

안테나 대역폭과 이득 향상을 위한 금속 구조체가 적용된 WWAN 안테나의 설계 및 구현

Design and Implementation of WWAN Antenna with Metal Structure for Increasing Frequency Bandwidth and Gain

이건명 · 조일훈 · 조영희 · 이인영 · 김영식

Keon-Myung Lee · Il-Hoon Cho · Young-Hee Cho · In-Young Lee · Young-Sik Kim

요 약

본 논문에서는 휴대용 컴퓨터 내 WWAN 대역에서 동작 가능한 평판 회로 기판형 내장형 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 GSM850/900 대역에서의 안테나 특성을 개선하기 위하여 평판 회로 기판 위에 인쇄되어 있는 기판을 제거한 후 패턴의 일부를 금속 구조체로 대체하였다. 제안된 안테나는 가로 74 mm, 세로 11 mm, 높이 0.5 mm의 크기로 금속 구조체를 사용하지 않은 평판 회로 기판형 안테나와 비교하였을 때 유사한 크기를 가졌음에도 불구하고 해당 주파수 대역에서 약 42 %의 대역폭 증가 특성을 보였다. 금속 구조체를 사용한 GSM850/900 대역에서 측정된 방사 이득의 경우 $-4.45 \sim -2.29$ dBi로 금속 구조체를 사용하지 않은 안테나보다 높은 방사 이득 특성을 보였다.

Abstract

In this paper, we proposed the internal antenna on PCB(Planar Circuit Board) for achieving WWAN(Wireless Wide Area Network) operation in the laptop computer. The proposed antenna has a metal structure instead of printed pattern on PCB to improve the antenna characteristics for GSM850/900 bands. Compared to PCB embedded antenna without metal structure, the proposed antenna occupies similar area of $74 \times 11 \times 0.5 \text{ mm}^3$ with before and the bandwidth of the proposed one for GSM850/900 bands is increased 13 MHz than before. Further we confirmed that the proposed antenna has higher radiation gain of $-4.45 \sim -2.29$ dBi for GSM850/900 bands than PCB embedded antenna without metal structure.

Key words : SAR(Specific Absorption Rate), Electric-Field, Loop-Type Ground, Test Mobile Handset

I. 서 론

최근 언제 어디서나 휴대용 컴퓨터를 활용하여 이동 중인 가입자들에게 초고속으로 정보를 제공하는 휴대 인터넷에 대한 요구가 급증하였다. 이런 가입자의 요구에 만족하기 위하여 WLAN(Wireless Local Area Network)은 가장 보편적인 방안이 되었으며,

대부분의 휴대용 컴퓨터 내에 무선 랜 장비가 집적되었다. 그러나 무선 랜 기술을 사용하여 휴대 인터넷을 사용하기 위해서 휴대용 컴퓨터를 갖춘 사용자는 AP(Access Point)가 동작하는 범위 내에 위치하여야 한다는 제약이 존재하였다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 대부분의 휴대용 컴퓨터는 넓은 통신 영역과 빠른 데이터 전송 속도를 갖춘 UMTS(Universal

(주)아모텍 안테나그룹(Department of Research and Development, AMOTECH)

· 논문 번호 : 20100406-037

· 교신저자 : 김영식(e-mail : yskim@korea.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 8월 13일

Mobile Telecommunications System)를 기반으로 두고 있는 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)와 같은 WWAN(Wireless Wide Area Network) 기술을 적용하기 시작하였다^[1].

