

집중형 소자를 이용한 공진 주파수 및 입력 임피던스 선택형 다중 대역 튜너블 안테나

Frequency and Input Impedance Selective Antenna Using Lumped Element for Multi-band Handheld Terminals

정 병 운*
(Byungwoon Jung)

요 약

본 논문에서는 단락점과 접지면 사이에 집중형 소자인 인덕터를 이용하여 안테나의 입력 임피던스와 공진주파수 모두를 선택 가능한 다중 대역 내장형 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나의 구조는 PIFA (Planar Inverted F Antenna) 구조와 반파장 로디드 라인 구조의 합성으로 전체적으로 두 개의 단락점과 하나의 급전점을 가지며 그 중 하나의 단락점을 공유한다. 설계된 안테나의 동작 주파수 대역은 PIFA 구조에서 GSM (880 ~ 960MHz), GPS (1575±10MHz)이며 반파장 로디드 라인 구조에서의 인덕터의 값을 2.2nH, 3.3nH, 4.7nH로 변화시킴에 따라 제안된 안테나는 DCS (1710~1880MHz), US-PCS (1850~1990MHz), 그리고 W-CDMA (1920~2170MHz) 대역에서 동작한다. 공유된 단락점에서의 인덕터 값을 1.2 nH, 3.9nH, 6.8nH로 변화시킴으로서 안테나의 입력 임피던스를 변화시켰으며 집중형 소자의 추가로 생기는 안테나의 이득 변화를 최소화하기 위해 사용되는 인덕터의 값을 최대 6.8nH로 제한하였다. 제안된 안테나의 최대 이득은 GSM 대역에서 1.60dBi, GPS 대역에서 -1.16dBi DCS/US-PCS/W-CDMA 대역에서 1.41dBi로 측정되었다.

Abstract

In this paper, multi-band internal antenna which can adjust both resonant frequency and input impedance of antenna as using lumped inductor between shoring plate and ground plane is proposed. The structure of proposed antenna consists of PIFA (Planar Inverted F Antenna) structure and half-wavelength loaded line structure and has two shorting plates and one feeding plate. One shorting plate is shared. The operating frequency bands of designed antenna are GSM, GPS in the PIFA structure and DCS, US-PCS, W-CDMA in half-wave loaded line structure as varying the inductor value in 2.2nH, 3.3nH, and 4.7nH. As varying the inductor value in the shared shorting plate, input impedance of antenna is varied. To minimize the gain variation of antenna as adding lumped element, the inductor value is restricted at maximum of 6.8nH. The maximum gain of proposed antenna is measured as -1.60dBi in the GSM band, -1.16dBi in the GPS band, and 1.41dBi in the DCS/US-PCS/W-CDMA band.

Key words : Internal antenna, lumped inductor tunable, half wavelength loaded line structure

* 주저자 : 광운대학교 전파공학과 박사

† 논문접수일 : 2008년 4월 2일

I. 서론

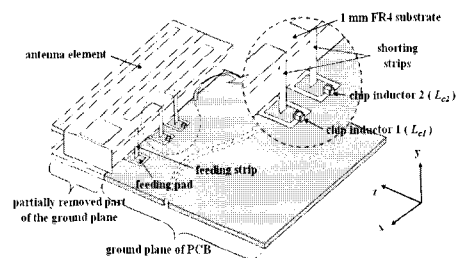
최근 이동 통신 단말기 시장은 내장형 안테나에 대한 요구와 관심이 증대되고 있다. 이는 단말기가 내장형 안테나를 통해 다양한 디자인과 기구적 안정성을 확보하고 안테나와 단말기 사이에 보다 안정적이고 간단한 전기적 결합을 이룰 수 있기 때문이다. 또한 국가 간의 활발한 이동으로 인하여 GSM, DCS, US-PCS 대역을 모두 만족하는 다중 대역 단말기가 요구되고 있고 GPS 및 W-CDMA 등의 부가적인 서비스를 위한 대역에 대한 요구 역시 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 이미 다중대역 내장형 안테나의 설계에 대한 많은 연구가 진행되었으나[1-3] 작은 방사체의 크기 제한에 의해 일반적으로 내장형 안테나는 대역폭의 한계에 부딪히며 실제적인 적용에 있어서 다중대역 동작에 대한 근본적인 해결 방안은 아직까지 제시되지 못하고 있다. 아울러 단말기 내 방사체 주위에 존재하는 각종 금속, FPCB, 진동소자, 카메라, 스피커 등 다양한 환경 요소들에 의해 안테나의 입력 임피던스 변화가 나타나기 때문에 실제 단말기로의 적용에 있어서는 이에 대한 해결책이 요구된다[4-6]. 본 논문에서는 집중형 소자만을 이용하여 단말기의 동작 주파수 대역을 변화시킬 수 있고, 또한 단말기의 상태에 따라 나타나는 안테나의 입력 임피던스 변화를 조절할 수 있는 공진 주파수 및 임피던스 튜너블 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 GSM 대역과 GPS 대역을 기본적으로 공유하며 하나의 집중형 소자값의 변화를 통해 높은 주파수 대역을 DCS, US-PCS, W-CDMA 대역으로 각각 조절할 수 있으며, 또 다른 집중형 소자값의 변화를 통해 모든 동작 대역의 입력 임피던스를 조절할 수 있다. 제안된 안테나는 Ansoft's HFSS 시뮬레이터를 통해 분석하였고 측정을 통해 그 특성을 확인하였다.

