

## DGPS 기준국 사이트 환경에 따른 안테나 성능 모델링 해석

김영완\*

### Analysis and modeling of DGPS antenna performance depending on the DGPS site environment

Young-wan Kim\*

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

#### 요 약

본 논문에서는 DGPS 단축형 모노폴 안테나와 안테나 사이트 환경을 모델링하여 안테나 주변 환경에 따른 안테나 성능을 분석한다. DGPS 기준국 안테나의 성능 해석을 위한 모델링을 해석하고 대지 도전율이나 전파 장애물에 의한 안테나 성능을 모의 분석하여 DGPS 안테나 설치에 요구되는 사이트 환경을 정립한다. 일정한 접지 면에 적절한 방사형 접지를 갖는 안테나 사이트는 대지 도전율이나 전파 장애물로 인한 안테나 정합회로에 대한 영향은 적으나, 방사 효율 영향은 크게 나타난다. 안정된 DGPS 서비스를 위해서는 안테나 사이트의 양호한 대지 도전율 이외에 주변에 전파 장애물이 없는 평탄한 안테나 사이트가 중요하다.

#### ABSTRACT

Based on the modeling of DGPS antenna and antenna site environment, the DGPS short-monopole antenna performance according to the antenna surrounding environment are analyzed in this paper. The DGPS antenna site modeling that considers the ground conductivity and radio wave obstacles is performed and the general requirements for DGPS antenna site are proposed. In case of antenna site with proper radials on the ground plane of the fixed scale, the effect for antenna matching network due to the ground conductivity and radio wave obstacles is small but the impact on the radiation efficiency is large. To provide the stable DGPS service, it is important to install the DGPS antenna on the flat ground plain with good conductivity and without radio wave obstacles.

**키워드** : 위성항법보정시스템, DGPS 안테나 모델링, DGPS 안테나, DGPS 안테나 사이트 모델링

**Key word** : DGPS, DGPS antenna modeling, DGPS antenna, DGPS antenna site modeling

접수일자 : 2014. 02. 03 심사완료일자 : 2014. 02. 21 게재확정일자 : 2014. 03. 07

\* **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.2014.18.5.1022>

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

위성항법보정시스템(DGPS)은 GNSS의 위치 오차를 보정하고 생성하여, 지상파 신호로 보정 데이터를 전송한다. 우리나라 DGPS는 전 국토를 서비스 영역으로 하며, 185 km 서비스 영역을 갖는 해양용 기준국 11개소와 80 km 서비스 영역을 갖는 내륙용 기준국 6개소를 구축·운영 중이다[1]. DGPS는 위성합법 신호를 수신하는 GPS 수신기와 위치 보정 데이터를 생성하는 신호처리 및 신호 발생부 그리고 신호를 전송하는 송신기와 안테나로 구성된다. DGPS 송신 안테나는 중파대역 주파수를 사용하여 DGPS 신호를 전송한다[1-3].

중파대역 신호는 표면파로 전파되며, 전송 매체의 도전율과 유전율에 영향을 받는다. 또한 DGPS 중파대역 신호의 파장은 장파(長波)로서, 전기적 길이가 큰 송신 안테나가 요구된다. 이상적으로는 송신 안테나 길이가 250 m(300 kHz) 정도 확보되어야 하나 물리적인 구축과 운영이 어려우므로, 방사형 접지(radials)를 갖는 일정한 면적에 요구 파장에 비해 매우 짧은 전기적 길이를 갖는 단축형 모노폴 안테나를 구축하고 있다[4]. 따라서, 전기적 길이의 제한으로 낮은 안테나 효율과 안테나 방사저항이 나타나며, 이로 인하여 안테나 사이트의 접지 상태와 주변 환경에 따라 안테나 성능 및 전파전파(傳波) 특성이 다양하게 나타날 수 있다.

본 논문에서는 중파대역 DGPS 안테나 사이트 환경을 고려한 DGPS 안테나 해석 모델링을 통하여 DGPS 신호의 전파 특성을 해석한다. 대지 도전율과 안테나 주변 전파 장애물을 해석 파라미터로 하여 DGPS 안테나를 모델링하고, 안테나 방사 성능과 전기적 특성을 모의 해석한다. DGPS 안테나 성능 모델링 해석을 통하여 DGPS 안테나 사이트 선정 및 방사 성능 향상을 위한 안테나 기술을 분석한다.

