

통합 공공망과 5G 주파수 이중대역 커버용 단일 급전 안테나 개발

Development of Single Feed Antenna for Integrated Public Network and 5G Network Frequency Dual-band Cover

홍지훈* · 최윤선** · 우종명***

* 주저자 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정

** 공저자 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 박사과정

*** 교신저자 : 충남대학교 전자정보통신공학과 교수

Ji-Hun Hong* · Yoon-Seon Choi* · Jong-Myung Woo*

* Dept. of Radio wave & Communication Eng. Univ. of Chungnam

† Corresponding author : Jong Myung Woo, jmwoo@cnu.ac.kr

Vol.18 No.6(2019)

December, 2019

pp.233~240

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2019.18.6.233>

2019.18.6.233

요약

본 논문에서는 최근 5G 통신기술의 발전으로 인해 LTE와 5G 대역을 모두 커버할 수 있는 안테나가 필요로 하고 있으며, 각 대역에서 공진 주파수 대비 10%이상의 대역폭을 만족하기 위해 통합공공망(LTE)과 5G 주파수 이중대역 커버용 단일 급전 안테나를 설계, 제작하였다. 기본형 다이폴 안테나의 방사소자를 평면형 구조를 채택하였으며, 설계된 안테나는 700 MHz 안테나의 경우 동축케이블 급전 및 balun을 형성시켜 설계되었으며, 3.5GHz의 경우는 700 MHz 방사소자 급전부로부터 각각 수직 연장 후 'ㄷ'자 모양으로 접은 형태로 balun이 필요 없고 700 MHz 대역의 방사소자가 3.5 GHz 대역 방사소자의 반사판 역할을 하도록 설계하였다. 이로써, 700MHz 대역 -10 dB 대역폭 104 MHz(14.8%)과 3.5GHz 대역 -10 dB 대역폭 660 MHz(18.8%)을 나타내었고, 방사패턴 특성으로 700 MHz대역에서는 이득 8.46 dBi, 빔폭 E-plane 55°, H-plane 81°와 3.5 GHz 대역에서는 이득 6.14 dBi, 빔폭 E-plane 79°, H-plane 49°를 각각 얻었다.

핵심어 : 통합공공망, 5G, 이중대역, 단일 급전 안테나

ABSTRACT

In this paper, due to the development of 5G communication technology, an antenna capable of covering both LTE and 5G bands is currently needed. In addition, we designed and manufactured a single feed antenna for the integrated public network (LTE) and 5G frequency dual band cover to satisfy the frequency bandwidth of more than 10% in each band. The antenna designed by adopting the dipole of the basic dipole antenna in a planar structure is a form in which the radiating element is vertically extended at all of the 700 MHz antennas and folded into a 'ㄷ' shape. In addition, the radiating element of the 700MHz band serves as a reflector of the 3.5GHz band radiating element. As a result, the 700 MHz band -10 dB bandwidth 104 MHz(14.8%) and 3.5 GHz band -10 dB bandwidth 660 MHz(18.8%) were obtained and the radiation pattern characteristic resulted in gains of 8.46 dBi, beam width E-plane 55°, H-plane 81° and 3.5 GHz bands 6.14 dBi, beamwidth E-plane 79°, H-Plane 49°.

Key words : Integrated public network, 5G network, Dual-band, Single feed antenna