II. 제안된 안테나의 구조 및 분석

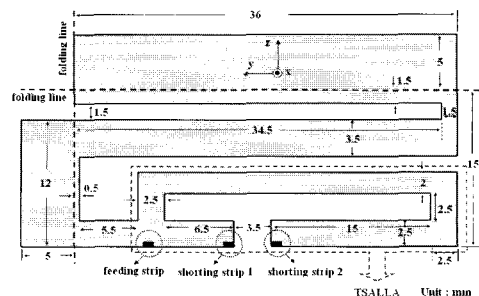
본 논문에서 제안한 구조는 그림 1(a)과 같다. 안테나 접지면의 크기는 $40 \times 67(\text{mm})$ 이며 $36 \times 15(\text{mm})$

크기의 방사체는 상대 유전율 1.07, 두께 5mm의 스티로폼 층과 상대 유전율 4.7, 두께 1mm의 FR4 기판 층 위에 구현되었다. 방사체는 두 개의 단락편을 가지며, 이는 접지면과 인덕터를 통해 전기적으로 연결된다. 또한 전기적인 길이의 확보를 위해 그림의 A와 B부분에서 측면을 이용하여 수직으로 구부러진 형태를 갖는다. <그림 1(b)>에 방사체의 펼쳐진 형태를 나타내었다. 또한 방사체 하트부분의 접지면은 전계가 형성되는 안테나의 부피를 증가시킴으로써 대역폭을 확보하고자 제거되었다[7]. 제안된 안테나는 기본적으로 PIFA와 반파장 로디드 라인 안테나가 결합된 형태이다. 단락편 1에서 급전점을 거쳐 방사체의 개방지점까지 길이가 대략 낮은 주파수 대역의 quarter-wavelength로서 PIFA 안테나의 기본 모드와 1차 고차 모드로 동작하며, 단락편 1에서 단락편 2까지의 길이가 높은 주파수 대역의 half-wavelength를 형성함에 따라 반파장 로디드 라인 안테나로 동작한다.

<그림 2>는 제안된 안테나 구조의 전류 분포를

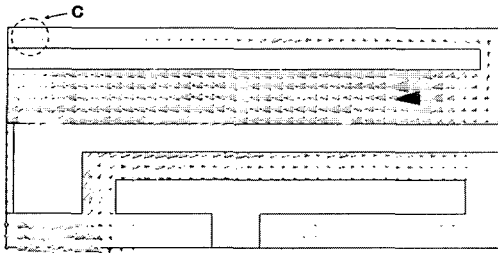


(a) 제안된 안테나의 전체 구조

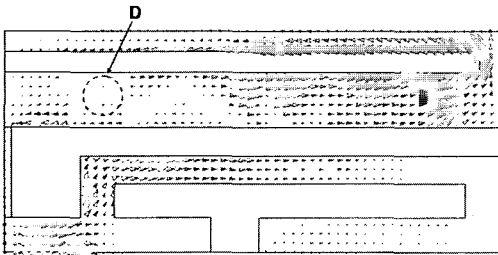


(b) 방사체의 구조

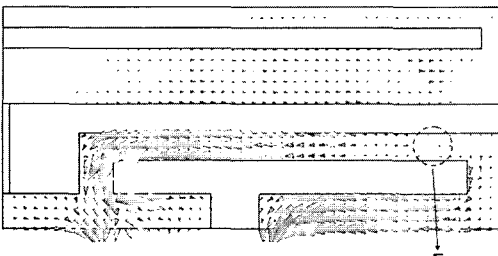
<그림 1> 제안된 안테나의 전체 구조 및 방사체 구조
<Fig. 1> Proposed antenna structure (a) whole structure and (b) radiator structure