## II. DGPS 안테나

우리나라 DGPS는 283.5~325 kHz 대역 주파수를 사용하여 위치 보정 신호를 300~500 W 출력으로, 모노폴 송신 안테나를 통하여 전송된다. DGPS 안테나는 그림 1과 같이 요구 파장에 비해 매우 짧은 전기적 길이( $H < \lambda/10$ )를 갖는 단축형 모노폴 안테나(short

antenna)와 적정수의 접지선(radials)을 갖는 일정 면적의 접지 면(ground plane,  $\rho \geq H$ )에 구축되고 있다[4].

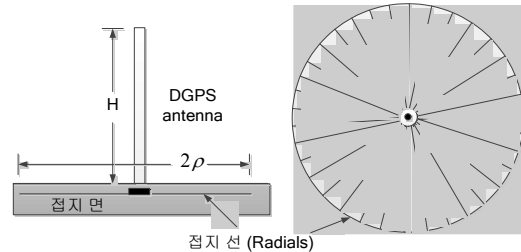


그림 1. DGPS 안테나 설치도

Fig. 1 Installation lay-out of DGPS antenna

단축형 모노폴 안테나 입력 임피던스( $Z_a$ )는 안테나 길이의 단축으로 용량성 임피던스( $-jX_a$ )와 낮은 방사저항( $R_r$ )을 갖는다. 아울러 접지 면의 대지 도전율에 의한 접지 면 손실이 발생하여 식 (1)과 같이 안테나 효율( $\eta$ )이 낮아질 수 있다[5].

$$Z_a = R_a - jX_a, \quad \eta = \frac{P_r}{P_t} = \frac{P_r}{P_r + P_l} = \frac{R_r}{R_r + R_l} \quad (1)$$

$$R_a = R_r + R_l$$

여기서,  $R_a$ 는 안테나 방사저항과 손실을 포함하며, 손실 저항  $R_l$ 은 주로 접지 면 손실이다.

식 (1)의 방사저항과 안테나 효율 향상, 그리고 효율적인 안테나 정합회로를 통하여 정합회로에서 발생하는 손실을 최소화할 필요성이 있다. 따라서 중파대역 DGPS 안테나는 전기적 길이의 연장과 정전용량 증가를 위하여 지선을 갖는 안테나 구조인 정관형 안테나를 사용하고 있다[5].

그림 2는 지선을 갖는 정관형 안테나 구조이다. 지선을 갖는 정관형 모노폴 안테나는 안테나의 전기적 길이의 증가 효과와 용량성 임피던스의 감소로 방사저항과 안테나 대역폭과 효율이 증가된다. 방사저항은 안테나 유효 전기적 길이에 비례하여 증가하나, 안테나 유효 전기적 길이는 지선의 배치 형태에 따라 증가하면서 감소하는 경향이 나타날 수 있다. 그러나, 접지 면의 손실은 안테나 사이트의 대지 도전율에 의존하며, 안테나 효율 향상을 위해서는 양호한 안테나 대지 도전율이 요

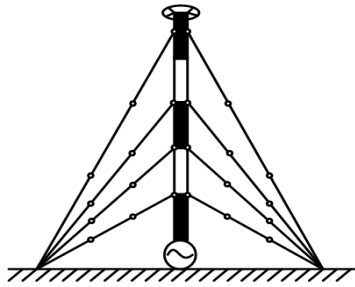


그림 2. 지선을 갖는 정관형 안테나 구조도  
Fig. 2 Configuration of top-loaded antenna

구된다. 또한, 장파 특성을 갖는 DGPS 신호는 등방성 안테나를 통하여 방사되어 표면파로 전파된다. 전파되는 신호는 안테나 주위의 전파 방해물에 의해 반사되거나 회절 및 감쇠되어 등방성 방사 특성과 낮은 입력 임피던스를 갖는 안테나 성능에 영향을 가져온다.

