
0.3	1.58	1.53	1.57	0.36 %	2.89 %
0.7	0.92	1.12	1.04	13.30 %	6.93 %

그림 10. LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 방사저항 (N=12)
Fig. 10 Radiation resistance of wired short-monopole antenna in LF(N=12)

그림 9~그림 11은 지선수 N=12인 표 2의 안테나 모델을 적용하여 모의 측정된 LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 정전용량, 방사저항, 그리고 공진주파수 성능지수를 나타내었다. 지선수 N=6인 안테나 구조와 같이 LF 대역 모노폴 안테나의 성능지수에 대한 비 (C_0/C_{00} , R_r/R_{r0} , f_r/f_{r0})로 나타내었다.

그림 6~그림 11로부터 지선수 N=6과 N=12를 갖는 LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 성능지수를 비교 평가할 수 있다.



feet	ref[2]	ref[3]	Proposed	ref[2] vs. Proposed	ref[3] vs. Proposed
0.3	0.61	0.65	0.62	2.09 %	4.20 %
0.7	0.3	0.44	0.41	35.61 %	7.54 %

그림 11. LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 공진주파수 (N=12)
 Fig. 11 Resonant frequency of short-monopole antenna in LF(N=12)

지선식 단축형 모노폴 안테나의 지선수가 증가할수록 방사저항은 다소 증가하나 정전용량은 크게 증가하며, 공진주파수는 상대적으로 크게 감소함을 알 수 있다. 아울러, 지선의 길이가 증가할수록 정전용량이 증가하고, 공진 주파수는 감소하고 있으나, 방사저항은 일정한 길이에서 감소하고 있음을 알 수 있다. 지선수를 갖는 지선식 안테나의 방사저항과 공진주파수 특성을 기존 모델과 오차 범위를 고려하면 거의 유사한 특성을 나타내고 있으나, 정전용량은 크게 증가하는 특성으로 기존 설계 모델과 큰 차이를 갖는다. 지선수와 지선구조에 따른 지선길이가 증가하면 안테나의 정전용량은 급격히 증가하는 특성을 나타내므로 분석 결과는 타당할 수 있다.

IV. DGPS MF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나 성능 및 분석

본 논문에서 제시하는 지선식 단축형 모노폴 안테나 분석 모델은 2장과 3장의 LF 대역 단축형 모노폴 안테나와 지선식 단축형 모노폴 안테나의 성능지수 평가를 통하여 타당함을 갖게 되었으므로, 본 장에서는 DGPS 단축형 모노폴 안테나에 적용하여 DGPS 안테나 성능

평가 및 안테나 설계 모델로 적용한다. 그림 12 ~ 그림 14는 DGPS MF 대역 단축형 모노폴 안테나의 성능지수를 나타내었다. 안테나 높이는 45m, 90m, 그리고 135m를 산정하여 안테나 기본 식 (1) ~ (4)과 2장의 안테나 모델을 적용하여 모의측정과 성능지수를 분석하였다. 안테나 사용주파수는 300 kHz 이며, 접지 반경은 안테나 높이와 같은 크기로 설정하였다.

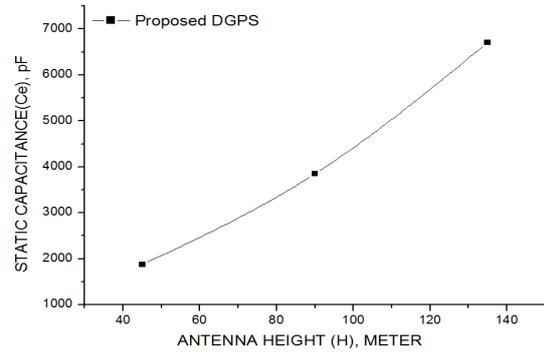


그림 12. 안테나 높이 대 DGPS MF 대역 단축형 모노폴 안테나의 정전용량
 Fig. 12 Static capacitance of DGPS short-monopole antenna according to antenna height in MF.