(a) PIFA안테나의 기본 모드 전류 분포



(b) PIFA 안테나의 1차 고차 모드 전류 분포



(c) 반파장 로디드 라인 안테나의 전류 분포

<그림 2> 제안된 안테나의 기본 전류 분포

<Fig. 2> Current distribution on antenna (a) fundamental of PIFA (b) first higher mode of PIFA, and (c) HWLLA

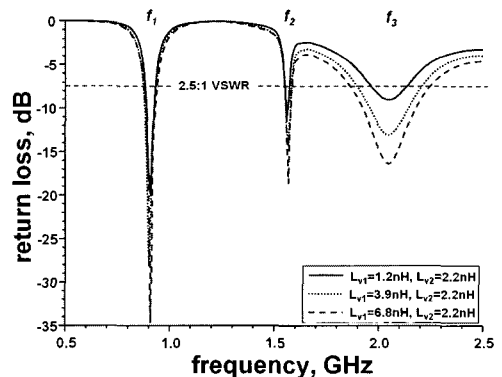
나타낸 것으로서 이와 같은 안테나의 동작을 보여 준다. 이 경우 L_{v1} 은 3.9nH, L_{v2} 는 2.2nH로서 각각의 전류 분포는 안테나가 공진하는 920MHz, 1575MHz, 2045MHz에서 나타낸 것이다. 제안된 안테나 구조에서 단락점 1은 두 개의 안테나 소자가 서로 공유하고 인덕터 L_{v1} 의 변화에 의해 안테나의 50Ω을 갖는 급전점과 0Ω을 갖는 단락점 사이의 전기적 간격이 변화하므로 두 대역 임피던스 모두 조절이 가능하며, 높은 주파수 대역에 해당되는 반파장 로디드 라인 안테나의 전체적인 전기적 길이가 단락점 2에 연결된 인덕터 L_{v2} 의 변화에 따라 변화하

로 높은 주파수 대역의 공진 주파수를 조절할 수 있다.

III. 시뮬레이션 및 측정을 통한 분석

<그림 3>은 본 논문에서 제시한 안테나 구조에서 PIFA와 반파장 로디드 라인 안테나가 공유하는 shorting plate 1의 인덕터 L_{v1} 값을 1.2nH, 3.9nH, 6.8nH로 변화시키면서 HFSS 시뮬레이션을 통해 나타난 반사 손실을 나타낸 것이다. 안테나는 구조적으로 GSM 대역과 GPS 대역을 만족하며 이 경우 shorting plate 2의 인덕터 L_{v2} 값을 2.2nH로 고정시켜 높은 주파수 대역에서는 W-CDMA를 만족시켰다. 그림에서 보여진 것과 같이 shorting plate 1의 인덕터 L_{v1} 값의 변화에 따라 낮은 주파수 대역과 고주파수 대역 모두 안테나의 입력 임피던스가 변화하여 반사손실의 차이가 나는 것을 알 수 있다. L_{v1} 이 커짐에 따라 인덕터 L_{v1} 과 결합된 short position에서 안테나 급전점까지의 간격이 전기적으로 커지게 되며, 이는 일반적인 PIFA에서 단락점과 급전점의 간격에 따른 변화와 일치한다[8]. 이와 같은 결과는 실제 단말기 내에 존재하는 금속물질, FPCB, 진동소자, 카메라, 또는 스피커 등에 의한 안테나 입력 임피던스 변화를 인덕터 값을 조절함으로써 간단히 보상할 수 있는 장점을 갖는다.