WWAN 기술을 활용한 휴대 인터넷 접속은 휴대 전화 서비스가 지원되는 지역이라면 어느 곳에서나 이메일 확인과 인터넷 서핑과 같은 서비스의 지원이 가능하다. 이와 같은 WWAN 시스템의 동작을 위해서는 GSM850(824~894 MHz), GSM900(890~960 MHz), DCS(1,710~1,880 MHz), PCS(1,850~1,990 MHz), UMTS(1,920~2,170 MHz)의 5개 대역을 만족하여야 하는데, 점차 휴대용 컴퓨터의 크기가 작아지고 있는 추세에서 좁은 공간 내에 다중 대역 내장형 안테나가 위치할 수 있는 공간은 극도로 제한되어 있어, 최근 개발되고 있는 내장형 안테나들은 이러한 휴대용 컴퓨터에 적용이 가능하도록 소형화되고 있다^{[2]~[6]}. 따라서 좁은 공간 내에서 WWAN 시스템을 만족할 수 있는 내장형 안테나를 구현하게 되면 전 대역을 커버할 수 있는 광대역 안테나를 구현하는데 한계가 존재하며, 높은 방사 효율을 기대하기 어려워진다.

본 논문에서는 GSM850/900, DCS, PCS, UMTS 대역을 모두 만족하는 IFA(Inverted F Antenna) 타입의 내장형 안테나를 제안하였다. 1차적으로 기본적인 PCB 타입의 안테나를 설계하여 특성을 확인하였으며, 2차적으로 저주파 대역의 패턴과 기판을 제거하고, 금속 구조체로 대체하여 저주파 대역에서의 안테나 이득이 향상된 안테나를 최종 제안하였다.

II. 안테나 설계

그림 1은 본 논문에서 레퍼런스 안테나로 사용하기 위해 설계한 안테나의 구조를 보여주고 있다. 유전율 2.55의 Taconic TLX 기판을 사용하였으며, 기판의 크기는 $74 \times 11 \times 0.5 \text{ mm}^3$ 이다. 안테나는 기본적으로 T-자 형태의 스트립 라인으로 구성되어 있으며, 좌측 상부의 GSM850/900을 위한 긴 패턴과 좌측 중간 부분과 우측 상부에 DCS/PCS/UMTS의 주파수 대역을 위한 짧은 패턴으로 구성되어 있다. 상대적으로 넓은 대역폭을 가지는 DCS/PCS/UMTS 주파수 대역을 커버하기 위해 좌, 우측 2개의 패턴을 사용

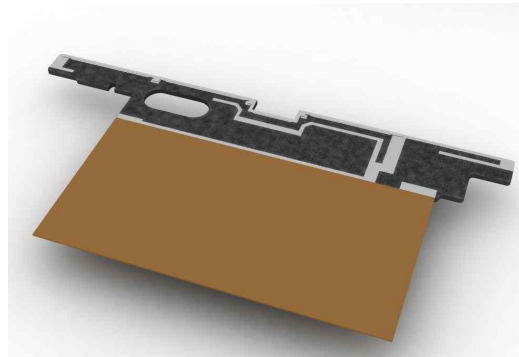


그림 1. Reference WWAN antenna 구조
Fig. 1. Examples of WWAN antenna.



그림 2. 실장된 안테나의 예상도
Fig. 2. The antenna mounted on the board.

하였다. 안테나의 아랫 부분의 패턴은 그라운드와의 연결을 위한 패턴으로써, 본 논문에서는 안테나 아랫 부분의 패턴에 전도체를 연결하고, 이 전도체는 Laptop 컴퓨터의 LCD와 맞닿아 LCD 패널이 그라운드로 작용하여 확장된 그라운드의 효과를 가질 수 있도록 설계하였다.

그림 2는 설계된 안테나를 LCD의 우측 상부에 부착한 형태를 보여주고 있으며, 설계된 안테나는 50 Ω 동축케이블($\phi=1.13$)을 사용하여 급전이 되도록 구성하였으며, 안테나의 T-자 형태의 스트립 라인의 아랫 부분에 위치하고 있다.

그림 3은 그림 1에서 설계한 안테나의 모의 실험 결과이다. 모의 실험은 CST사의 CST Microwave studio를 사용하였다. 그림 3의 결과에서 볼 수 있듯이 설계한 안테나는 저주파 대역에서 845~938 MHz (VSWR 2.5:1), 고주파 대역에서 1,790~2,170 MHz (VSWR 2.5:1)의 대역폭을 가지는 것을 확인하였다.

