

## PCB 피딩 라인에 의한 위상차를 이용한 Quadrifilar Helical Antenna의 제작

박상조\*

### Implementation of Quadrifilar Helical Antenna Using Phase Difference with PCB Feeding Line

SangJo Park \*

#### 요약

휴대전화를 통해서 양질의 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 서비스를 받기 위하여 지하나 건물사이 음영지역을 제거하기 위한 갭필러(Gap filler) 안테나가 필요하다. 동축 급전선과 4개의 임피던스 정합회로를 필요로 하는 종래의 방식에 비하여 PCB의 피딩 라인에 의한 위상 차이를 이용한 Quadrifilar Helical Antenna(QHA)를 설계하고 제작한다. MicroWave Studio를 이용한 시뮬레이션을 통하여 기존 방식의 QHA에 비해 안테나의 크기와 직경이 안테나 특성에 많은 영향을 주는 것을 파악하여 QHA 제작에 활용하였다. 시뮬레이션을 통한 설계 데이터를 근거로 별도의 임피던스 정합회로가 필요 없는 QHA를 제작하여, 전기적 특성을 측정 한 결과 설계치와 유사한 특성을 얻었다.

#### Abstract

Gap filler antennas are needed for serving the high quality of DMB through the cellular phone by eliminating the shadow regions among buildings or underground. We implement Quadrifilar Helical Antenna using phase difference with PCB feeding lines without coaxial cables and four impedance matching circuits. It is shown that the antenna characteristics is affected by the size and diameter through the simulation process using MicroWave Studio and it is applied for implementing QHA. Experiment results confirm that the performance can be gained as same as the simulation data by using the phase difference with PCB feeding lines without additional impedance matching circuits.

▶ Keyword : DMB(Digital Multimedia Broadcasting), 갭필러 안테나(Gap filler antenna), Quadrifilar Helical Antenna(QHA), 임피던스 정합회로(Impedance matching circuit)

---

• 제1저자 : 박상조  
• 접수일 : 2008. 7. 5, 심사일 : 2008. 9. 18, 심사완료일 : 2008. 11. 26.  
\* 서원대학교 교수

## I. 서론

(그림 1)과 같은 Digital Multimedia Broadcasting(DMB) 서비스와 관련하여 도심건물, 지하철, 터널과 같은 음영지역을 해소하기 위한 장비로 중계기인 갭필러(Gap Filler)의 설치가 진행되고 있다 [1]. DMB 서비스를 달리는 차 안에서도 흔들림 없이 양질의 화면을 시청하고 휴대전화를 통해서 화질이 우수한 TV 시청하기 위하여 위성 DMB 자체만으로 부족하고, 지하나 건물사이 음영지역이 생기는 문제점을 보완하기 위해서 갭필러 안테나를 설치하여야 음영지역에서도 양질의 DMB 서비스를 받을 수 있다.

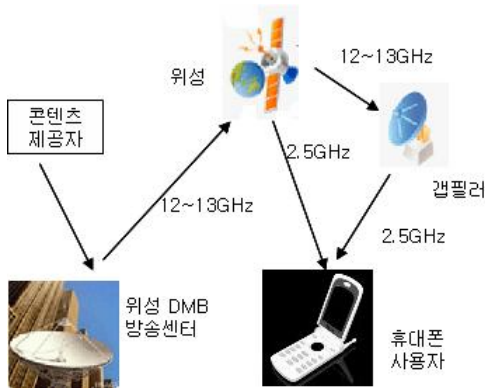


그림 1 갭필터를 이용한 휴대폰의 DMB 서비스  
Figure 1 DMB services of cellular phone using Gap filler antennas

갭필러용 안테나로 도넛형태의 전방향 방사 패턴을 제공하기 위해 설계된 여러 종류의 지이득 안테나 중에서 Quadrifilar Helical Antenna(QHA)는 원하는 양각영역 내에서 이동체들의 방향이나 방법에 상관없이 위성과 통신할 수 있다. QHA는 고도면에서 수평으로부터 60도 이상의 각도일 때, 최소 1 ~ 3dBc 이득과 방위면에서 무지향성 방사 패턴을 갖는 원편파 방사를 제공하기 위해 쓰여진다. QHA 외에 이와 같은 특성을 갖는 안테나는 나선형, 마이크로스트립 패치등이 있다. Quadrifilar는 넓은 각도의 영역에서 원편파를 제공하기 위한 전기적인 미소 안테나이다. Quadrifilar 안테나는 일반적으로 네 개의 나선으로 구성되며, 각 나선은 유전체 실린더 또는 어떤 유전체 디스크 지지대의 원주 표면상에 동일하게 놓여지고, 네 개의 위상이 인가된 같은 진폭의 신호가 각각 급전된다. 또한 Quadrifilar는 네 개의 위상으로 급전된 두