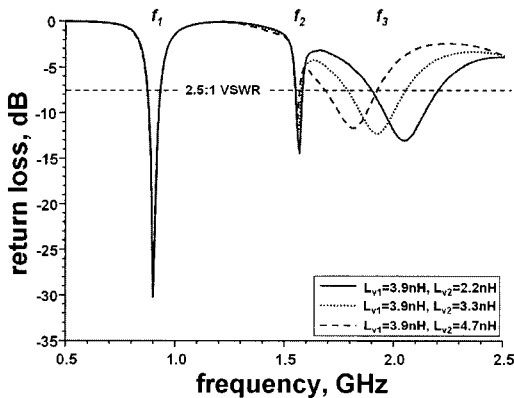
<그림 4>는 shorting plate 1의 인덕터 L_{v1} 값을 3.9nH로 고정시키고 shorting plate 2의 인덕터 L_{v2} 값



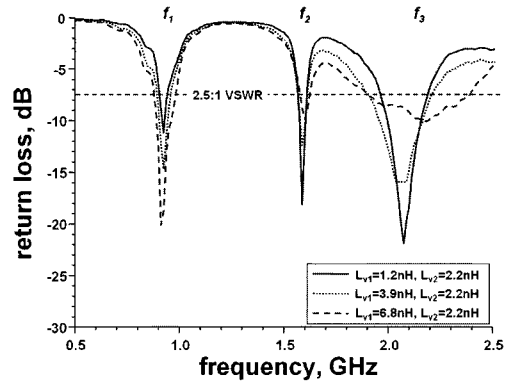
<그림 3> L_{v1} 값에 따른 반사 손실 (시뮬레이션)
<Fig. 3> Return loss according to L_{v1} (Simulation)

을 2.2nH, 3.3nH, 4.7nH로 변화시킴에 따라 반파장 로디드 라인 안테나의 공진 주파수 즉 높은 주파수 대역의 변화를 시뮬레이션 결과를 통해 나타내었다. 그림과 같이 반파장 로디드 라인 안테나에서 shorting plate 2에서의 인덕터 L_{v2} 는 높은 주파수 대역에서의 공진 주파수를 조절함을 알 수 있다. 인덕터 L_{v2} 의 값이 점점 커질수록 L_{v2} 와 결합된 shorting point까지의 안테나의 전기적 길이가 증가하여 공진 주파수가 감소한다. 이는 <그림 2(c)>의 open 지점, 즉 안테나의 최대 방사 지점 (E)이 점차 L_{v2} 쪽으로 이동하게 됨을 뜻한다. 또한 <그림 4>의 결과에서 알 수 있듯이 인덕터 L_{v1} 과 달리 L_{v2} 는 높은 주파수 대역의 공진 주파수에만 영향을 주며 L_{v2} 를 조절함으로써 안테나는 DCS, US-PCS, WCDMA대역을 각각 만족시킬 수 있다.

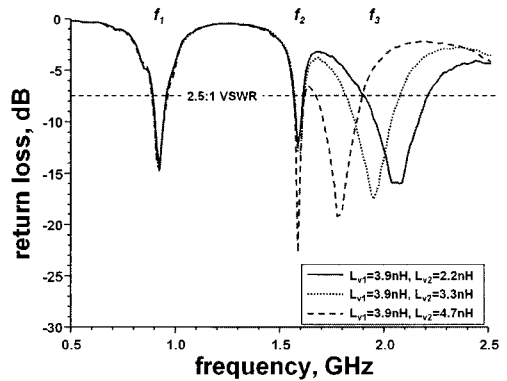
<그림 5와 6>은 실제 제작된 안테나의 측정된 반사 손실을 나타낸 것이다. 시뮬레이션에서와 같은 인덕터 값들을 적용하여 유사한 결과를 얻을 수 있었다. <그림 5>는 shorting plate 1의 인덕터 L_{v1} 값을 1.2nH, 3.9nH, 6.8nH로 변화시키면서 반사 손실을 측정 한 결과로서 여기서 shorting plate 2의 인덕터 L_{v2} 값은 2.2nH로 고정하였다. 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 입력 임피던스를 조절할 수 있음을 볼 수 있다. <그림 6>은 shorting plate 1의 인덕터 L_{v1} 값을 3.9nH로 고정시키고 shorting plate 2의 인덕터 L_{v2} 값을 2.2nH, 3.3nH, 4.7nH로 변화시키면서 안테나의 반사 손실을 나타낸 것이다. 인덕터 L_{v2} 값이 2.2nH에



<그림 4> Lv2 값에 따른 반사 손실 (시뮬레이션)
<Fig. 4> Return loss according to Lv2 (Simulation)



<그림 5> Lv1 값에 따른 반사 손실 (측정)
<Fig. 5> Return loss according to Lv1 (Measurement)