Received 25 September 2019

Revised 24 October 2019

Accepted 26 November 2019

© 2019. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

I. 서론

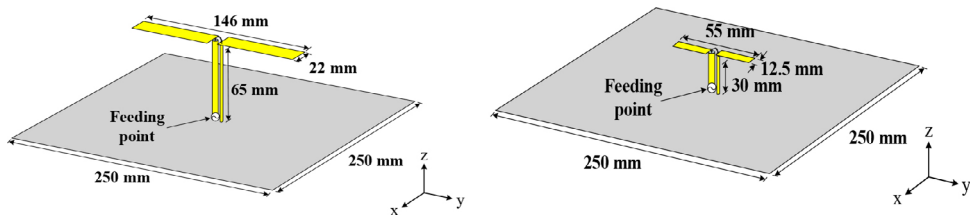
국내 통신 3사에서는 2018년 말 세계 최초로 5G 무선통신 기술 서비스를 개시하였다. 5G 초고속 무선통신 기술은 기존의 LTE 무선통신 기술보다 수십 배 빠른 데이터 전송속도와 지연시간, 고속 이동성을 갖는 장점을 가진다(Ko and Bang, 2014). 그러나 5G는 현재 각종 통신환경에 검증되지 않았고, 초고속 무선 통신을 장애 없이 사용하기 위해서는 최적화 작업이 필요하다. 그에 반해 기존의 LTE는 현재까지 각종 통신환경에 최적화되었으며, 이를 기반으로 하여 통합공공망주파수 700MHz를 공동 사용하는 공공망(재난안전통신망, 초고속 해상무선통신망 및 철도통합무선망 등)에 활용되고 있다. 하지만, 3rd Generation Partnership Project(3GPP)에서는 다양한 시나리오를 다루고 있어 국내의 통합공공망주파수 700MHz를 공동 사용하는 다수의 공공망 운용기관 간 통일된 연동 기술방식이 정해지지 않은 상황으로 향후 구축 및 운용 시 혼란을 초래할 수 있다(TTAS, 2018). 철도통합무선망(LTE-R)은 2027년까지 일반·고속철도의 모든 노선에 구축하는 것을 목표로 하고 있으며(Pyo, 2019) 이와 같은 문제들을 해결하기 위한 방법으로는 통합 공공망 주파수 대역용과 5G 대역을 각각 다른 모듈로 사용하는 방식과 단일 시스템으로 사용하는 방식이 있다. 여기서 통합공공망 주파수 통신 시스템 모듈과 5G 대역 통신 시스템 모듈 각각을 사용하는 경우는 통신 시스템 모듈과 안테나가 각각 필요하기 때문에 경제적, 공간적 손실이 크다. 이러한 단점을 해결하기 위해 LTE와 5G 무선통신 기술을 융합하여 각종 통신환경에 적합한 기술과 이들을 단일 시스템으로 동작시킬 수 있는 방식의 모듈과 안테나가 필요하다.

단일 시스템에서 요구되는 안테나는 단일 급전 방식의 이중대역을 갖는 안테나가 적합하며, 이러한 구조의 안테나로서는 흔히 쓰는 마이크로스트립 패치 안테나가 대표적이다(Mehdi et al., 2011). 이와 같은 안테나는 각각의 공진 주파수 대역(통합 공공망 : 700~770MHz로 10% 대역폭 이상, 5G : 3.42~3.7GHz대역 10% 대역폭 이상)에 대해 10% 이상의 요구 대역폭을 만족시키지 못하기 때문에 통합공공망과 5G 무선통신망용 이중대역 단일급전 안테나로써 부적합하다. 만일, 이와 같은 시스템에는 다이폴 안테나를 채택할 경우 방사소자 직경에 따라 안테나 공진 주파수 및 대역폭을 변화시킬 수 있다(Balanis, 2005; Seo and Woo, 2002). 따라서 통합공공망과 5G 무선통신망의 이중대역을 동시에 커버하는 단일 급전의 다이폴 안테나를 사용하는 것이 바람직하다.

이에 본 논문에서는 5G 무선통신망 주파수 대역을 최적화함과 동시에 최적화된 통합 공공망(LTE)과의 무선 통신 기술을 융합하기 위한 단일 모듈 시스템에서 요구되는 대역폭을 커버할 수 있는 단일 급전 이중 대역 커버용 단일 급전 구조의 안테나를 설계함을 목적으로 하였다.

