
Satellite-Digital Multimedia Broadcasting 단말기용 헤리컬 안테나 설계

이강훈* · 박주남* · 이영철*

Design of Quadrifilar Helical Antenna for the Satellite-Digital Multimedia Broadcasting Terminal

Kanghoon Lee* · Junam Park* · Youngchul Rhee**

요 약

위성-DMB 영상신호를 수신하는 헤리컬 안테나를 설계하였다. 위성-DMB용 헤리컬 안테나의 위상이 0, 90, 180, 270도 급전 되도록 4중실선(Quadrifilar) 형태로 설계함으로써 원형 편파의 특성을 나타내었으며 QHA 안테나의 상단 갭 간격, 턴 수 및 높이를 가변시켜 최적화시켰다. 최종 설계치는 갭 $a=2.2\text{mm}$, Helix 턴 수 $b=0.9$ 턴 및 길이 $c=42\text{mm}$ 이고 입력반사 계수는 주파수 2.62GHz에서 약 -5.8dB 정도이며, 상반평면 방사특성과 0.508dB의 축비특성을 나타내었다. 설계된 이중대역 QHA는 위성-DMB 수신 안테나에 적용되고 있다.

ABSTRACT

This paper design QHA(quadrifilar helical antenna) to receive efficiently Satellite-Digital Multimedia Broadcasting video signal. It is designed as quadrifilar structure with phase variation 0° , 90° , 180° , 270° to obtain circular polarization. Upper gap, turn number and height of QHA are varied to obtain optimization dimensions. Optimization dimensions are gap= 2.2mm , turn number= 0.9 , height= 42mm and input reflection coefficient is approximately -5.8dB . Designed QHA can be applied to Satellite -DMB terminal

키워드

Quadrifilar helical antenna, Satellite-Digital Multimedia Broadcasting, Satellite -DMB terminal

1. 서 론

현대사회는 정보통신의 발달에 의하여 모든 일을 처리하는 데 있어서 유비쿼터스 정보화 사회에 진입하여 정보화기기의 큰 혜택을 누리고 있다. 위성을 이용한 정보통신시스템은 유비쿼터스 사회에 있어서 가장 대표적인 것이며 가장 대표

적인 멀티미디어 기기는 위성-DMB(Satellite Digital Multimedia Broadcasting)이다. DMB는 디지털 멀티미디어 방송시스템으로서 위성을 이용하는 S-DMB와 지상파를 이용한 T-DMB로 구분된다. 위성-DMB의 경우 T-DMB에 비하여 다양한 장점이 있으며 위성통신을 이용하기 때문에 서비스 영역이 매우 광범위하나 대기감쇠가 적은 원 편파를 사용해야 한다. 특히 주 편파

* 경남대학교 정보통신공학부

접수일자 : 2009. 01. 17

(co-polarization)를 우회전 원 편파(RHCP)로 하고 있다. 따라서 위성-DMB 단말기의 안테나는 우회전 원 편파 특성이어야 한다. 가장 많이 적합한 원 편파 안테나로는 마이크로스트립 패치 안테나 및 QHA(Quadrifilar Helical Antenna) 등이 있으나 원 편파 특성을 얻기 위해서는 직교하는 전자계가 같은 크기이면서 위상이 $\pm 90^\circ$ 가 되어야 하므로 소형 원 편파 안테나로는 QHA가 가장 적합하다. QHA가 여타의 안테나에 비해 비교적 작고 간단하며 접지가 요구되지 않는 구조이면서도 손쉽게 원 편파 특성을 얻을 수 있으며 QHA의 기본구조는 4개의 헬릭스(helix)가 등 간격을 가지며 축 방향으로 감겨진 구조로 되어있다. 헬릭스의 급전은 각각 헬릭스에 같은 크기이면서 위상이 0도, 90도, 180도 및 270도 되도록 급전된다. QHA의 방사특성, 축비 및 VSWR 특성은 헬릭스의 직경과 축의 길이 및 턴 수에 의해 좌우된다.

QHA는 Gerst와 Worden에 의해 발명되었다[1]. 이들은 멀티파일러(multifilar) 헬리컬 안테나에 대한 연구를 수행하여 최초로 QHA에 대한 제반 특성에 대한 연구가 진행된 이후 90년대 들어와서는 위상 imbalance에 의한 영향을 모먼트법으로 연구하였다[2]. Bifilar 헬리컬 구조의 급전부에 split 발룬(balun) 적용하고 헬리컬 도체와 갭(gap)이 서로 대칭되는 구조로써 안테나 직경과 무관한 임피던스 특성을 갖는 안테나[3]를 연구하였으며 하나의 QHA 안테나에서 2중 대역을 동시에 사용할 수 있는 QHA에 관한 연구가 이루어졌다[4][5].