개의 직교 Bifilars로 설명될 수 있는데, 여기서 Bifilar는 두 개의 헬리컬 안테나이다 [2]-[9]. 종래의 Quadrifilar 안테나는 0°, 90°, 180°, 270° 위상 차이를 가지며, 동축 급전선과 임피던스 정합된 네 개의 소자로 연결된 위상 정합회로를 필요로 한다.

따라서 본 논문에서는 동축 급전선과 4개의 임피던스 정합회로를 필요로 하지 않는 QHA를 제작하기 위하여 4개의 위상을 하이브리드 위상회로를 이용하여 0°, 90°, 180°, 270°의 위상차를 만들어 주는 기존 방식과 달리 PCB의 피딩 라인을 이용하여 위상 차이를 주었다. CST의 MicroWave Studio를 이용한 시뮬레이션을 통하여 기존 방식의 QHA에 비해 안테나의 크기나 직경 등이 안테나 특성에 끼치는 영향을 고려하여 QHA를 설계한다. 시뮬레이션을 통한 수치 계산 결과를 통하여 QHA를 제작하고, 측정결과를 설계치와 비교 분석한다.

## II 종래의 QHA의 개요

### 1) 헬리컬 안테나

헬리컬 안테나는 (그림 2)와 같이 권수 2회 이상의 루프 안테나를 중심축 방향으로 나선 형태로 구성한 안테나이다 [10].

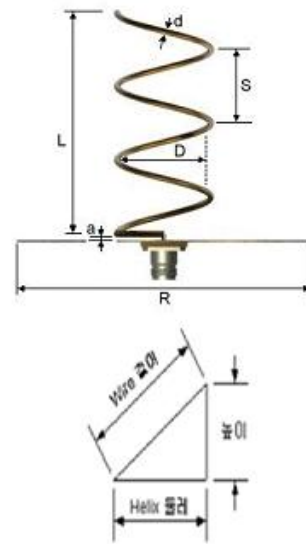


그림 2 헬리컬 안테나의 구성  
Figure 2 Configuration of helical antenna

헤리컬 안테나에서 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

D = 나선 지름

C = 나선 원둘레 =  $\pi D$

S = 권수 간의 피치 =  $C \tan \alpha$

$$\alpha = \text{피치각} = \tan^{-1} \frac{S}{C} = \tan^{-1} \frac{S}{\pi D}$$

L = 나선의 한 바퀴에 대한 원둘레 =  $\sqrt{C^2 + S^2}$

N = 권수

A = 축 길이 = NS

d = 나선 도체의 직경

## 2) QHA의 개요

종래의 방식인 외부에서 위상을 정합하는 QHA는 (그림 3)과 같이 입력에서 분리된 위상 정합회로를 필요로 한다 [10]. 위상 정합회로를 필요로 하는 QHA는 0°, 90°, 180°, 270° 위상 차이를 가지며, 동축 급전선과 임피던스 정합된 네 개의 소자로 연결된 위상 정합회로를 필요로 한다 [10]. 3dB 하이브리드는 네 개의 위상을 가진 동일한 진폭의 신호를 방사소자에 전달하기 위해 사용하며, 50Ω 임피던스 정합이 사용된다.

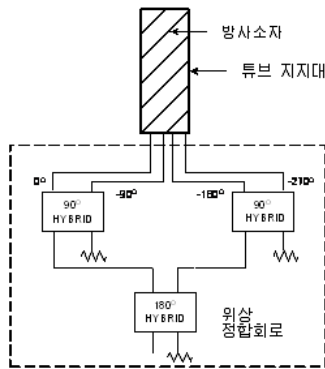


그림 3 외부에서 위상을 정합하는 QHA [10]  
Figure 3 Externally phased QHA

나선의 방사소자는 안테나의 방사 패턴 특성과 모양을 결정하기 때문에 실험적으로 소자의 사이즈 등을 결정한다. 전자계 방사의 주업은 소자의 위상을 변경하여 전방이나 후방으로 방사하고, 안테나의 축비율은 길이, 나선의 직경, 소자의 대칭성을 조절함으로써 결정된다. 나선 소자들을 지지하기 위해 실린더 발포재, 유전체 튜브 등이 사용되며, 유전체 물질들은 방사에 요구되는 위상 속도를 만족시키기 위해 저손실 탄젠트

와 저 유전율의 성질을 가져야

(그림 4)는 외부에서 위상을 정합하는 QHA 안테나의 방사 패턴을 보여준다 [10]. helix의 cylindrical dimensions는 대략 나선의 원통치수는 방사하는 전파의 한 파장 정도이고, 나선의 직경은 파장의 0.1배 정도이다.