II. 본론

1. 광대역 다이폴 안테나

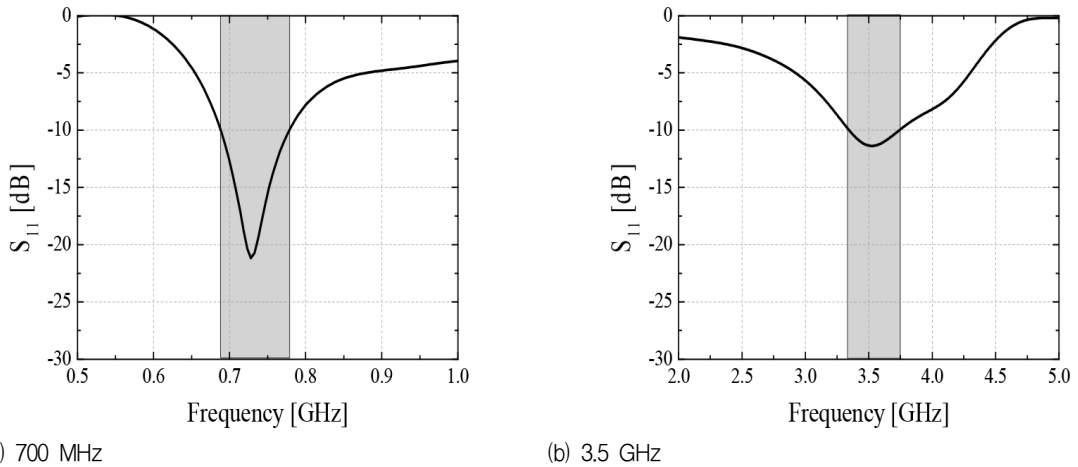


(a) 700 MHz

(b) 3.5 GHz

<Fig. 1> Wideband dipole antenna

<Fig. 1>에는 일반적 다이폴 안테나의 방사소자를 도체봉 구조로부터 평판 도체 구조로 변환시켜 요구 대역폭을 만족시키도록 설계한 평판형 다이폴 안테나의 구조와 크기를 나타내었다. 반사판의 크기는 동일한 250 mm × 250 mm × 1mm로 동일한 조건으로 설계하였고, <Fig. 1(a)>의 700 MHz 대역에서 공진하는 안테나의 크기는 146 mm(0.34λ) × 22 mm(0.05λ) × 65 mm(0.15λ)이며, <Fig. 1(b)>의 3.5 GHz 대역에서 공진하는 안테나의 방사소자 크기는 55 mm(0.63λ) × 12.5 mm(0.25λ) × 30 mm(0.35λ)이다. 여기서 방사소자를 평면 도체판으로 채택한 이유는, 일반적으로 기본형 다이폴 안테나는 5 ~ 8%의 대역폭을 갖기 때문에 대역폭 확대를 위해 방사소자 폭을 쉽게 가변 가능하고, 경량으로 제작 가능하며, 특히 단일 700 MHz 안테나가 3.5 GHz 안테나에 대한 반사판 역할을 효과적으로 할 수 있는 평면형 구조로 채택하였다. 이와 같은 치수의 평면형 구조 방사소자를 갖는 다이폴 안테나는 공진 주파수의 10% 이상의 대역폭 확보가 가능하다.



<Fig. 2> S_{11} characteristic of plate element dipole antenna(Simulation)

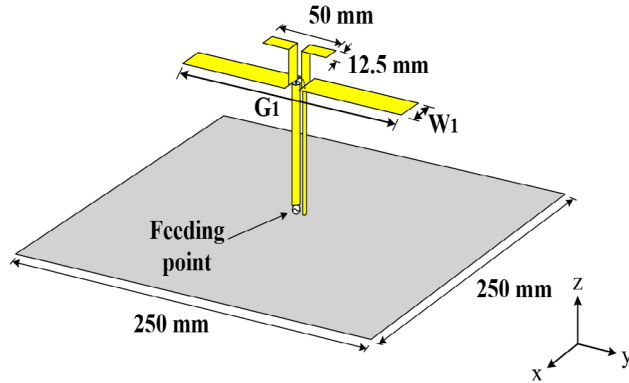
<Fig. 2>에는 700MHz, 3.5GHz대역의 다이폴 안테나의 반사손실 특성을 나타내었다. 700 MHz 대역에서의 -10 dB 대역폭은 90 MHz(12.8%)를, 3.5 GHz 대역에서의 -10 dB 대역폭은 403 MHz(11.5%)를 확보하였다. 이와 같이 방사소자의 폭을 크게 한 다이폴 안테나의 대역폭이 넓어짐을 확인할 수 있으며(Balanis, 2005; Seo and Woo, 2002), 이를 통해 10% 이상의 대역폭을 갖는 단일급전 안테나의 기본형으로서 유효성을 확인하였다.

