

DGPS 전파 신호의 안정도 측정 및 분석

김영완*

Analysis and signal stability measurement for DGPS radio wave propagation

Young-wan Kim*

IT Convergence and Communication Engineering Major, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

요 약

본 논문에서는 국내 DGPS 기준국 서비스 영역에서의 수신 전력의 안정도를 측정하고 변화율을 분석한다. 동절기와 하절기의 전력 측정과 주야간의 시간적 변화에 대한 DGPS 전파전파 영향을 측정 분석하여 안정된 DGPS 서비스 영역을 확보하기 위한 방안을 살펴본다. 내륙 DGPS 기준국과 해안 DGPS 기준국으로부터 일정 거리를 갖는 동일 지점에서 동절기와 하절기 그리고 낮과 밤의 전파 전파 특성을 일정시간별로 측정한다. DGPS 전파는 대지 도전율에 영향을 받으므로 대지 도전율의 시간적 변화율에 따라 수신되는 전파의 세기는 다르게 나타나며, 서비스 영역의 변화를 가져온다. 안정된 서비스 영역의 운영을 위해서는 적응형 전력 조절과 전리층의 영향을 고려한 안테나 설계가 필요할 수 있다.

ABSTRACT

The stability of DGPS signal in the DGPS service area was measured and the service availability according to the receiving signal strength was analyzed in this paper. Based on the effects of radio wave propagation in the seasons of winter and summer, daytime and night, the method to provide the DGPS service coverage was presented in this paper. The signal's strength of DGPS radio wave were measured at a constant distance from the DGPS reference station during a constant period. The propagation of DGPS radio wave is affected by status of ground conductivity, so the DGPS service area is dependant on the ground conductivity. To provide the stable service coverage, it is necessary to apply the adaptive power control for receiving signal's variations and the antenna design for alleviation of high elevation's radiation.

키워드 : 위성항법보정시스템, 위성항법보정시스템 기준국 위성항법보정신호의 안정도, 위성항법보정 시스템 서비스 영역

Key word : DGPS, DGPS reference station, DGPS signal's stability, DGPS service coverage

Received 12 October 2015, Revised 05 November 2015, Accepted 19 November 2015

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

IT Convergence and Communication Engineering Major, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.2.231>

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

위성항법보정시스템은 위치보정신호를 500 Hz 대역 폭으로 MSK 변조하여 중파대역인 283.5~325 kHz 주파수를 사용하여 전송한다[1]. 위성항법보정 신호를 전송하는 중파대역의 전파는 지표면을 따라 표면파로 전송되며, 대지의 유전율과 도전율에 영향을 받는다. 우리나라는 주로 산악과 암석 등으로 이루어진 평탄하지 않은 지형을 갖고 있으며, 낮은 대지 도전율을 갖는 지형이 대부분이다. 또한 계절의 변화와 낮과 밤의 온도차가 크게 발생할 수 있고, 대지가 수분을 함유하거나 건조한 상태가 되는 경우가 뚜렷이 나타나고 있다. 따라서 대지의 도전율이 시간에 따라 또는 계절에 따라 변화할 수 있는 환경을 갖고 있으며, DGPS(differential GPS) 전파 전파(電波)도 시간과 계절에 따라 신호 강도가 변동될 수 있다. DGPS 신호의 비 안정성은 수신지역의 불안정성과 시간에 따라 수신이 불가능한 음영지역으로 나타날 수 있다[2].

본 논문에서는 우리나라의 DGPS 전파의 안정도를 측정하고, 시간 및 온도 변화에 따른 수신 강도 변화 정도를 분석하여 안정한 서비스 영역을 확보하고자 한다. 내륙 기준국과 해안 기준국 중 대표적인 기준국을 선정하여 동절기와 하절기의 전계 강도의 안정성을 측정 분석한다. 아울러, 시간 및 온도차에 의한 영향을 분석하기 위하여 기준국으로부터 일정 거리를 갖는 동일 지점에서 낮과 밤의 전파 전파 특성을 측정하여 분석한다. 분석된 DGPS 전파 신호의 불안정으로 나타날 수 있는 수신 지역의 변동폭을 줄여 안정된 서비스 영역을 제공할 수 있는 운영 방안을 모색한다.