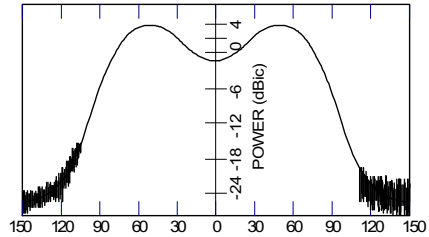


그림 4 외부에서 위상을 정합하는 QHA의 방사패턴  
Figure 4 Radiation pattern of externally phased QHA

## III. 시뮬레이션에 의한 QHA의 설계

동축 급전선과 4개의 임피던스 정합회로를 필요로 하지 않는 QHA를 설계하기 위하여 기존 방식과 달리 PCB의 피딩 라인을 이용하여 위상 차이를 설정하는 방식이다. 본 논문에서 제안하여 설계한 QHA는 (그림 5)와 같이 두 개의 나선으로 구성되며, 이들 소자들은 두 개의 방사형면으로 만들어진다 [11].

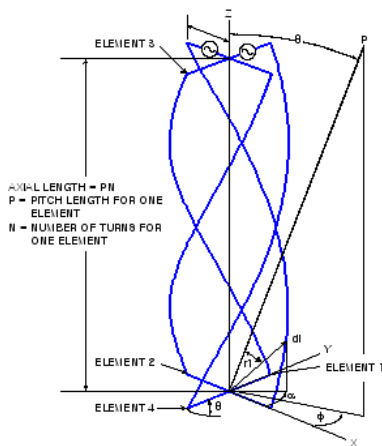
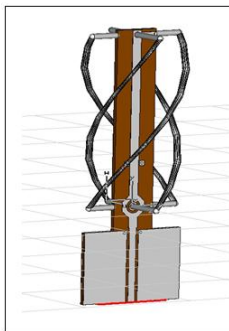


그림 5 두개의 나선체로 구성된 QHA의 구조 [11]  
Figure 5 Configuration of QHA composed of bifilar helices

1/4 파장 변환기로 구성된 방사형체는 2개의 나선에 급전한다. 이들 두 나선체에 직교 위상으로 급전하는 것은 원편파의 방사 패턴을 형성한다. 시뮬레이션 도구로 CST사의 MicroWave Studio를 사용하였으며, QHA의 중심 주파수는 2.645GHz(S-Band)이고 정재파비는 1.5 이하, 이득은 3dB 이상이며 RHCP(Right Hand Circular Polarization)를 목표치 설정하였다. PCB의 피딩 라인에 의한 지연선을 이용한 위상 정합회로를 실현하여 각각의 나선에 00, 900, 1800, 2700의 위상차를 가지는 네 개의 출력을 인가는 방식으로 설계하였다. 기존 방식과 달리 PCB의 피딩 라인을 이용하여 위상 차이를 주기 때문에 안테나의 크기와 직경 등이 안테나 특성에 많은 영향을 주기 때문에 MicroWave Studio를 사용한 시뮬레이션에 의하여 설계하였다 [12]. 시뮬레이션에 의하여 파라미터들을 설정하여 설계한 QHA의 사양을 (그림 6)에 나타내었다. 중앙의 PCB를 유전체로 사용하고, 유전율은 2.1로 설정하였고, 사용된 선은 지름1.2mm 동선으로 구성된다.

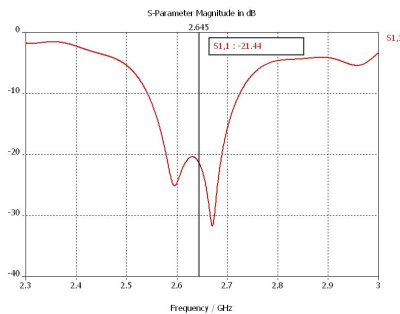


항 목	수 치 값
높이 H	35.8mm
지름 D	17.9mm
턴수	0.5턴
선 굵기	1.2mm
선 길이	59.42mm
중심 주파수	2.645 GHz