<그림 6> Lv2 값에 따른 반사 손실 (측정)
<Fig. 6> Return loss according to Lv2 (Measurement)

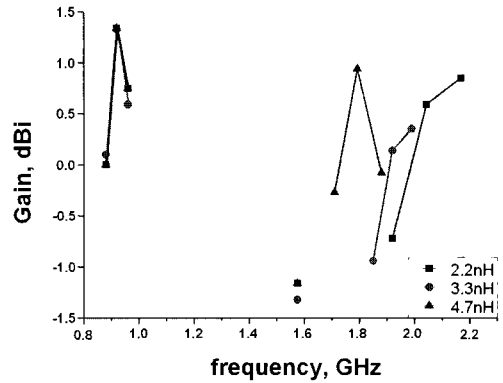
서 4.7nH까지 증가함에 따라 고주파수 대역의 주파수가 점점 감소하는 것을 알 수 있으며, 인덕터 L_{v2} 값이 2.2nH일 때 W-CDMA 대역을, 3.3nH일 때 US-PCS 대역을, 그리고 4.7nH일 때 DCS 대역을 만족하였다. 각 경우에 대해 측정된 안테나의 대역폭은 VSWR < 2.5 기준으로 <표 1>에 나타내었다.

<그림 7>은 shorting plate 1의 인덕터 L_{v1} 값을 3.9nH로 고정시키고 shorting plate 2의 인덕터 L_{v2} 값을 2.2nH로 고정 시켰을 때의 X-Y 평면 방사 패턴과 Z-X 평면 방사 패턴을 보여주며 <그림 8>은 안테나의 측정된 최대 이득을 나타낸다. 안테나의 이득은 GSM 대역 0.6dBi이내 GPS 대역 0.9dBi 이내의 오차를 가지므로 인덕터 값의 변화에 따라서는 이득 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

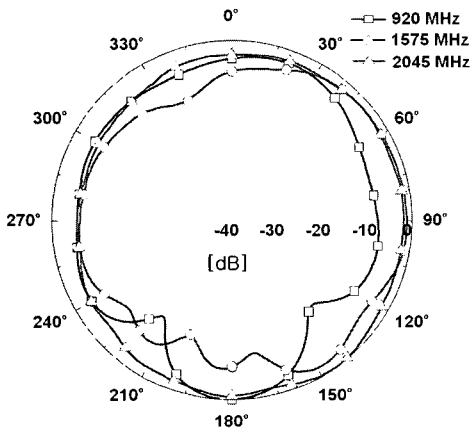
<표 1> Lv2 값에 따른 안테나의 유효 대역폭

<Table 1> Effective bandwidth according to Lv2

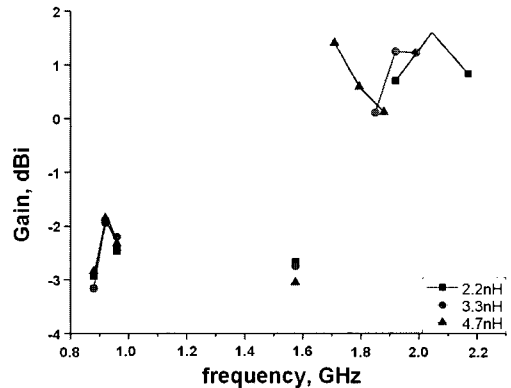
Lv 1 (nH)	Lv 2 (nH)	주파수 대역	유효 대역폭 (%)
3.9	2.2	GSM	95MHz(10%)
		GPS	1575±10MHz
		W-CDMA	320MHz(16%)
	3.3	GSM	95MHz(10%)
		GPS	1575±10MHz
		US-PCS	285MHz(15%)
	4.7	GSM	90MHz(9.7%)
		GPS	1575±10MHz
		DCS	230MHz(13%)



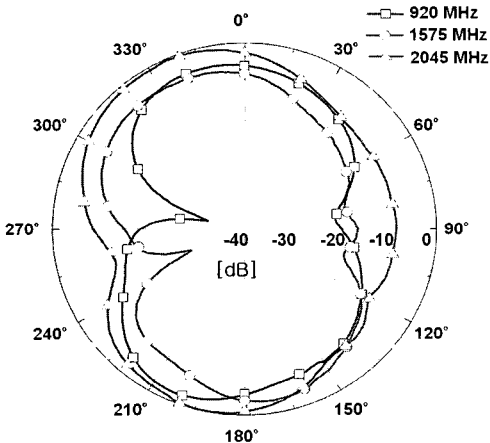
(a) Lv2 값에 따른 안테나의 최대 이득 (X-Y평면)