II. 중파대역 DGPS 신호 전파

중파대역 전파는 그림 1의 전리층 반사파 중 E층 반사파와 그림 2의 지표면을 따라 전파되는 표면파에 의하여 전송된다. 주간 수신전계는 표면파에 의한 것이 대부분이며, 표면파의 전파는 주파수가 낮을수록 감쇠가 적어진다. 전리층에 의한 전파는 E층 반사파로 전파되기 때문에 주간에는 D층에 의해서 심한 제1종 감쇠를 받아 전리층 반사파는 존재하지 않는다. 야간에는 D층이 소멸되고 E층의 전자밀도가 저하되므로 전파의 흡

수가 적어져 수신전계가 커지고 원거리까지 전파한다. 제 2종 감쇠는 매우 작으며 야간에는 지표파와 E층 반사파의 간섭으로 원거리 페이딩이 발생될 수 있다. 여름보다는 겨울철에 야간수신이 잘되며 일몰시에는 전리층파가 나타나기 시작하므로 표면파와의 간섭에 의한 근거리 페이딩 및 선택성 페이딩이 강하게 나타나고, 또한 전리층파간의 간섭에 의한 원거리 페이딩이 나타나기도 한다[3].

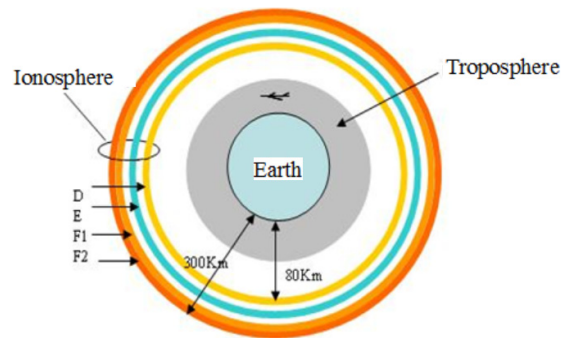


Fig. 1 Ionosphere structure.

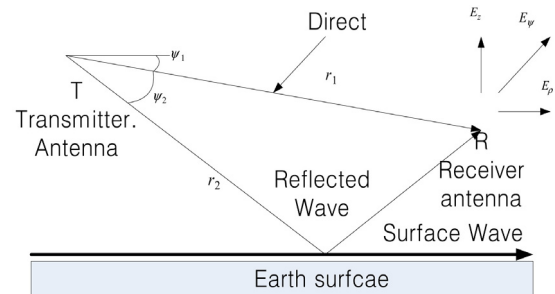


Fig. 2 MF Radio wave propagation.

그림 2와 같이 송신 안테나 T가 도전된 표면위에 있을 때, 거리 r 떨어진 수신 안테나 R에 인가되는 중파대역의 전압 V 는 직접파와 지면반사파, 그리고 표면파의 벡터 합으로 표현된다[4].

$$V = QI \left\{ Q_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + Q_2 \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} + S \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \quad (1)$$

여기서, I는 송신 안테나에 흐르는 전류이며, Q1과 Q2는 각각 송·수신 안테나의 폴라다이어그램이다. Q는 상수이며, S는 표면의 전기적 성질, 파의 편파, 주파수, 송수신단의 위치에 따라 달라지는 양이다.

식 (1)의 표면파는 HF와 더 낮은 주파수 대역에서 전파에 가장 큰 영향을 미친다. 송수신점 T와 R이 지면에 가까울 경우, 직접파와 지면반사파가 서로 상쇄되므로 표면파만이 전파에 영향을 미친다. 따라서 대지의 도전율이 중요한 상수로 작용하며, 수평편파는 대지에 의해 심한 감쇄현상을 가지므로, 표면파를 이용한 통신에서는 수직 편파를 사용한다. 식 (1)로부터 중파 대역의 수직편파의 전계세기는 다음과 같이 표현할 수 있다[5].

$$|E_z| = \frac{300}{r} \sqrt{P} |A| \quad (2)$$

여기서 P(kW)는 방사된 전력이며, r(km)은 경로의 거리, 그리고 Ez (mV/m)는 전계 강도이다. 또한 A는 감쇄요소이며, 상수 300은 단형 모노폴 안테나를 가정하였을 경우, 1kW 방사시 1 km 거리에서 수신되는 전계 강도의 세기에 의해 결정된 값이다. 감쇄요소 A는 주파수(f)와 송수신단 거리(r), 그리고 대지 도전율(σ)과 유전율(ϵ)에 의해 구할 수 있으며, 대지의 도전율이 크게 영향을 미친다. 우리나라의 대지 도전율은 그림 3과 같이 낮은 도전율을 갖는 지역이 대부분이다[6].