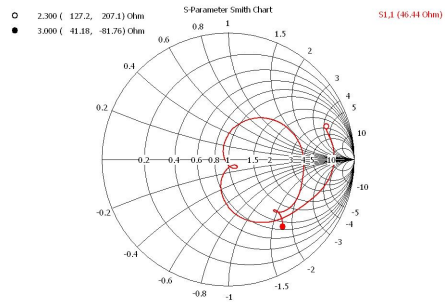
그림 6 설계한 QHA의 사양

Figure 6 Specification of QHA designed by simulation

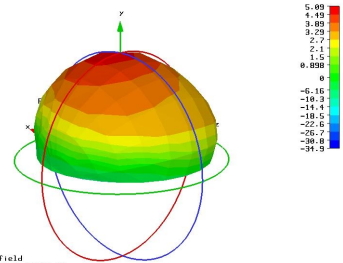
시뮬레이션을 수행하여 얻어진 S 파라미터, 임피던스, 방사패턴 그리고 정재파비 등은 (그림 7)과 같다.



(a) s 파라미터

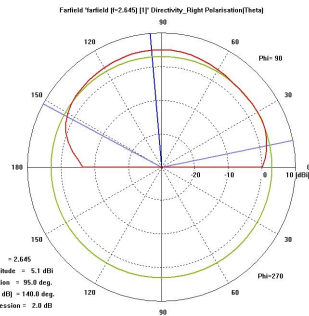


(b) 스미스 차트



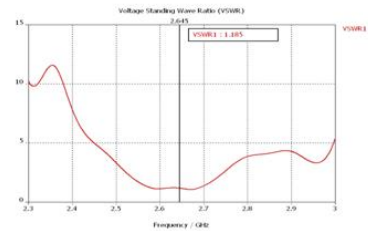
(c) 방사 패턴

Type = Farfield  
 Approximation = enabled (k0 > 11)  
 Monitor = Farfield (f=2.645) 111  
 Component = Right Polarisation  
 Dataset = Directivity  
 Frequency = 2.645



(d) 방사 각도

Frequency = 2.645  
 Main lobe magnitude = 5.1 dB  
 Main lobe direction = 90.0 deg  
 Angular width (3 dB) = 140.0 deg  
 Side lobe suppression = 2.8 dB



(e) 정재파비

그림 7 시뮬레이션 결과  
 Figure 7 Simulation results

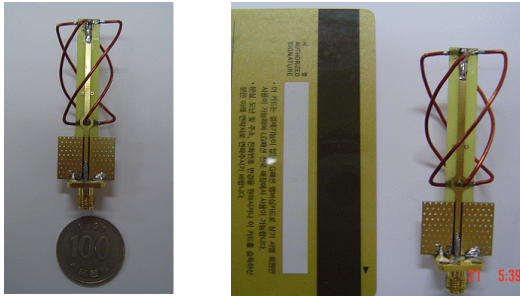
그리고 시뮬레이션을 수행하여 얻은 설계 데이터는 <표 1>과 같다.

표 1 설계한 QHA의 데이터  
Table 1 Data of QHA designed by simulation

구분	목표치	설계치
주파수	S-Band 2.645GHz	S-Band 2.645GHz
정재파비	1.5이하	1.185
이득	3 dBi 이상	5.09 dBi
빔 폭	120도 이상	130도 이상
편파	RHCP	RHCP

### IV. QHA의 제작 및 실험

제3장에서 기술한 시뮬레이션에 의하여 설계한 사양과 데이터를 근거로 제작한 QHA를 정면 및 상측에서 촬영한 사진을 (그림 8)에 나타내었다.



(a) 정면에서 본 사진



(b) 상측에서 본 사진

그림 8 제작한 QHA의 사진  
Figure 8 Specification of QHA designed by simulation

제작된 QHA의 전기적 특성을 측정하였다. 제작된 QHA의 삽입손실 결과는 (그림 9)와 같다. CST의 MicroWave Studio를 이용한 시뮬레이션을 통하여 기존 방식의 QHA에 비해 안테나의 크기나 직경 등이 안테나 특성에 많은 영향을

주는 것을 알게 되었기 때문에 측정과정에서 안테나 직경 등의 파라미터를 조금씩 수정하면서 측정하여 파라미터를 보완하였다.