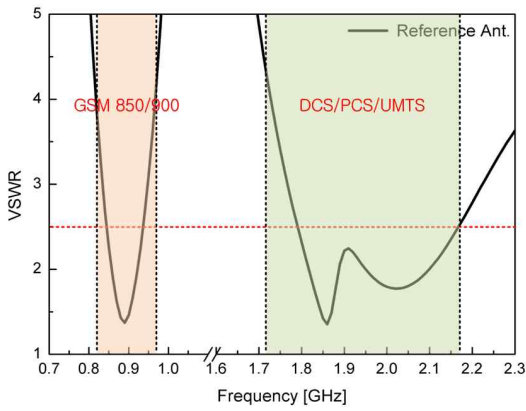


그림 3. 레퍼런스 안테나의 모의 실험 결과
Fig. 3. Reference antenna simulation result.

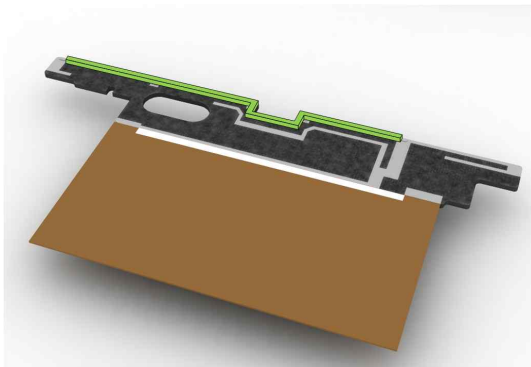
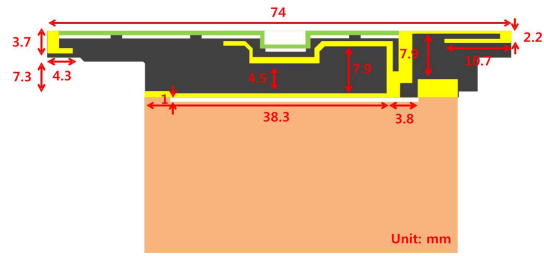


그림 4. 금속 구조체를 갖는 PCB 임베디드 구조
Fig. 4. PCB embedded type with metal structure.

위 결과로 설계된 안테나는 WWAN 대역 무선 통신 시스템에서 적용함에 있어서 부족하다는 것을 확인하였다.

그림 1에서 설계한 안테나는 유전율을 갖는 기판을 사용하여 안테나의 물리적 크기를 줄일 수 있고 높이가 낮고 복잡한 회로의 구현이 용이하다는 장점을 가지고 있지만, 공기보다 높은 유전율로 인한 방사 성능 저하로 넓은 대역폭을 가지는데 어려움이 있다.

그림 4는 그림 1에서 설계한 안테나가 WWAN 대역을 완벽하게 충족시키지 못하는 문제점을 보완한 최종 제안한 안테나의 구조이다. 제안된 안테나의 구조적 특징은 저주파 대역을 위한 긴 패턴을 금속 구조체로 대체하고 금속 구조체 아랫 부분의 기판을 제거함으로써, 그림 1에서의 문제점이었던 기판 유



(a) 상단부 평면도
(a) Top view



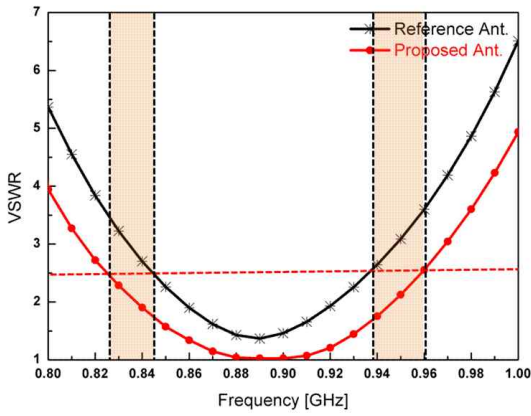
(b) 하단부 평면도
(b) Bottom view

그림 5. 제작된 안테나의 세부 구조
Fig. 5. Geometry of the proposed antenna.