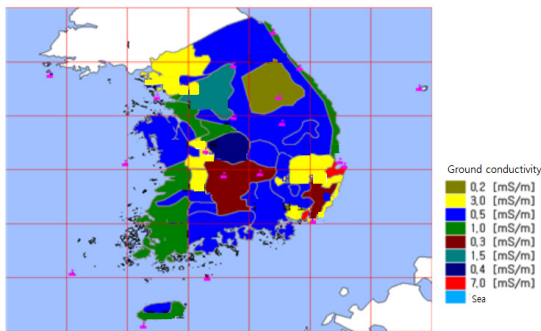


Fig. 3 Ground conductivity of korea's terrain.

따라서, 중파대역 전파는 대지의 도전율과 변화에 따른 전파 전파(電波) 영향을 받아 수신 전계의 불안정성이 나타날 수 있다.

III. DGPS 신호 정적 측정 및 분석

3.1. DGPS 신호 정적 측정

DGPS 신호의 수신 안정도를 측정하기 위하여 기준국으로부터 일정한 거리에 해당되는 지역에서의 DGPS 전파 신호의 안정성 및 변화율을 측정하고 분석한다. 우리나라 NDGPS 내륙 기준국과 해안 기준국 중 대표적인 기준국을 설정하고, 해당 기준국을 중심으로 일정한 거리(근거리, 장거리)별로 NDGPS 전파를 측정하고 수신 평가한다. 즉, 차량을 이동하는 형태가 아닌, 정적(定的) 기준점을 설정하여 측정 지역에서의 DGPS 신호의 안정성 및 변화율을 측정하여 분석한다. 아울러, 넓은 시야가 확보된 곳에서 DGPS 기준국의 전파를 일정 시간 동안 주야간에 동일지점에서 측정 하며, 환경 및 계절적 변화에 의한 전파특성의 변화를 고려하여 계절적 변화가 뚜렷한 동/하절기로 구분하여 동일 측정 지점에 대해서 측정한다.

3.2. DGPS 안정도 분석

내륙 DGPS 기준국은 춘천 기준국, 해안 기준국은 마라도 기준국을 중심으로 측정하고 분석하였다. 내륙 기준국과 해안 기준국의 측정 거리는 서비스 영역을 고려하여 근거리와 장거리 지점인 10 km, 70 km 지점에서 측정하였으며, 측정 데이터는 60분간 측정하여 분석하였다. 아울러, 계절별 영향과 시간별 영향을 분석하기 위하여 계절별 영향이 뚜렷한 동절기와 하절기 그리고, 주간과 야간에 동일지점에서 DGPS 수신 전력, 신호대 잡음비, 그리고 Age of Differential 을 분석하여 신호의 안정도와 변화율을 나타내었다.

측정 분석 결과는 그림 4와 그림 5와 같이 시간별(sec, 수평축)에 따른 수신 신호의 세기 (Signal Strength : $dB_{\mu V}/m$, 흑색 표시)와 신호대 잡음비(SNR: dB, 적색 표시), Age of Differential (sec, 청색 표시)를 수직축에 표시하였다.

그림 4는 춘천 기준국을 중심으로 거리별(10 km, 70 km), 계절별(동절기, 하절기), 그리고 시간별(주간, 야간) DGPS 전파 신호의 안정도와 변화율을 나타내고 있다.