우리나라는 산과 구릉이 많아 대지 도전율이 낮은 지형과 평탄하지 않은 DGPS 안테나 사이트를 갖는 경우가 많다. 따라서 대지 도전율에 의한 손실 증가와 비평탄한 안테나 사이트 주변의 전파 장애물에 의한 DGPS 안테나 성능에 대한 영향 분석이 필요하다.

### III. DGPS 안테나 모델링 및 성능 분석

본 장에서는 중파대역 DGPS 안테나의 대지 도전율과 주변 환경에 의한 안테나 성능을 분석하기 위하여 중파대역 DGPS 안테나를 모델링하고, 전파 장애물인 주변 환경은 일정 고도를 갖는 지형물로 모델링한다. 중파대역의 지선을 갖는 단축형 모노폴 안테나는 기초적인 실험 모델을 통하여 설계되고 있으므로[6], 성능 해석을 위해서는 모의 분석한다.

#### 3.1. 안테나 모델링

DGPS 안테나는 90m 높이를 갖는 모노폴 안테나로 모델링한다. 안테나 접지 면 반경( $\rho$ )은 안테나 높이( $H$ )와 같은 크기를 가지며,  $3^\circ$  간격의 방사성 접지(radials: 120본)를 갖는다. 안테나 모노폴 직경( $d$ )은  $H/d=200$ 이며, 전파 방해물은 우리나라에 설치된 DGPS 기준국을 고려하여 안테나 근처에 위치한 산(도전율  $0.0005 \text{ S/m}^2$ )으로 설정한다. 표 1과 그림 3은 모의 분석을 위한

DGPS 안테나 성능 해석 파라미터와 해석 모델이다.

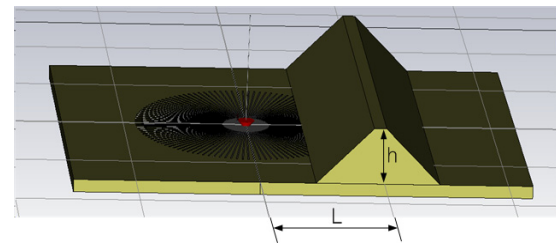
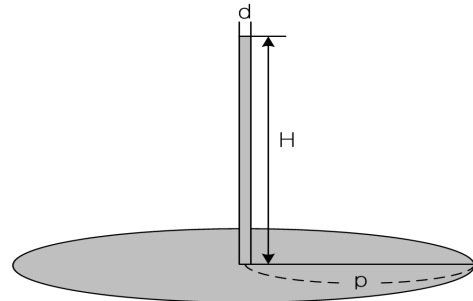


그림 3. DGPS 안테나 해석 모델링 구조도  
Fig. 3 Modeling configuration for DGPS antenna analysis

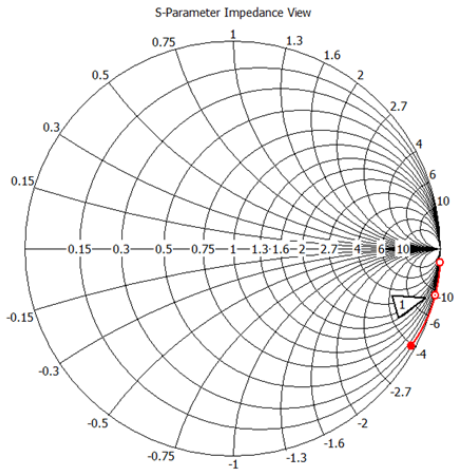
표 1. DGPS 안테나 성능 해석 파라미터

Table. 1 Parameters for DGPS antenna performance analysis

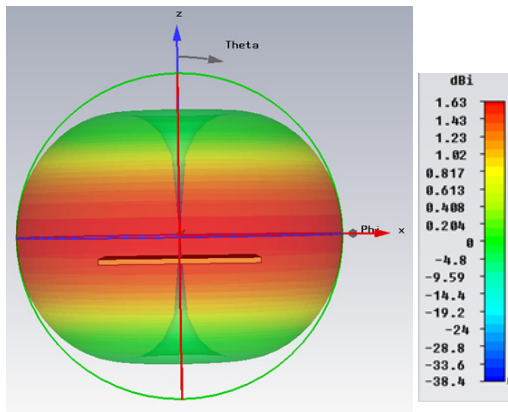
파라미터	값
주파수(kHz)	300 kHz
안테나 높이(m)	90 m
접지 반경	안테나 높이(H)와 같은 크기
안테나 직경	$H/200$
안테나 사이트 도전율 ( $\text{S/m}^2$ )	0.01(일반대지), 0.0005(산악대지)
장애물과의 간격 L (m)	45, 90, 135, 180
장애물 높이 h (m)	45, 90, 135, 180