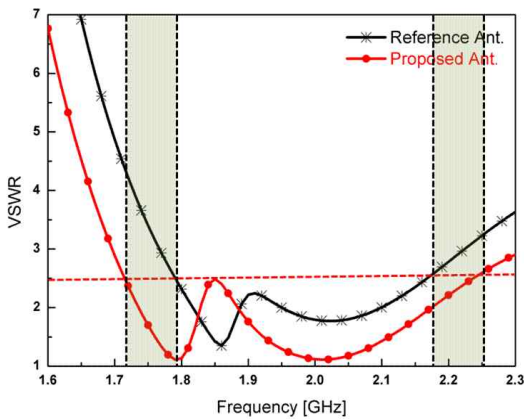
전율로 인한 방사 성능의 저하를 최소화하고 안테나의 임피던스 특성 및 방사 성능을 개선할 수 있는 구조를 제안하였다.

그림 5는 본 논문에서 최종적으로 제안한 안테나의 세부적인 구조를 보여주고 있다. WWAN 시스템의 적용을 위한 세부적인 패턴의 길이는 그림 5(a)에 나타나고 있으며, 그림 5(b)에서 알 수 있듯이 금속 구조체로 대체한 부분의 기판이 제거되었기 때문에 금속 구조체의 하단부에 공기층이 형성되는 것을 볼 수 있다.

그림 6은 제안된 안테나와 레퍼런스 안테나의 모의 실험 결과이다. 저주파 대역은 그림 6(a), 고주파 대역의 결과는 그림 6(b)에 나타나고 있다. 모의 실험 결과, 저주파와 고주파 대역의 대역폭이 향상되었음을 알 수 있다. 제안한 안테나의 저주파 대역은 레퍼런스 안테나의 대역폭에 비해 42 MHz(45%) 향상된 결과를 나타내었고, 고주파 대역에서는 160 MHz(42%) 향상된 결과를 나타내었다. 그림 6의 모의 실험 결과에서 알 수 있듯이, 제안한 안테나는 기존 안테나보다 넓은 대역폭을 확보하여, GSM850,900/DCS/PCS/UMTS의 시스템에 적용할 수 있는 주파수 밴드



(a) 저주파 대역
(a) Low frequency band



(b) 고주파 대역
(b) High frequency band

그림 6. 제안한 안테나의 모의 실험 결과
Fig. 6. Simulated results of proposed antenna.

를 확보할 수 있다.

III. 안테나 제작 및 측정 결과

그림 7은 그림 4에서 제안한 휴대용 컴퓨터 내에서 WWAN 동작을 위한 안테나를 제작한 후 테스트 보드에 설치한 모습을 보이고 있다. 그림 8은 그림 6에서 보여준 모의 실험 결과와 제작된 안테나의 실험 결과를 동시에 보여주고 있다. 그림에서 보듯이, 모의 실험 결과와 실제 제작 후 측정된 결과에 약간의 오차가 발생하지만 오차 범위가 작고, 안테나의 특성을 분명하게 보여 준다는 것을 확인할 수 있다. 제작된 안테나의 실제 측정 결과, 저주파 대역에서

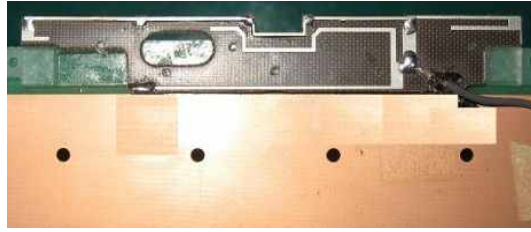


그림 7. 제작된 안테나의 모습
Fig. 7. Fabricated antenna view.