본 논문은 4개 헬릭스 각각의 종단에 스텝을 적용하고, 안테나 상단을 단락(short)한 구조로써 S-DMB의 단일대역용 QHA를 설계한다. QHA의 공진되는 헬릭스 특성 파라미터를 QHA 상단에서 갭의 크기 및 안테나 회전수를 구하며 우회전원편파(RHCP) 축비(axial ratio) 특성을 만족하도록 헬릭스의 길이를 최적화 조건을 구하여 공진주파수에서 안테나의 방사패턴과 원형편파특성과의 관계를 구하여 최적의 QHA 안테나를 설계 제작한다.

본 연구에 의한 최적 설계된 QHA 안테나를 구

현하기 위하여 설계된 안테나를 제작하여 실측한다. 제작을 캐리어(carrier)인 폴리이미다 sheet 위에 설계한 헬릭스를 구현하고 이를 원통구조로 만듦으로써 QHA를 제작한다. 제작된 안테나를 network analyzer를 통하여 대역별 VSWR 특성을 측정하고, 무반사실에서 원 편파 방사특성인 방사패턴, 이득 및 축비 특성을 측정하고 이론적 시뮬레이션 결과와 비교 고찰한다.

II. Quadrifilar Helical Antenna

방사되는 구조는 급전 포인트에서 위상의 직교가 일으켜지는 4개의 Helix conductor를 구성하고 이것은 상단 방사부 중심에 위치한다[6]. Quadrifilar Helix는 심장형 모형과 원형 편파인 것을 보여주며 사용 되는 변수와 매개변수는 그림1.에서 정의 된다. 방사 전자계와 헬리컬 부분의 전자계는 독립적으로 평가되고 합해진다[7].

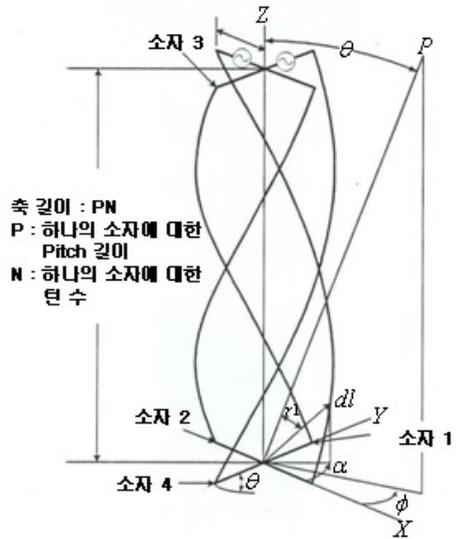


그림1. QHA 모델
Fig.1. Quadrifilar Model

소자 1과 2의 helical 부분을 위한 E_0 는 다음과 같이 주어진다[7].

$$E_{\phi H_1} = -jK \int_{\alpha=0}^{2N\pi} \cos\left(\frac{\alpha}{2N}\right) \cdot \cos(\phi - \alpha) \exp[jk(r_0 \cos \alpha \cdot \sin \theta \cos \phi + r_0 \sin \alpha \sin \theta \sin \phi + \frac{P\alpha}{2\pi} \cos \theta)] d\alpha$$

$$E_{\phi H_2} = -jK \int_{\alpha=0}^{2N\pi} \cos\left(\frac{\alpha}{2N}\right) \cdot \cos(\phi - \alpha) \exp[jk(-r_0 \cos \alpha \cdot \sin \theta \cos \phi - r_0 \sin \alpha \sin \theta \sin \phi + \frac{P\alpha}{2\pi} \cos \theta)] d\alpha$$

소자 3과 4는 소자 1, 2에 대하여 직교위상으로 직 급전이 되므로 전계는 다음과 같다.