2. 이중대역 단일 급전 안테나

앞 절의 각각 단일한 평면형 다이폴 안테나의 구조를 변형하여 700 MHz대역의 안테나가 3.5 GHz 대역의 안테나의 반사판 역할을 하도록 설계한 이중대역 커버용 단일 급전 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 <Fig. 3>에 나타낸 바와 같이 방사소자를 700 MHz 안테나의 급전부에서 수직 연장 후 ‘ㄷ’자 모양으로 접은 형태로 설계하였다. 따라서 도체판의 넓이를 변화시켜 각 대역의 요구 대역폭을 만족시키고, 3.5 GHz에서의 별도 급전과 balun이 없이 700 MHz 급전과 동일하게 하였다. 또한, 평행 두 전송선로의 간격 및 폭으로 임피던스를 매칭시켰으며 700 MHz 방사체로부터의 높이 조절로 전방지향성 방사패턴을 조절하였다.

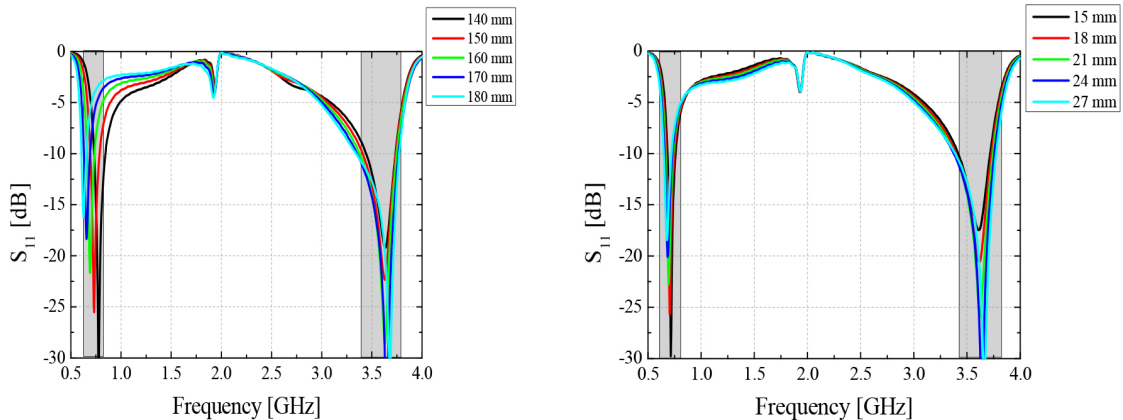
따라서 제안된 안테나는 각각 대역을 만족하는 안테나들이 상호 작용을 하므로 각 방사소자의 변수(700 MHz 대역 방사소자의 길이와 폭, 3.5 GHz 대역 방사소자의 길이와 폭)에 따른 안테나의 특성변화와 반사판 크기에 따른 안테나의 특성 변화를 확인할 필요가 있다.

1) 700 MHz 대역 방사소자의 변수에 따른 특성 변화



<Fig. 3> Structure of dual band antenna

<Fig. 3>에는 제안된 안테나의 700MHz 대역에서의 방사소자 변화에 따른 안테나 특성을 확인하기 위해 안테나의 길이(G_1)와 폭(W_1)을 변수로 설정하였다.



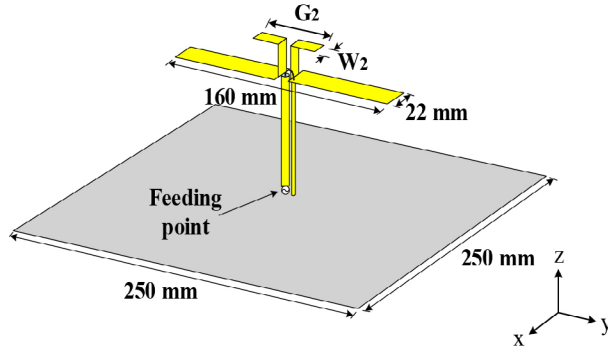
(a) Parameter G_1

(b) Parameter W_1

<Fig. 4> S_{11} characteristic of 700 MHz band radiation element parameter(Simulation)