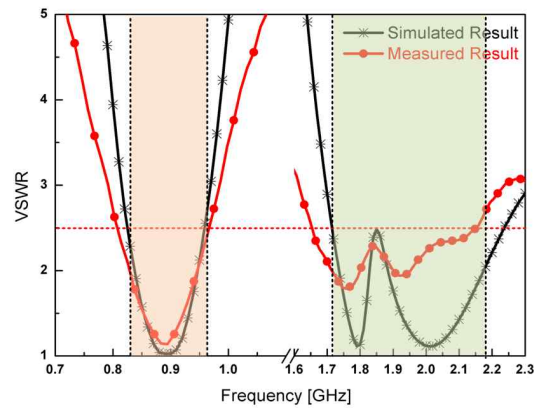
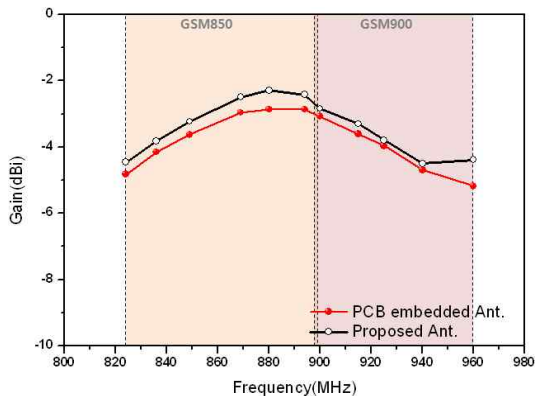


그림 8. 제안된 안테나의 전압 정재파비
Fig. 8. VSWR of the proposed antenna.

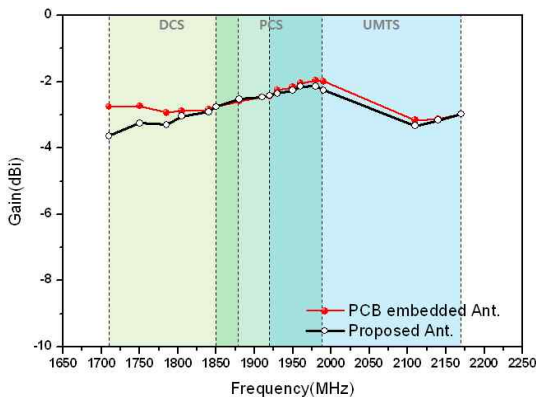
는 150 MHz의 대역폭($VSWR \leq 2.5$), 고주파 대역에서는 500 MHz의 대역폭($VSWR \leq 2.5$)을 가지는 것을 확인할 수 있다. 이는 레퍼런스 안테나를 기준으로 고주파 대역에서는 42 %, 고주파 대역에서는 40 %의 대역폭 향상을 얻을 수 있었다.

그림 9는 레퍼런스 안테나와 제안한 안테나의 평균 이득을 보이고 있는데, 제안한 안테나의 개선된 이득 특성을 비교, 분석하기 위하여 동일한 패턴의 안테나 측정을 함께 진행하였다. 측정 결과, 단순 패턴으로만 디자인된 레퍼런스 안테나의 경우, 낮은 주파수 대역에서의 측정된 이득이 $-5.17 \sim -2.86$ dBi였으며, 높은 주파수 대역에서는 $-3.13 \sim -1.96$ dBi로 측정되었다. 이에 비해 제안한 안테나의 측정된 이득은 낮은 주파수 대역에서 $-4.45 \sim -2.29$ dBi, 높은 주파수 대역에서 $-3.64 \sim -2.14$ dBi로 높은 주파수 대역보다 낮은 주파수 대역에서 개선된 이득 결과를 보였다.

그림 10과 11은 제안한 WWAN 안테나의 방사 패



(a) 낮은 주파수 대역
(a) Low frequency band



(b) 높은 주파수 대역
(b) High frequency band

그림 9. 측정된 안테나의 평균 이득
Fig. 9. Measured antenna average gains.