$$E_{\phi H_3} = K \int_{\alpha=0}^{2N\pi} \cos\left(\frac{\alpha}{2N}\right) \cdot \sin(\phi - \alpha) \cdot \exp[jk(-r_0 \sin \alpha \sin \theta \cos \phi + r_0 \cos \alpha \sin \theta \sin \phi + \frac{P\alpha}{2\pi} \cos \theta)] d\alpha$$

$$E_{\phi H_4} = K \int_{\alpha=0}^{2N\pi} \cos\left(\frac{\alpha}{2N}\right) \cdot \sin(\phi - \alpha) \cdot \exp[jk(-r_0 \sin \alpha \sin \theta \cos \phi - r_0 \cos \alpha \sin \theta \sin \phi + \frac{P\alpha}{2\pi} \cos \theta)] d\alpha$$

QHA의 방사전류가 균일한 분포에 근접한다면 1회전에 대한 단순화된 풀이는 다음과 같은 식으로 표현된다[7].

$$E_{\phi R1,2} = \frac{-jwue^{-jkr}}{4\pi r} 2r_0 I_0 \cdot \sin \phi (1 + e^{jkP \cos \theta})$$

$$E_{\phi R3,4} = \frac{wue^{-jkr}}{4\pi r} 2r_0 I_0 \cdot \cos \phi (1 + e^{jkP \cos \theta})$$

III. QHA 설계

앞 절에서 제시된 헬리컬 안테나의 전자계에 대한 식을 적용하기 위하여 헬리컬 안테나의 구조를 그림2와 같이 나타내었으며 헬리컬 안테나는 하단에 설치된 급전구조는 동축선으로 4가닥이며 안테나의 구조를 나타내는 헬릭스(Helix) 선은 그림과 같이 균일한 각도로 안테나 축을 따라 헬리컬하게 돌려져 있고 상단에서 4개의 헬릭스(Helix)는 상호 연결된다. 4개의 헬릭스 구조를 갖는 QHA(Quadrifilar Helical Antenna)의 구조에서 설계를 위한 주요한 변수는 상단 갭 a, 헬릭스의 회전수(turn) b, 높이 c로 설정하였다.

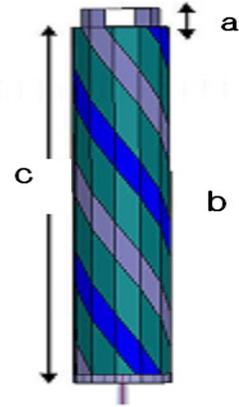


그림2. QHA의 구조

Fig.2. Structure of QHA with four Helix

상단 갭 a는 4개의 헬릭스가 서로 90도 위상차를 갖도록 하였으며 QHA 안테나의 상단 갭에 대한 변수 a에 의한 입력임피던스 S₁₁ 값을 안테나 프로그램 HFSS를 이용하여 구한 특성은 그림3과 같다.

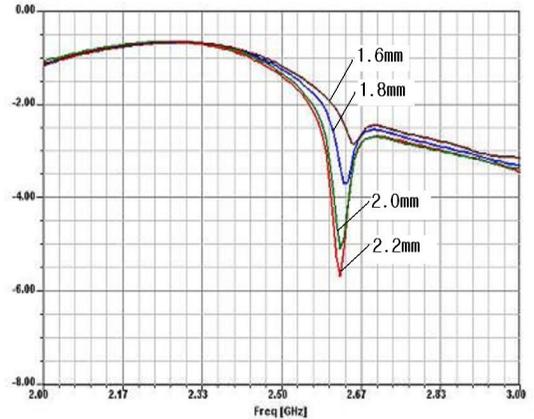


그림3. 상단 갭 a 변화에 따른 S₁₁

Fig.3. Input Impedance S₁₁ with gap a of QHA

표1. 갭 A에 따른 축비특성

Table. 1 Shortage ratio with gap A

a 치수	축비[dB]	a 치수	축비[dB]
1.6 mm	1.192	2.0 mm	0.10
1.8 mm	0.578	2.2 mm	0.508

설계하려는 QHA 안테나에 적용된 변수는 회전수 $b=0.9$, 높이 $c=42\text{mm}$ 로 하였으며 상단 갭의 높이 a 를 1.6, 1.8, 2.0, 2.2mm로 변화시키면서 S_{11} , 축비(Axial Ratio) 및 방사패턴 특성을 고려하여 모의실험하였다. 그림에서 보듯이 갭 간격이 2.2mm일 때 가장 좋은 -5.8dB 의 S_{11} 특성을 보인다. 상단 갭 간격에 따라 축비(axial ratio)와 방사특성도 변화하는데, 간격별 축비특성을 표.1에 나타내었고 축비는 상반평면 상 축비로써 $a=2.0\text{mm}$ 일 때 축비가 가장 양호하였으나 하반평면 축비가 나쁘기 때문에 하반평면 축비와 방사패턴이 양호한 2.2mm로 결정하였다.