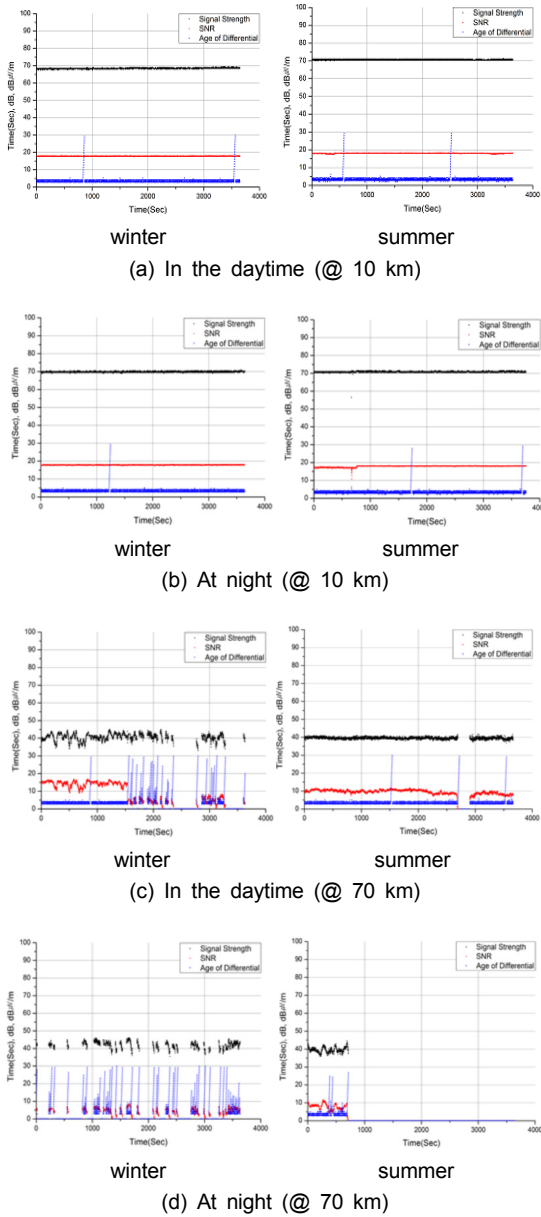


Fig. 4 Signal strength's stability from Chunchen DGPS station according to season, daytime and night, and distance.

그림 4로부터 기준국별 거리별 전파수신은 내륙 기준국인 춘천의 경우 동절기보다는 하절기에 그리고 밤보다는 낮에 더 안정적으로 전파가 전송되고 있음을 알 수 있었다. 중거리 이상의 거리에서는 일몰시에 급격한

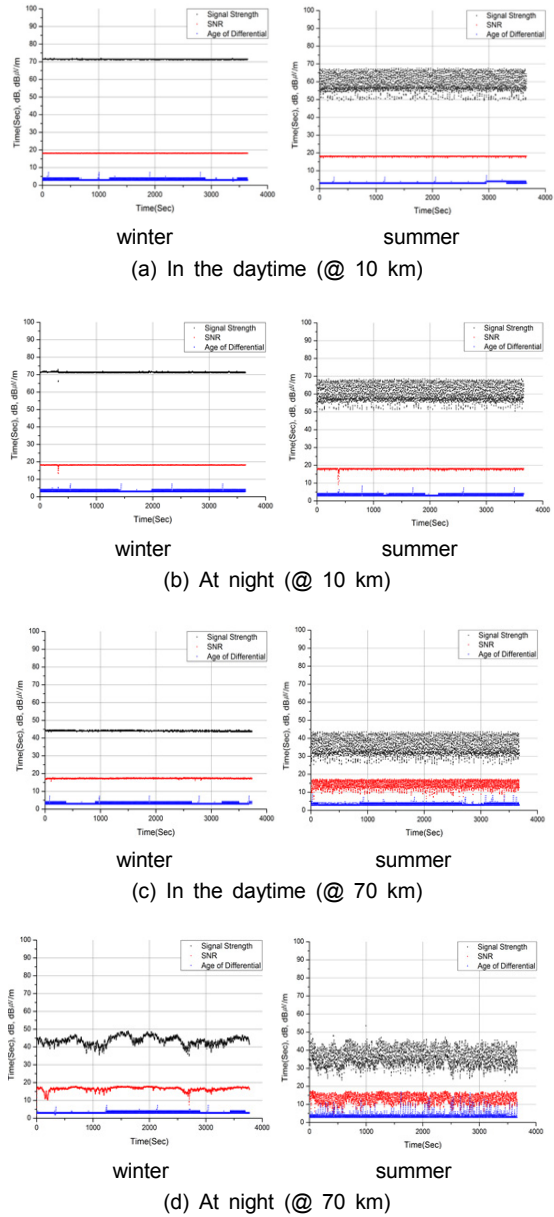


Fig. 5 Signal strength's stability from Mara-do DGPS station according to season, daytime and night, and distance.