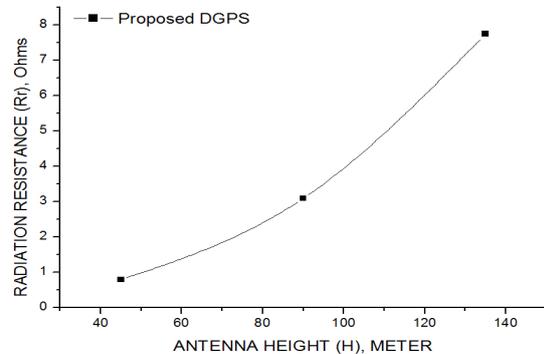


그림 13. 안테나 높이 대 DGPS MF 대역 단축형 모노폴 안테나의 방사저항
 Fig. 13 Radiation resistance of DGPS short-monopole antenna according to antenna height in MF

표 3은 DGPS 중파대역 단축형 모노폴 안테나의 성능지수를 요약한 결과이다. 그림 12~그림 14와 표 3로부터 안테나 높이가 45m에서 135m로 증가하는 경우, 용량성 리액턴스가 감소하면서 공진주파수가 낮아지고

있음을 알 수 있다. 아울러, 안테나 방사저항이 증가 하면서 안테나의 효율이 증가하고 방사전력이 증가할 수 있음을 알 수 있다.

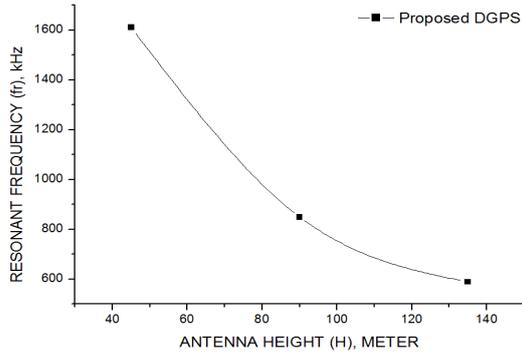


그림 14. 안테나 높이 대 DGPS MF 대역 단축형 모노폴 안테나의 공진주파수
 Fig. 14 Resonant frequency of DGPS short-monopole antenna according to antenna height in MF

표 3. DGPS MF 대역 단축형 모노폴 안테나의 성능지수
 Table. 3 Antenna performance of DGPS short-monopole antenna in MF

안테나 높이	정전용량 (pF)	방사저항 (Ω)	공진주파수 (kHz)
45m	1872.42	0.79	1611
90m	3849.23	3.09	849
135m	6706.43	7.75	588

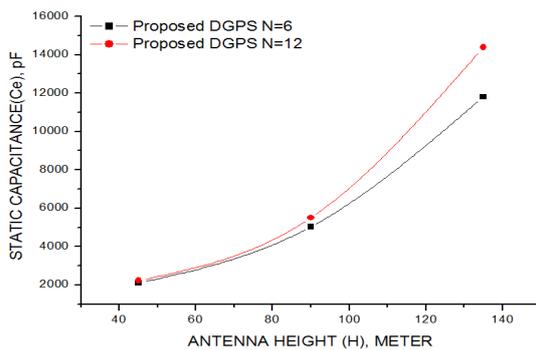


그림 15. DGPS MF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 정전용량(N=6, N=12)
 Fig. 15 Static capacitance of DGPS wired short-monopole antenna in MF(N=6, N=12)

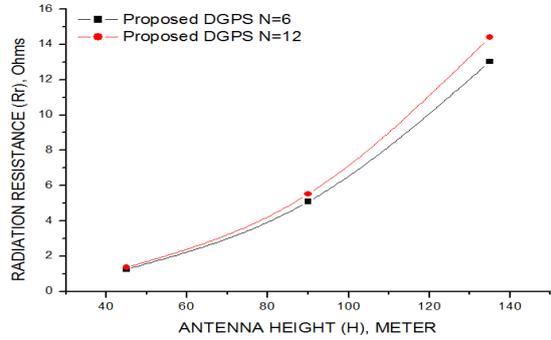


그림 16. DGPS MF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 방사저항(N=6, N=12)
 Fig. 16 Radiation resistance of DGPS wired short-monopole antenna in MF(N=6, N=12)