그림4는 턴 수 b 에 대한 설계한 QHA 안테나의 S_{11} 특성을 보여주고 있다. 회전수가 증가하면 헤릭스의 길이가 증가하여 공진주파수가 하향되는 특성이 그림2에서와 같이 나타났다. QHA 안테나의 회전수를 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95에 따라 공진주파수가 하향화되고 있음을 알 수 있었으며 회전비 $b=0.9$ 로 설정하였다.

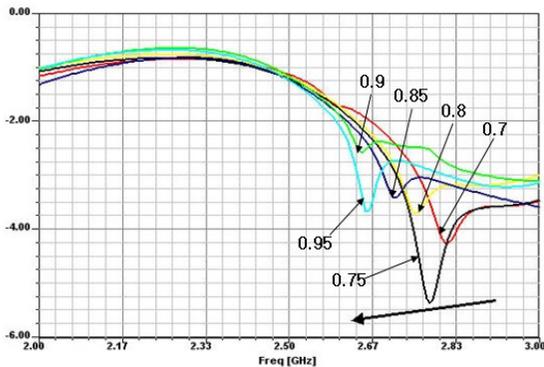


그림4. 회전수 b 에 의한 S_{11} 특성
Fig.4 Input impedance S_{11} with turn b of QHA

그림.5는 QHA의 길이 c 변화에 따른 S_{11} 특성 변화이고 이때 변수를 $a=2.2\text{mm}$, $b=0.9$ 로 설정하였다. QHA의 길이가 길어질수록 공진주파수는 낮은 주파수로 이동하고 있음을 알 수 있으며 안테나의 물리적 길이가 증가할 경우 공진주파수가 낮아지는 이론을 확인할 수 있다 [8]. 설계하려는 QHA안테나의 상단 갭 a , 회전수 b 및 안테나 길이 c 가 각각 변화할 때

QHA안테나의 입력임피던스 S_{11} 특성변화 뿐만 아니라 축비와 방사특성의 변화에 대한 분석과정을 통하여 최적 설계된 QHA의 설계 구조는 갭 $a=2.2\text{mm}$, QHA 턴수 $b=0.9$ 턴 및 길이 $c=42\text{mm}$ 일 때 가장 최적의 축비와 방사패턴을 나타내었다.

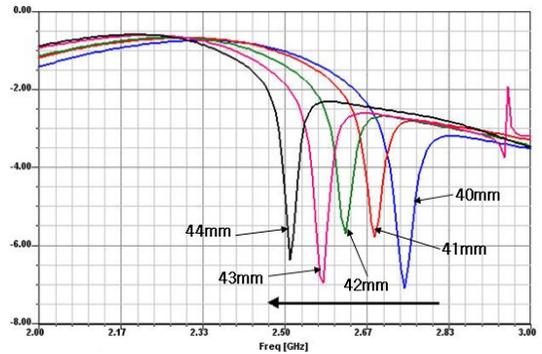
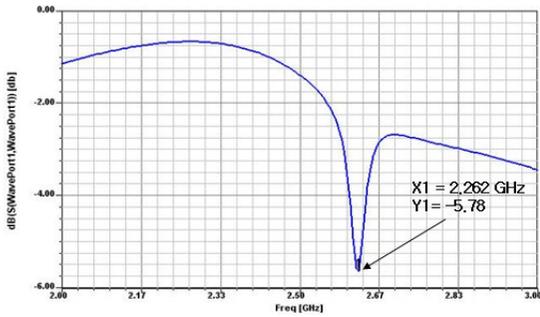


그림5. QHA 길이별 S_{11} 특성
Fig.5. Input impedance S_{11} with QHA length

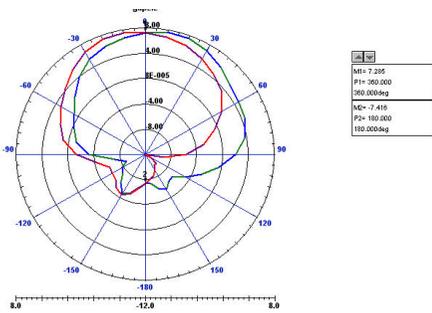
표2. 회전수 b 및 길이 c 변화에 따른 축비특성
Table.2 Axial ratio with Turn ratio b and length c

b [턴]	축비[dB]	c [mm]	축비[dB]
0.75	3.445	40	1.834
0.8	9.191	41	1.349
0.85	17.542	42	0.508
0.9	0.508	43	1.163
0.95	7.596	44	1.129