턴 측정 결과를 보이고 있다. 그림 10은 저주파 대역인 824 MHz와 960 MHz에서의 xy-plane과 xz-plane을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 두 개의 주파수 대역에서 거의 동일한 패턴이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 제안한 안테나는 저주파 대역의 범위 내에서 특성의 변화가 없다는 것을 확인할 수 있다. 고주파 대역의 방사 패턴은 그림 11에서 보여주고 있다. 고주파 역시 그림 10의 저주파 대역의 방사 패턴과 동일하게 주파수 내의 xy-plane과 xz-plane의 방사 패턴 모양이 거의 일치하고 있는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 휴대용 컴퓨터 내에서 WWAN 대

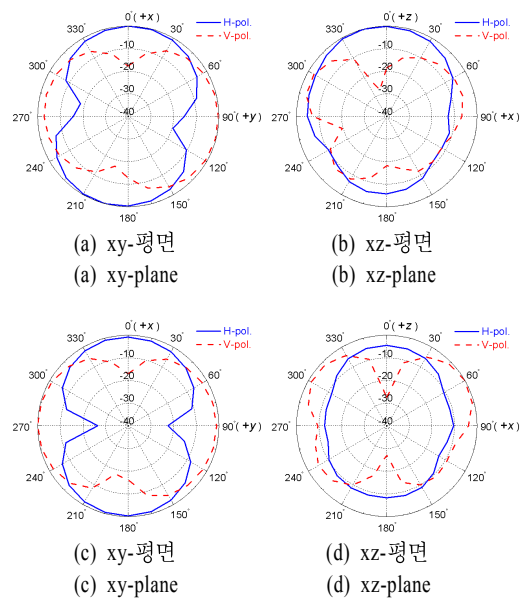


그림 10. 제안한 안테나의 저주파 대역 방사 패턴 (824 MHz, 960 MHz)

Fig. 10. Measured radiation pattern of the proposed antenna at low-band(824 MHz, 960 MHz).

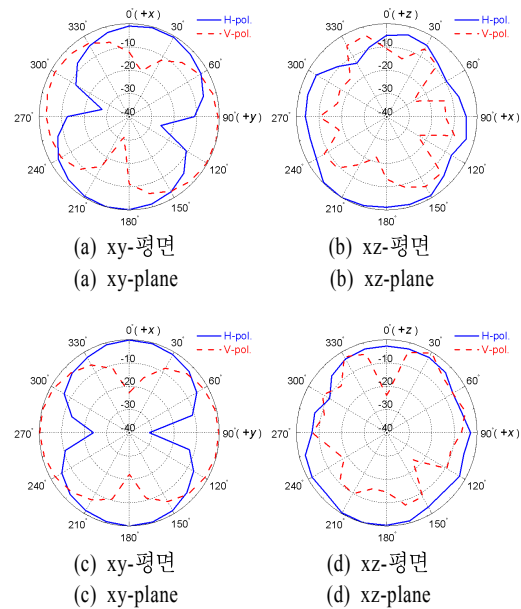


그림 11. 제안한 안테나의 고주파 대역 방사 패턴 (1,710 MHz, 2,170 MHz)

Fig. 11. Measured radiation pattern of the proposed antenna at high-band(1,710 MHz, 2,170 MHz).

역 무선 통신을 위한 개선된 PCB 임베디드 타입의 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나의 크기는 74x

11×2.3 mm³로 휴대용 컴퓨터 LCD 패널을 가정한 테스트 보드(가로 230 mm, 세로 130 mm) 우측 상단에 위치하였으며, 50 Ω 동축케이블을 통해 급전되었다.