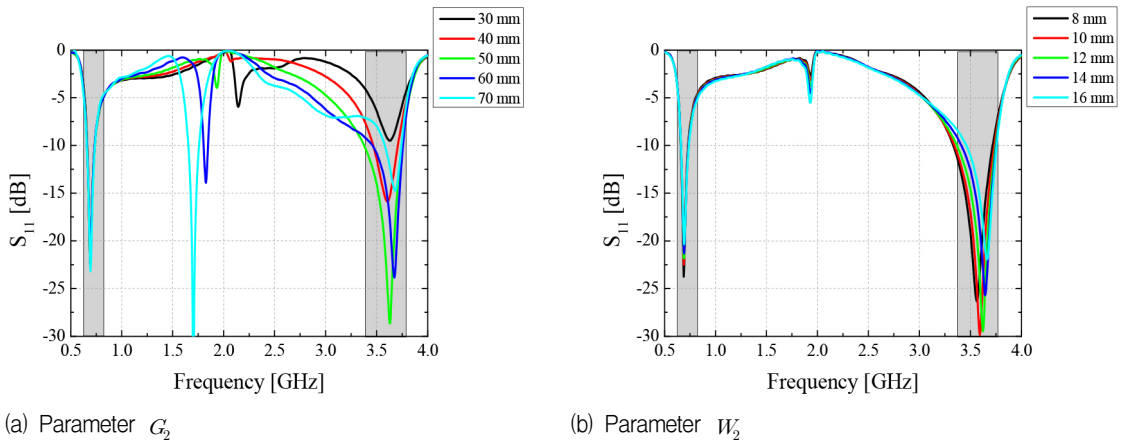
<Fig. 4>에는 제안된 안테나의 700 MHz 대역에서의 방사소자 변수 G_1 과 W_1 에 따른 특성변화를 나타내었다. 우선 <Fig. 4(a)>에는 방사소자의 길이 G_1 을 조절하였으며, <Fig. 4(b)>에는 방사소자의 폭 W_1 을 조절하여 제안된 안테나의 S_{11} 특성 변화를 나타내었다. 이때, 3.5 GHz 대역의 방사소자의 길이는 50 mm, 폭은 12.5 mm로 설정하였다. 변수 G_1 의 길이가 길어짐에 따라 700 MHz 대역의 공진주파수가 하강하며, 3.5GHz 대역은 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 또한, 변수 W_1 의 폭이 넓어짐에 따라 700 MHz 대역에서의 대역폭이 넓어지는 경향이 있으며 3.5 GHz 대역은 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 이를 통해 낮은 주파수인 700 MHz 대역의 공진주파수와 대역폭을 조절하고자 한다면 방사소자의 길이와 폭을 조절하여 원하는 공진주파수와 대역폭을 만족시킬 수 있으며, 700 MHz 대역의 방사소자 길이와 폭의 변화에 따른 3.5 GHz 대역의 공진주파수와 대역폭에 영향은 독립적이라 할 수 있다.

2) 3.5 GHz 대역 방사소자의 변수에 따른 특성 변화



<Fig. 5> Structure of dual band antenna

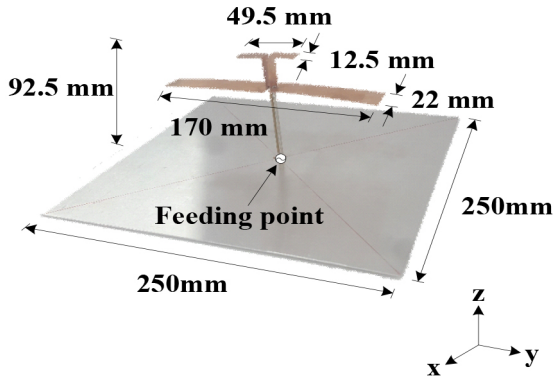
<Fig. 5>에는 제안된 안테나의 3.5 GHz 대역에서의 방사소자 변화에 따른 안테나 특성을 확인하기 위해 안테나의 길이(G_2)와 폭(W_2)을 변수로 설정하여 나타내었다.