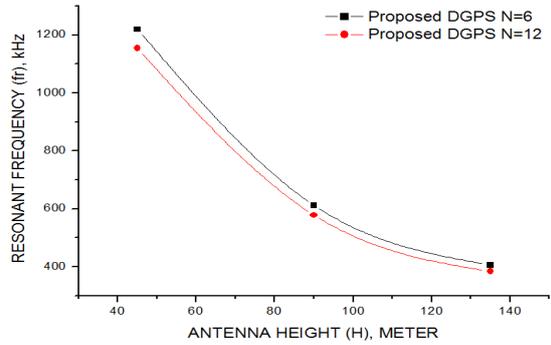


그림 17. DGPS MF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 공진주파수(N=6, N=12)
 Fig. 17 Resonant frequency of DGPS wired short-monopole antenna in MF(N=6, N=12)

그림 15 ~ 그림 17은 2장의 지선식 단축형 모노폴 안테나 모델을 적용한 지선수 N에 따른 중파대역 DGPS 지선식 단축형 모노폴 안테나의 성능지수를 비교 분석한 결과이다. 그림 15 ~ 그림 17로부터 지선수 N이 증가할수록 안테나 성능지수가 증가하는 것을 알 수 있으며, 보다 용이한 안테나 정합회로가 가능함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 DGPS 중파대역 안테나의 다양한 안테나 구조를 설계하고 성능을 분석할 수 있는 DGPS 중파대역 지선식 단축형 모노폴안테나 설계모델을 정립하고,

안테나 구조에 따른 안테나 성능과 설계모델을 분석하였다. DGPS 중파대역 안테나의 분석 모델과 성능지수의 적합성을 평가하기 위하여 LF 대역의 지선식 단축형 모노폴 안테나를 모델링하여 기존의 설계 모델의 성능지수와 비교 평가 하였다. LF 대역 단축형 모노폴 안테나와 지선식 단축형 모노폴 안테나의 분석 결과는 기존의 설계 모델 성능지수와 거의 일치하는 특성을 나타내었다. LF 대역 지선식 단축형 모노폴 안테나의 평가 결과를 토대로 DGPS 중파대역 지선식 단축형 모노폴 안테나를 모델링하고 안테나 성능지수를 산출하였다. 지선수가 증가할수록 안테나 방사저항과 정전용량이 증가함을 알 수 있었으며, 안테나의 대역폭도 증가하고 있다. 안테나의 정전용량이 증가하면서 안테나의 정합이 용이하게 되고, 간단한 정합회로 구현으로 안테나 효율이 증가하고 대역폭이 증가할 수 있음을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] DGNSS CENTRAL OFFICE <http://www.ndgps.go.kr>
- [2] Devaney T. E. and others. Low Frequency Top-Loaded Antennas. Research and Development Report, U.S. Navy Electronics Laboratory, San Diego, 22 June 1966.
- [3] A Study of LF Top-loaded Monopole Antennas Using Numerical Modeling Techniques. Comparison to Scaled Test Model Measurements. by RIAZ MAHMUD March 1987.
- [4] Young wan, Kim, "Propagation Analysis of DGPS Antenna for Radial Ground and Obstacle", *Journal of information and communication convergence engineering*, vol. 9, no. 4, pp. 363~368, 2011.
- [5] Kim, Young wan, "Antenna Radiation Efficiency of the Korean NDGPS Based on Radiation Power Measurements", *Journal of information and communication convergence engineering*, vol.10, no.2, pp.97-102, 2012.



나상근(Sang-geun Na)

2012년 군산대학교 정보통신전파공학사
2014년 군산대학교 정보통신전파공학석사
2014-현재 ㈜감마뉴 부설연구소 연구원
※관심분야 : RF/Microwave 시스템 및 회로설계, 안테나



이수원(Su-won Lee)

2009년 한경대학교 전자공학사
2008-현재 ㈜감마뉴 부설연구소 선임연구원
2012-현재 아주대학교 전자공학과 석사 과정
※관심분야 : 초고주파 수동 소자 및 회로 설계, RF/Microwave 시스템 및 안테나



김영완(Young-wan Kim)

1983년 경북대학교 전자공학사
1985년 경북대학교 전자공학석사
2003년 충남대학교 전자공학박사
1984~1990 동양정밀공업(주) 중앙연구소 과장
1990~1992 (주) 유영통신 이사
1992~2004 한국전자통신연구원 책임연구원
2004-현재 군산대학교 전파공학과 교수
※관심분야 : RF/Microwave 시스템 및 회로설계, 디지털 위성방송/통신시스템, 마이크로파 소자