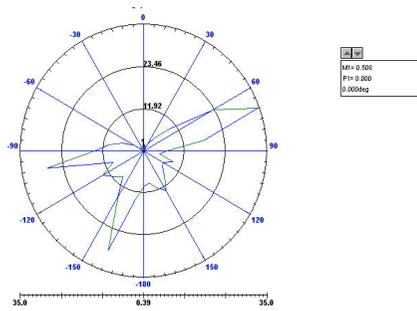
그림6과 같이 최종 설계된 QHA의 입력임피던스 S_{11} 은 주파수 2.62GHz에서 약 -5.8dB 정도이며, 상반평면 방사특성과 0.508dB의 축비특성을 나타내었다. QHA 안테나 설계에서 입력임피던스 S_{11} 이 우수하지 않은 것은 안테나 이득과 방사패턴이 안테나의 입력임피던스 보다는 안테나의 축비가 영향을 크게 미치므로 안테나의 축비를 우수하게 하기 위하여 입력임피던스를 낮게 설정하였으며 안테나의 입력임피던스를 개선하기 위하여 임피던스 정합회로를 별도로 사용하여 정합시킬 수 있다.



(a) 설계된 QHA 안테나의 S₁₁
 (a) Input impedance of designed QHA Antenna



(b) 설계된 QHA 안테나의 방사특성
 (b) Radiation pattern of designed QHA antenna



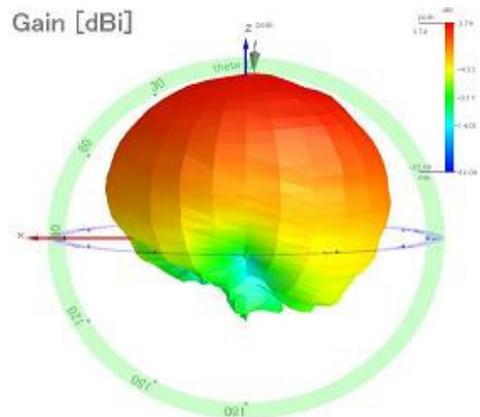
(c) 설계된 QHA 안테나의 축비특성
 (c) Axial Ratio of designed QHA Antenna

그림6. 최종 설계된 QHA의 특성
 Fig. 6 Characteristics of designed QHA antenna

위성-DMB 단말기에 적용시키기 위한 안테나 설계에 있어서 원형 편파 특성을 나타내기 위하여 QHA 안테나의 4가닥 급전선의 위상이 서로 90°가 되도록 QHA의 헤릭스의 크기가 동일하고 위상이 0도, 90도, 180도 및 270도 되도록 급전시키는 안테나를 제작하였다. 이 QHA 안테나의 주요 장점은 작은 크기, 뛰어난 우회전 원형 편파 범위를 가지는 심장형태의 방사 패턴, 대부분의 범위에 대해 높은 축 비율이다[9]. QHA의 기본구조는 각 4개의 헤릭스가 동일간격을 가지며 축 방향으로 감겨진 구조로 그림7과 같이 설계 제작하였다. QHA의 방사특성, 축비 및 VSWR 특성은 헤릭스의 직경과 축의 길이 및 턴 수에 의해 좌우되므로 헤릭스의 길이를 조절하는 방법, 헤릭스의 끝을 연결하는 높이 및 QHA의 길이를 변수에 대하여 정밀 치수가 되도록 미세설계 하였다.