<Fig. 6> S_{11} characteristic of 3.5 GHz band radiation element(Simulation)

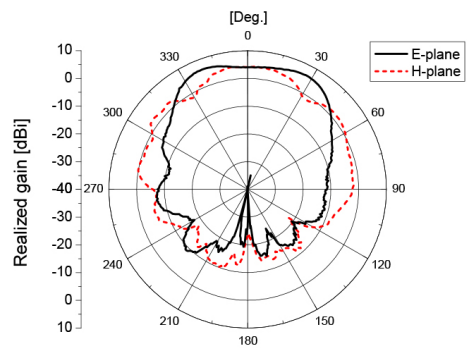
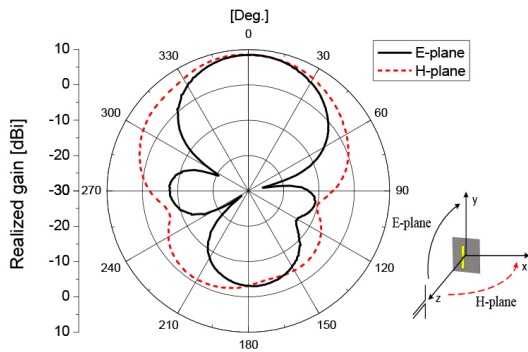
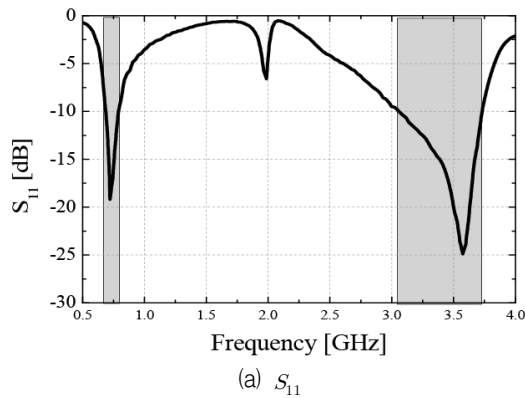
<Fig. 6>에는 제안된 안테나의 3.5 GHz 대역에서의 방사소자 변수 G_2 과 W_2 에 따른 특성변화를 나타내었다. 우선 <Fig. 6(a)>에는 방사소자의 길이 G_2 를 조절하였으며, <Fig. 6(b)>에는 방사소자의 폭 W_2 를 조절하여 제안된 안테나의 특성 변화를 나타내었다. 이때, 700 MHz 대역의 방사소자의 길이는 160 mm, 폭은 22 mm로 설정하였다. 변수 G_2 의 길이의 변화에 따라 3.5 GHz 대역에서의 주파수 이동 및 임피던스 매칭이 변화함을 알 수 있다. 또한, 변수 G_2 의 길이가 길어짐에 따라 700 MHz 대역 방사소자의 반사판 역할이 약해져 고조파가 발생함을 알 수 있다. 그러나 변수 W_2 따라 3.5 GHz 대역에서의 대역폭이 변화하나 700 MHz 대역은 변화가 없음을 알 수 있다. 이를 통해 3.5 GHz 대역의 방사소자는 아래의 700 MHz 대역의 방사소자의 길이와 폭의 영향을 받아 700 MHz 대역의 방사소자가 3.5 GHz 대역 방사소자의 반사판 역할을 하고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 3.5 GHz 대역 방사소자의 크기에 비해 700 MHz 대역 방사소자는 무급전 소자로 존재하며, 3.5 GHz 대역 방사소자보다 크게 되어 반사판 역할을 하게 되는 것이다.

3) 통합공공망과 5G 주파수 이중대역 커버용 단일급전 안테나의 제작 및 측정



<Fig. 7> Product of proposed antenna

<Fig. 7>에는 제안된 통합공공망과 5G 주파수 이중대역 커버용 단일 급전 안테나를 제작하여 나타내었다. 제안된 안테나는 700 MHz 대역과 3.5 GHz 대역의 방사소자들의 변수를 통한 데이터를 토대로 설계 제작되었으며, 250 mm × 250 mm × 1mm의 반사판 크기와 170 mm(G) × 22 mm(W) × 92.5 mm의 안테나 전체 크기로 제작되었다.