변화가 있었으며, 장거리 기선 측정에서는 일몰 후에 DGPS 신호가 수신되지 않는 경우가 발생되었다. 이는 춘천 기준국의 DGPS 전달 범위가 다른 내륙 기준국에 비해서 현저히 적을 뿐만 아니라, 기선 거리가 멀어질

수록 전파수신이 어렵고, 중파의 특성상 일몰 전후의 변화폭이 발생하고 있음을 알 수 있었다.

그림 5는 해안 기준국인 마라도 기준국을 중심으로 거리별(10 km, 70 km), 계절별(동절기, 하절기), 그리고 시간별(주간, 야간) DGPS 전파 신호의 안정도와 변화율을 나타내고 있다. 마라도 해안 기준국인 그림 5로부터 내륙 기준국과는 다르게 하절기보다 동절기에 더 안정적으로 수신이 가능하였으며, 밤보다는 낮에 안정적인 전파 수신이 가능함을 알 수 있었다. 제주도 서비스 영역내에서 측정된 전파 수신은 거리와 시간에 관계없이 전계강도와 SNR이 불안정한 모습을 보여주고 있으나, 이는 하절기 측정 당시 일기 변화로 인한 대기매질 특성변화에 의한 영향이 나타나고 있음을 알 수 있었다.

일반적으로 기존의 중파 전파 모델은 단지 송·수신 단 경로 사이의 장애물에 대한 영향은 고려하지 않고, 지표의 도전율과 유전율의 변화에 의해서만 변화한다. 이는 산악지형이 파장에 비해 매우 작기 때문이다. 하지만 파장이 산악지형보다 크다고 할지라도 전파가 전달함에 있어서 산악지형은 전파에 적지 않은 영향을 미친다. 또한 일출, 일몰시도 상당한 영향이 나타나고 있다. 아울러, 서비스 가장자리 영역에서는 표면파와 야간에 나타나는 전리층에 의한 전파와의 상호 간섭에 의해 수신이 어렵게 되는 현상이 나타날 수 있음을 알 수 있다.

IV. DGPS의 서비스 안정화를 위한 방안

전파전파 특성 측정 결과에 따라 시간별 DGPS 신호의 균형되고 안정적인 전파 수신을 위해서는 대기 도전율에 의한 영향을 보상하기 위한 송신 전력의 적응형 운영과 전리층에 의한 영향을 줄여줄 수 있는 높은 각에서 방사되는 전력을 줄일 수 있는 안테나 설계가 필요함을 알 수 있다.

측정 결과 시간별 계절별 전계 강도의 변화는 일기 변화로 인한 대기매질 특성변화에 의한 영향이외에는 2~3 dB 이내의 변화를 나타내고 있으므로, DGPS 출력의 변화폭을 2~3 dB 가변 할 수 있는 출력 용량을 갖는 기준국 운영이 필요할 수 있다. 아울러, 전리층에 의한 장거리 지점에서의 페이딩 현상을 줄이기 위하여 안테나로부터의 고각도 방사 성분을 억제할 수 있는 안테나

구조가 필요하다. 그림 6은 일반적으로 DGPS 안테나로 사용되는 모노폴 안테나의 안테나 길이에 대한 수직 지향성을 나타낸 것으로, 안테나 길이가 0.53λ 일 경우, 고각도 방사가 적고 안테나 이득을 비교적 높게 얻을 수 있는 특성을 보여주고 있다[3].

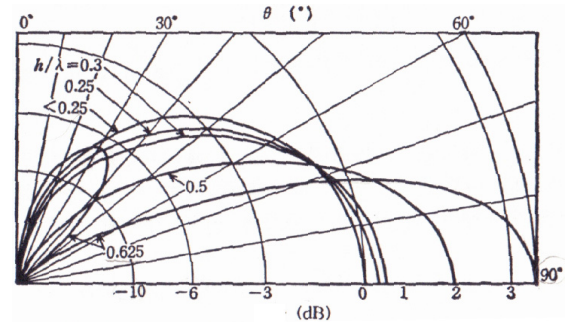


Fig. 6 Vertical directional characteristics according to the height of the monopole antenna.