(a) X-Y 평면 방사패턴



(b) Lv2 값에 따른 안테나의 최대 이득 (Y-Z평면)



(b) Z-X 평면 방사패턴

<그림 7> 제안된 안테나의 방사 패턴

<Fig. 7> Radiation patterns for the antenna (a) X-Y plane and (b) Z-X plane

<그림 8> 제안된 안테나의 최대 이득

<Fig. 8> Peak gains (a) according to Lv2 (X-Y plane) and (b) according to Lv2 (Y-Z plane)

IV. 결론

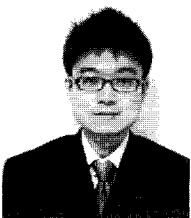
본 논문에서는 두 개의 인덕터를 이용하여 기존의 다중 대역 내장형 안테나에서 다중 공진을 이용하는 것과 달리 높은 주파수 대역에서의 공진을 원하는 대역으로 조절할 수 있고, 단말기 내에 존재하는 금속물질, FPCB, 진동소자, 카메라, 또는 스피커 등에 의한 안테나 입력 임피던스 변화를 전대역에 걸쳐 조절하여 간단히 보상할 수 있는 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 PIFA와 반파장 로드드 라인 안테나를 결합한 형태로서, GSM, GPS 대역과 함께 DCS, US-PCS, W-CDMA 대역을 인덕터 값을 각각 조절하여 만족시킬 수 있었으며, 또한 주파수

변동없이 입력 임피던스를 조절할 수 있었다. 측정된 안테나의 이득은 전대역에 걸쳐 $-3.16\text{dBi} \sim 1.60\text{dBi}$ 으로서 일반적인 단말기용 내장형 안테나 특성을 만족하였다. 추후 실제 단말기에 적용하여 단말기내 환경 요소들에 의해 나타나는 입력 임피던스 변화의 조절과 스위칭을 이용한 동작 대역 조절을 실현하고자 한다.

참고문헌

- [1] M. Tzortzakakis, R. J. Langley, "A compact internal tri-band antenna for mobile handsets," *Proc. IEEE Int. Conf. Antenna Theory and Techniques*, pp. 323-328, May 2005.
- [2] C. D. Nallo and A. Faraone, "Multiband internal antenna for mobile phones," *IEE Electron. Lett.*, vol. 41, no. 9, pp. 514-515, April 2005.
- [3] M. Ali, G. J. Hayes, H. S. Hwang, and R. A. Sadler, "A triple-band internal antenna for mobile hand-held terminal," *Proc. IEEE Int. Symp. Antennas and Propagation*, vol. 2, pp. 32-35, June 2002.
- [4] S. W. Su and K. L. Wong, "Integrated internal PIFA for UMTS operation of clamshell mobile phones," *Microwave and Optical Technol. Lett.*, vol. 46, no. 6, pp. 546-548, Sept. 2005.
- [5] K. L. Wong, S. W. Su, C. L. Tang, and S. H. Yek, "Internal shorted patch antenna for a UMTS folder-type mobile phone," *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 53, no. 10, pp. 3391-3394, Oct. 2005.
- [6] D. U. Sim and S. O. Park, "The effects of the handset case, battery, and human head on the performance of a triple-band internal antenna," *Proc. IEEE Int. Symp. Antenna and Propagation*, vol. 4, pp. 4300-4303, June 2004.
- [7] T. Sugiyama, H. Horita, Y. Shirakawa, M. Ikegaya, S. Takaba, and H. Tate, "Triple-band internal antenna for clamshell type mobilephone," *Hitachi Cable Review*, no. 22, pp. 26- 31, Aug. 2003.
- [8] J. W. He and K. S. Chung, "Design considerations of planar inverted-F antenna (PIFA) on a finite ground plane," *Proc. Int. Symp. Multi-Dimensional Mobile Communications*, vol. 2, pp. 655-659, Sept. 2004.

저자소개



정 병 운 (Jung, Byungwoon)

2001년 2월 : 광운대학교 학사 (전파공학)

2003년 2월 : 광운대학교 석사 (전파공학)

2007년 2월 : 광운대학교 박사 (전파공학)

2007년 3월 ~ : LG전자 MC 연구소 선임연구원