<Fig. 8> Characteristics of proposed antenna(Measurement)

<Fig. 8>에는 제안된 통합 공공망과 5G 주파수 이중대역 커버용 단일급전 안테나의 특성을 나타내었다. 먼저 <Fig. 8(a)>에는 S_{11} 특성으로, 700MHz 대역 -10 dB 대역폭 104 MHz(14.8%)과 3.5GHz 대역 -10 dB 대역폭 660 MHz(18.8%)을 나타내었고, <Fig. 8(b), (c)>에는 방사패턴 특성으로 700 MHz대역에서는 이득 8.46 dBi, 빔폭 E-plane 55°, H-plane 81°와 3.5 GHz 대역에서는 이득 6.14 dBi, 빔폭 E-plane 79°, H-plane 49°를 각각 얻었다. 또한, 각 대역의 E-plane과 H-plane 패턴 모두 전방지향성 방사패턴을 형성하며 설계목표인 통합공공망 통신 시스템에 적합한 특성을 확인할 수 있다. 이들 결과를 아래 표로 정리하였다.

<Table 1> Antenna characteristics

Frequency[MHz]		700		3500	
		Simulation	Measurement	Simulation	Measurement
Bandwidth[MHz]		88	104	358	660
Gain[dBi]		8.77	8.46	8.18	6.14
Beamwidth[°]	E-plane	58.4	55	82.3	79
	H-plane	81	81	84	49

III. 결 론

본 논문에서는 통합공공망과 5G 주파수 이중대역 커버용 단일급전 안테나를 설계, 제작하였다. 기본형 다 이폴 안테나의 방사소자를 평면형 구조를 채택하여 700MHz 대역 -10 dB 대역폭 104 MHz(14.8%)와 3.5GHz 대역 -10 dB 대역폭 660 MHz(18.8%)를 얻어 대역폭을 만족시켰다. 또한, balun없이 3.5 GHz 대역의 설계된 안테나는 방사소자를 700 MHz 안테나의 급전부에서 수직 연장 후 ‘ㄷ’자 모양으로 접은 형태로 설계하였다. 또한, 방사소자를 이중으로 쌓아 제안된 안테나가 이중대역에서 공진하며, E-plane과 H-plane 방사패턴이 전 방지향성 방사패턴을 형성한다.

따라서 제안된 안테나는 하나의 급전 구조로 채택하여 각 대역의 요구 대역폭을 만족시킨 이중 대역 커버 용 단일 급전 안테나로써, 5G 주파수 대역을 최적화함과 동시에 최적화된 통합 공공망(LTE)과의 무선 통신 기술을 융합하기 위해 단일 모듈용 통신 시스템에 적합한 송한·수신이 유효함을 확인하였다.

향후, 좁은 설치공간에 적용 가능하게 하기 위한 안테나의 소형화에 대한 연구를 계속하고자 한다.

REFERENCES

Balanis C. A.(2005), *Antenna theory: Analysis and Design*, Wiley-Interscience(USA), pp.151-162.
 Ko Y.-J. and Bang S.-C.(2014), “5G wireless communication,” *TTA Journal*, vol. 152, p.40.
 Mehdi V., Manouchehr K. and Amir J.(2011), “Single-Feed Dual-Band Dual- Linearly-Polarized Proximity-Coupled Patch Antenna,” *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 53, no. 1, pp.90-95.
 Pyo S.-H.(2019), “A Study on Establishment of Redundancy for Stable Operation of Integrated Railway Network(LTE-R),” *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol.

20, no. 2 pp.51-58.

Seo J.-S. and Woo J.-M.(2002), “Dipole Antenna for Size Reduction”, *2002 Spring Microwave and Radio Conference*, vol. 25, no. 1, pp.237-239.

TTAS(2018), *Requirements for inter-network and sharing radio resources over a public network using the same 700MHz frequency*, p.6.