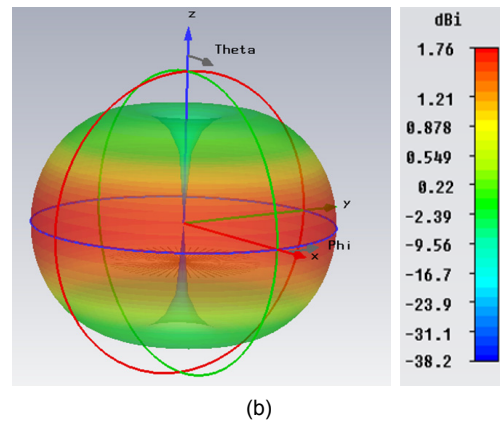
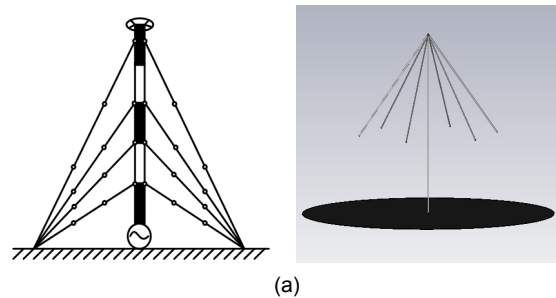


Fig. 7 Structure of TLA antenna and radiation characteristics. (a) TLA Antenna and Modeling for simulation (b) Radiation characteristics of TLA antenna.

그러나, DGPS 안테나는 MF 대역을 사용하므로 0.53 λ 길이를 만족하는 모노폴 안테나를 물리적으로 사용할 수 없다. 따라서 영상효과와 정관에 의한 정부 부하 용량을 갖도록 하여 안테나 높이를 연장하는 효과를 갖는 단축형 TLA(Top-loaded Antenna) 안테나를 사용할 수 있다. 그림 7은 양호한 대지면을 갖는 단축형 TLA 안테나 구조와 안테나의 방사 특성을 보여준다. 안테나 방사 특성으로부터 고각도의 방사 특성을 경감할 수 있음을 알 수 있으며, TLA 안테나의 지선을 증가함으로써 정부 부하 용량이 증가하여 고각도의 방사 특성을 경감할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 국내 내륙 DGPS 기준국과 해안 DGPS 기준국 신호를 측정하여 수신 안정도와 변화율을 분석하였다. DGPS 기준국으로부터 일정거리에서 동절기와 하절기, 그리고 주야간에 측정하여 계절과 시간의 영향을 분석하여 DGPS 기준국의 균형있고 안정된 서비스 영역 확보를 위한 방안을 모색하고자 하였다. 전파 측정 분석결과, 계절 및 주야간의 대지 도전율에 따른 영향 그리고 전리층에 의한 영향이 나타나고 있음을 알 수 있었다. 따라서 시간별 계절별 대지도전율 변

화에 따른 전력의 불균형과 장거리 지점에서의 페이딩 영향을 줄여 줄 수 있는 2~3 dB의 전력 가변성을 갖는 적응형 전력 운영과 고각도 방사 특성을 경감할 수 있는 지선식 안테나 구조를 갖는 TLA 안테나 설계 및 운영이 필요할 수 있다.

REFERENCES

- [1] National Maritime PNT Office, <http://www.ndgps.go.kr>
- [2] N.DeMinco, "Ground-wave analysis model for MR broadcasting systems," NTIA Report 86-203, 1986.
- [3] Jeong Ki, Kim, "Broadcasting Antenna and Radio Propagation. WooSin Press, 1994.
- [4] Young wan Kim, "Service Coverage Enhancement due to Output Power of Korean Land-based DGPS," *Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 15, no. 10, pp. 2059-2064, 2011.
- [5] Ronglong Li, "The accuracy of Norton's empirical approximations for groundwave attenuation," *IEEE Trans. on AP.*, vol. 31, no. 4, pp.624-628, 1983.
- [6] Young wan Kim, "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.



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 IT정보제어공학부 교수
 *관심분야 : RF/Microwave 시스템 및 회로설계, 디지털 위성방송/통신시스템, 마이크로파 소자