#### 3.2. 안테나 성능 분석

그림 4는 안테나 접지 면이 완전 도체일 경우, 방사 특성을 나타내며, 표 2는 안테나 접지 면을 고려하여 일반대지( $0.01 \text{ S/m}^2$ )와 산악대지( $0.0005 \text{ S/m}^2$ )인 경우에 대한 방사 효율과 안테나 임피던스를 보여준다. 그림 4로부터 DGPS 신호는 낮은 양각에서 수평 방향으로 전파되고 있음을 알 수 있다.



(a)

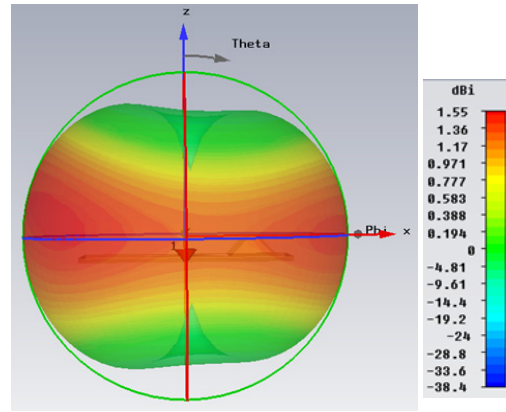


(b)

완전 도체를 접지 면으로 갖는 단축형 모노폴 안테나는 방사저항이 약 3.163 Ω, 그리고 444.663 Ω의 용량성 리액턴스로 이론값에 거의 일치하고 있다. 동작 주파수 300 kHz에서 안테나 정합을 위해서는 약 235.9 μH의 인덕턴스 정합회로가 필요하다.

표 2로부터 안테나 사이트가 일반 대지 도전을 갖는 경우, 안테나 대지 손실로 인하여 방사 효율이 94.36 %, 그리고 산악 대지인 경우에는 약 91.96 %로 낮아짐을 알 수 있다. 아울러, 대지 손실에 의한 안테나 임피던스도 증가한다. 그러나 안테나 사이트의 도전을 변화에 따른 안테나 임피던스 변화가 크게 발생되지 않아 안테나 부정합은 크게 나타나지 않으나, 방사 효율이 낮아져 방사 출력이 낮아지고 있음을 알 수 있다.

그림 5는 안테나 사이트 주변 전파 장애물에 의한 안테나 성능을 보여주고 있다.



(a)

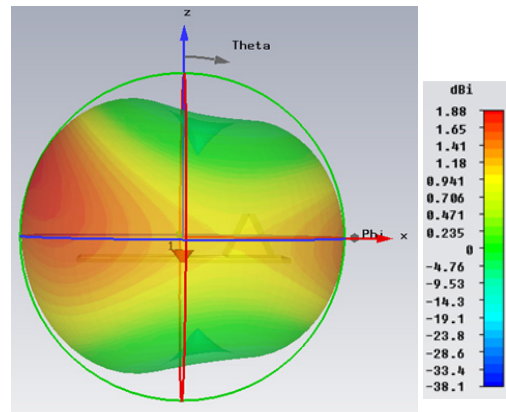
그림 4. 접지 면이 완전 도체인 경우 DGPS 안테나 특성 (a) 임피던스와 (b) 방사 특성

Fig. 4 DGPS antenna characteristics in case of the perfect ground plane (a) impedance and (b) radiation pattern