제안한 안테나는 GSM850/900, PCS, DCS, UMTS 대역을 커버하였으며, 측정된 임피던스 대역폭은 레퍼런스 안테나에 비해 낮은 주파수 대역에서 42 % 주파수 대역폭이 향상된 150 MHz, 높은 주파수 대역에서는 40 % 향상된 500 MHz의 대역폭을 가지는 것을 확인하였다. 또한, 제안한 안테나의 측정된 방사 이득은 낮은 주파수 대역에서 -4.45 ~ -2.29 dBi, 높은 주파수 대역에서 -3.64 ~ -2.14 dBi로 레퍼런스 안테나와 비교하였을 때, 높은 주파수 대역보다 낮은 주파수 대역에서 보다 개선된 이득 결과를 보였다. 이를 통해 금속 구조체를 적용한 전기적으로 긴 파장의 대역의 경우, 임피던스 대역폭의 개선과 함께 방사 이득 향상에도 도움이 되는 것을 확인할 수 있었다.

추후 이와 같은 구조를 FPCB(Flexible PCB) 구조의 안테나에도 적용이 가능할 것으로 사료되며, 점차 휴대용 전자 장비가 다양화, 대량화되어지고 있는 추세에서 이 같은 구조의 안테나는 다양한 분야에 적용이 가능할 것이라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Chien-Wen Chiu, Yu-Jen Chi, and Sheng-Ming Deng, "An internal multiband antenna for WLAN and WWAN applications", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 51, pp. 1803-1807, May 2009.
- [2] D. Liu, B. Gaucher, "A triband antenna for WLAN applications", *Proceedings of IEEE AP-S Int. Symp.*, Columbus, OH, pp. 18-21, Jun. 2003.
- [3] S. Fujio, T. Asano, "Dual band coupled floating element PCB antenna", *IEEE AP-S Int. Symp. Dig.*, vol. 3, pp. 2599-2602, Jun. 2004.
- [4] K. Fukuchi, Y. Yamamoto, K. Sato, R. Sato, and H. Tate, "Wide-band wireless LAN antenna for IEEE 802.11 a/b/g", *Hitachi Cable Review*, no. 23, 2004.
- [5] K. L. Wong, L. C. Chou, and C. M. Su, "Dual-band flat-plate antenna with a shorted parasitic element for laptop applications", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, pp. 539-544, Jan. 2005.
- [6] C. H. Kuo, K. L. Wong, and F. S. Chang, "Internal GSM/DCS dual-band open-loop antenna for laptop application", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 49, pp. 680-684, Jan. 2007.

이 건 명



2008년 2월: 한양대학교 전자컴퓨터공학부 (공학사)
 2010년 2월: 고려대학교 전파통신공학과 (공학석사)
 2010년 3월~현재: (주)아모텍 안테나그룹 주임연구원
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석

조 일 훈



2004년 2월: 순천향대학교 전기전자통신공학부 (공학사)
 2004년 2월~2005년 7월: (주)SB텔콤 연구원
 2005년 8월~2006년 11월: (주)암페놀 KAE 연구원
 2007년 5월~현재: (주)아모텍 안테나그룹 전임연구원
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석

조 영 희



2004년 2월: 인하대학교 전자공학과 (공학사)
2004년 6월~2005년 4월: 전자부품연구원 위촉연구원
2005년 4월~현재: (주)아모텍 안테나그룹 전임연구원
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석

김 영 식



1978년 3월~1982년 1월: 홍익공업대학 전자과 조교수
1988년 5월: University of Massachusetts at Amherst (공학박사)
1988년 5월~1989년 2월: University of Massachusetts at Amherst Post Doc.
1989년 3월~1993년 2월: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 무선기술 연구실 실장
1993년 3월~현재: 고려대학교 전자통신공학과 교수
[주 관심분야] RF Front-End System

이 인 영



1997년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)
1999년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
1999년 3월~2005년 8월: (주)KMW 연구소 선임연구원
2006년 1월~현재: (주)아모텍 안테나그룹 책임연구원 겸 Amotech Taiwan Ant. Lab.장
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석