그림7. 제작된 QHA 안테나
 Fig.8 Designed QHA Antenna



IV. 안테나 제작 및 측정분석

그림8. 3차원 방사패턴(주파수 2.63GHz)
Fig.8 Radiation pattern of designed QHA Antenna

표 3. 측정된 QHA의 이득, 빔폭 및 효율
Table. 3 Measured QHA antenna gain and efficiency

Freq	Peak Gain [dBi]				BeamWidth			Eff.
	3D	H	E1	E2	H	E1	E2	
2630	0.76	-2.75	-1.72	0.31	45.0	52.1	58.8	53.36
2635	0.95	-3.41	-1.04	0.53	44.4	60.0	59.9	53.84
2640	0.93	-4.43	-0.52	0.60	40.1	60.5	60.6	53.51
2645	0.78	-5.65	-0.12	0.55	17.6	59.3	61.3	53.45
2650	0.69	-5.94	-0.05	0.29	78.9	73.2	57.5	52.28
2655	0.89	-5.48	-0.11	0.16	89.3	70.0	59.0	53.37

제작된 QHA의 방사패턴은 그림8과 같다. 그림8은 3차원 방사패턴으로 측방향의 방사특성을 나타내었으며 방사특성 측정으로 얻은 주파수별 이득과 빔 폭 및 안테나효율은 다음 표3.과 같다. 표3에서 보듯이 설계한 QHA 안테나의 이득은 0.95dBi이고 3dB 빔폭은 약 60도이며 방사효율은 53%정도가 되고 있어 만족할 만한 결과를 보이고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 위성 DMB 단말기에 적용시키기 위하여 휴대폰용 QHA를 설계 제작하였다. QHA 안테나의 설계특성을 나타내기 위하여 안테나 방사패턴과 축비 및 입력임피던스의 관계를 QHA 안테나의 상단 갭의 크기와 회전수 및 길이를 최적화시키기 위하여 안테나 프로그램을 적용하였으며 헬릭스의 방사패턴은 수치해석된 값과 측정된 data와 일치함을 확인하여 최적 위성-DMB단말기용 안테나를 설계할 수 있었다. 최적 설계된 QHA 안테나를 폴리이미다판(sheet)로 제작하여 제반특성을 측정 한 결과 VSWR 2:1 기준이내이었으며 QHA 안테나의 이득은 0.95dBi이고 3dB 빔폭은 약 60도이며 방사효율은 53%정도가 되고 있어 만족할 만한 결과를 보이고 있다.

향후 위성DMB 및 GPS를 동시에 수신하기 위한 휴대폰용 QHA를 설계하기 위하여 원형편파 특성을 효과적으로 얻는 방안에 대한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] C. Gerst, R. A. Worden, "Helix antennas take turn for better" *Electronics*, pp.100-110, Aug., 1966
- [2] Tranquilla, James M. and Steven R. Best, "A Study of the Quadrifilar Helix Antenna for Global Positioning System (GPS) Applications", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. pp.1545, October, 1990.
- [3] N. Takemura, M. Ohtsuka, I. Chiba, S. Urasaki, "A Helical Antenna with a Self-complementary Shape", *Proc. of the IEEE AP-S international Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 0-7803-7070-8/01, July, 2001
- [4] R. A. Sainati, J. J. Gropelli, R. C. Olsen, and A. J. Stanland, "A band-switched resonant quadrifilar helix", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. AP-30 pp.1010-1013, sept. 1982
- [5] Lamensdorf, D.; Smolinski, MA; "Dual-band quadrifilar helix antenna" *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2002. IEEE Volume 3, 16-21 June 2002 Page(s):488 - 491 vol.3
- [6] Amin, M.; Cahill, R.; "Compact quadrifilar helix" antenna *Electronics Letters* Volume 41, Issue 12, 9 June 2005 Page(s):672 - 674
- [7] C. C. Kilgus, "Resonant Quadrifilar Helix", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol.AP-17, pp.349-351, May 1969.
- [8] C. A. Balanis, "Antenna Theory-Analysis and Design" New York: Wiley, 1982.
- [9] Hosseini, M.; Hakkak, M.; Rezaei, P.; "Design of a dual-band quadrifilar helix antenna" *Antennas and Wireless Propagation Letters*, IEEE Volume 4, 2005 Page(s):39 - 42

저 자 소 개

이 강 훈(Kang-Hoon Lee)

1996.2: 경남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1998.2: 경남대학교대학원 전자공학과(공학석사)
1998.8-2000.4: 에이스테크놀로지
2003.03: 경남대학교 대학원정보통신공학과 (박사수료)
2004.4-현재: 스카이크로스 연구소장



박 주 남(Ju-Nam Park)

2007.2: 경남대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
2007.11: 경남대학교 대학원 정보통신공학과(석사과정)

이 영 철(Youngchul Rhee)

한국전자통신학회 제3권제2호 참조
2008.11월 현 경남대학교 정보통신공학과 교수