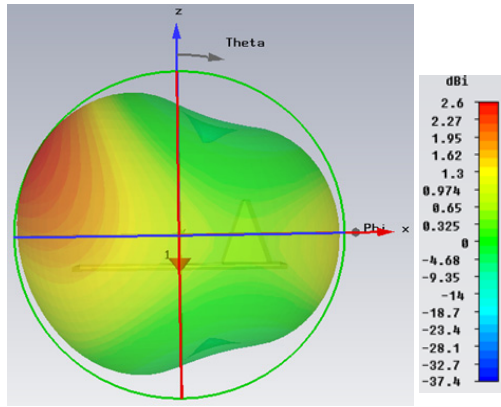
표 2. 접지 면에 따른 DGPS 안테나 성능

Table. 2 DGPS antenna performance due to ground plane

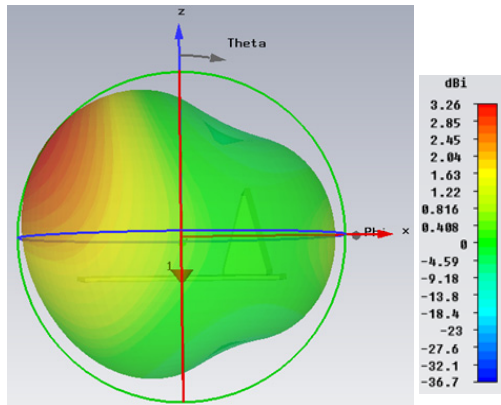
파라미터	값	
	일반 대지	산악 대지
안테나 임피던스 (Ω) (완전 도체)	3.163-j444.663	
안테나 임피던스 (Ω)	3.616-j436.481	3.778-j436.345
방사 효율 (%)	94.36	91.96



(b)



(c)

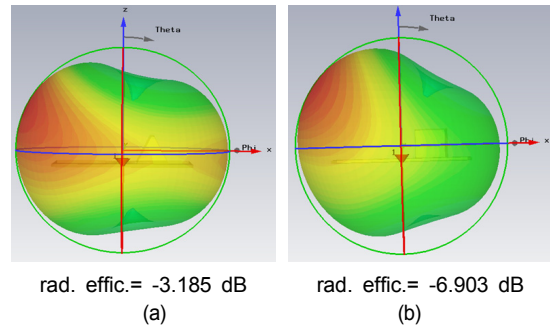


(d)

**그림 5.** 안테나 사이트 주변 전파 장애물에 의한 안테나 성능 (a) L=90m, h=45m (b) L=90m, h=90m (c) L=90m, h=135m (d) L=90m, h=180m  
**Fig. 5** Antenna performance due to the obstacles of radio propagation near to antenna site (a) L=90m, h=45m (b) L=90m, h=90m (c) L=90m, h=135m (d) L=90m, h=180m

그림 5는 안테나로부터 90 m 떨어진 지점에 높이가 45, 90, 135, 그리고 180 m 인 산이 있을 경우, DGPS 안테나의 방사 특성을 나타낸 것으로, 전파 방해물인 산에 의해 전파가 반사되고 있다. 산의 높이가 증가할수록 반사된 전파는 높은 양각으로 전파되면서 지향성(directivity)이 증가하는 방향성을 가지며, 산 반대편으로 진행하는 신호세기가 감소되고 있다. 아울러 전파 반사에 의해 안테나 임피던스가 변화되고, 방사 효율이 낮아지면서 손실 전력이 증가하고 있음을 알 수 있다. 전파 방해물의 전파 입사면의 경사가 다를 경우, 경사

각에 따라 반사 크기가 다르게 발생되고 있다. 그림 6과 같이 경사각이 클 경우, 반사 크기가 증가되어 반대편으로 전파하는 전파 세기가 크게 감소되고 전파되는 양각도 증가하게 된다. 또한 방사 효율이 크게 낮아져서 전파 손실이 증가한다. 표 3은 전파 장애물인 산의 위치에 따른 DGPS 안테나의 성능을 나타내었다.



**그림 6.** 장애물의 경사각에 따른 안테나 성능(L=45m, h= 90m) (a) 경사각 = 45° (b) 경사각 = 90°  
**Fig. 6** Antenna performance due to the gradient of obstacles (L=45m, h= 90m) (a) gradient = 45° (b) gradient = 90°

**표 3.** 장애물 위치에 따른 안테나 성능

**Table. 3** Antenna performance due to the location of obstacles

구분		일반 대지			산악 대지		
L (m)	h (m)	저항 (Ω)	리액턴스 (Ω)	방사 효율 (%)	저항 (Ω)	리액턴스 (Ω)	방사 효율 (%)
-	-	3.62	436.48	94.4	3.78	436.35	92.0
45	45	3.39	436.12	82.9	3.65	436.07	79.3
	90	3.07	435.60	60.1	3.29	435.68	57.4
	135	2.70	433.92	35.4	2.86	434.04	33.9
	180	2.50	431.96	25.0	2.79	432.96	18.6
90	45	3.47	436.88	88.7	3.79	436.71	85.2
	90	3.03	437.44	77.2	3.34	437.33	71.9
	135	2.43	436.68	60.0	2.74	436.60	54.5
	180	2.17	436.42	44.8	2.48	436.35	40.3
135	45	3.48	437.40	90.8	3.69	437.24	88.3
	90	3.08	438.02	83.8	3.30	437.88	80.3
	135	2.57	437.27	72.3	2.77	437.14	68.3
180	180	2.40	436.56	62.5	2.61	436.41	59.3
	45	3.49	437.38	91.6	3.68	437.21	89.5
	90	3.17	437.92	86.9	3.35	437.76	84.2
	135	2.81	437.11	79.0	2.99	436.95	76.2
	180	2.81	435.96	73.3	3.01	435.79	71.1

표 3으로부터 전파 장애물이 안테나 근처에 있을 경우 전력 손실이 발생되어 방사 효율이 낮아지고 있음을 알 수 있다. 안테나 높이와 같은 반경의 접지 면과 3° 간격의 방사 접지(radials)를 갖는 경우, 대지 도전율이 나장애물 위치에 따른 안테나 정합회로의 부정합은 발생되지 않으나, 방사 전력은 감소되어 서비스 영역이 줄어드는 영향이 나타남을 알 수 있다. 80 % 이상의 방사 효율을 갖기 위해서는 안테나 사이트 근처(45 m 정도)에서는 45 m 이하의 낮은 고도를 갖는 완만한 장애물이 존재하여야 한다. 또한, 안테나 사이트로부터 먼 거리(180m 정도)에서는 110 m 정도의 다소 높은 고도를 갖는 장애물이 존재하여도 일정한 방사 효율을 얻을 수 있다. 따라서, 안정된 DGPS 서비스를 위해서는 양호한 안테나 사이트의 대지 도전율외에 주변에 전파 장애물이 없는 평탄한 안테나 사이트가 중요하다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 DGPS 안테나와 안테나 사이트 환경을 모델링을 하여 DGPS 기준국 사이트 환경에 따른 안테나 성능을 분석하였다. DGPS 안테나는 일정한 접지 면에 방사형 접지를 갖는 단축형 모노폴 안테나로 모델링하였으며, 안테나 사이트는 대지 도전율과 전파 장애물을 갖는 환경으로 모델링하였다. DGPS 안테나 성능은 DGPS 안테나 환경 해석 모델링을 통하여 대지 도전율과 전파 장애물에 의한 영향으로 정량적으로 분석되었다. 일정한 접지 면에 적절한 radial 접지를 갖는 DGPS 안테나의 정합은 대지 도전율과 주변 환경에 영향을 적게 받으나, 방사 효율은 큰 영향을 갖는다. 따라서 안정된 DGPS 서비스를 위해서는 양호한 접지 면과 평탄한

안테나 사이트가 중요하다.

#### 감사의 글

이 논문은 2013학년도 군산대학교 대학자체 학술공모과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

#### REFERENCES

- [1] Ministry of Oceans and Fisheries, DGNSS Central Office: <http://www.ndgps.go.kr>
- [2] Young-wan Kim, Service Coverage Enhancement due to Output Power of Korean Land-based DGPS, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 15, no. 10, pp. 209-2064, 2011.
- [3] Young-wan Kim and Seok-keun Ji, Analysis of Radio Interference for Korean NDGPS Reference Station using Medium Frequency Band, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 7, pp. 1344-1349, 2012.
- [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. 1738-0235, 2011.
- [5] Kim Jeong Ki, "Broadcasting Antennas and Wave propagation, Wooshin Press, 1994.
- [6] Devaney T. E. and et al, Low Frequency Top-Loaded Antennas. Research and Development Report, U.S. Navy Electronics Laboratory, San Diego, 22 June 1966.



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