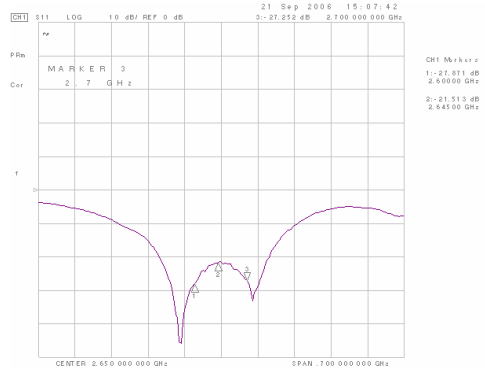


그림 9 제작된 QHA의 삽입손실 측정치  
Figure 9 Measurement of insertion loss of implemented QHA

측정한 결과 중심 주파수 2.645GHz에서의 삽입손실은 -21.51dB로 시뮬레이션 결과 -21.44dB보다 조금 향상되었다. 제작된 QHA의 정재파비의 측정치는 (그림 10)과 같다.

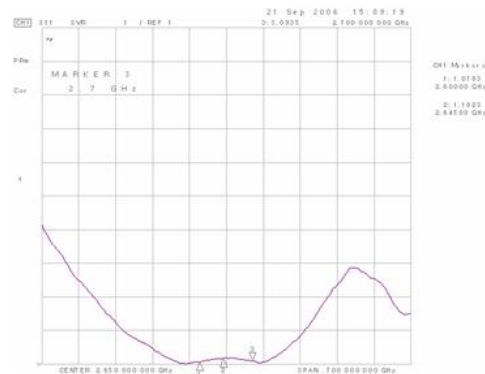


그림 10 제작된 QHA의 정재파비 측정치  
Figure 10 Measurement of standing wave ratio of implemented QHA

그리고 중심 주파수 2.645GHz에서의 정재파비는 측정치가 1.162로, 시뮬레이션 결과 1.185와 비슷하게 나왔다.

### V. 결론

휴대전화를 통해서 양질의 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 서비스를 받기 위해서는 위성 DMB 자체만

으로는 지하나 건물사이 음영지역이 생기는 단점이 있어 Gap filler 안테나를 설치하여야 한다. 종래의 Quadrifilar Helical Antenna(QHA)는 0°, 90°, 180°, 270° 위상 차이를 가지며, 동축 급전선과 임피던스 정합된 네 개의 소자로 연결된 위상 정합회로를 필요로 하고 있다.

본 논문에서는 PCB의 피딩 라인을 이용한 위상 차이를 이용하여 동축 급전선과 4개의 임피던스 정합회로를 필요로 하지 않는 QHA를 설계하고 제작하였다. MicroWave Studio를 이용한 시뮬레이션을 통하여 기존 방식의 QHA에 비해 안테나의 크기나 직경 등이 안테나 특성에 많은 영향을 주는 것을 파악하여 제작된 QHA의 직경 등을 수정하면서 전기적 특성을 측정하고 QHA를 제작하였다. 제작한 QHA의 전기적 특성을 측정한 결과, 중심 주파수 2.645GHz에서의 삽입손실과 정재파비는 시뮬레이션과 비슷한 결과를 얻었다. 향후 QHA 높이 등의 사이즈를 줄이고 입력 임피던스를 개선시키면 실용화도 가능할 것으로 사료된다.

[감사의 글]

안테나 제작 및 실험에 참여했던 노윤호군, 안테나 제작에 도움을 주신 GE 시스템(주)의 최병석부장 및 손수동연구원, 그리고 계측장비를 제공한 ICU 전파교육연구센터에게 감사드립니다.

참고문헌

[1] <http://blog.naver.com/create2nd.do?Redirect=Log&logNo=110002146736>.  
 [2] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, "ANTENNA THEORY AND DESIGN", JOHN WILEY & SONS, INC. 1981.  
 [3] H. Jasik, Editor, "Antenna Engineering Handbook", McGraw-Hill, New York, Chapter 7, 1961  
 [4] A. Kumar, "Fixed and Mobile Terminal Antennas", Artech House, 1991  
 [5] Bricker, R.W., "A Shaped Beam Antenna for Satellite Data Communication", IEEE AP-S Int. Symp. Digest, October pp. 121-126, 1976.  
 [6] Patton, W.T., "The Backfire Bifilar Helical Antenna", Antenna Laboratory Report 61, AD289084, Univ. of Illinois, Urbana, IL, September, 1962.

[7] Kilgus, C.C, "Resonant Quadrifilar Helix Design", Microwave Journal, Vol. 13, No. 12, December pp. 49-54,1970.  
 [8] Adam, A.T, R.K. Greenough, R.F. Wallenberg, A. Mendlovics, and C. Lumjiak, "The Quadrifilar Helix Antenna", IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. AP-22, No. 2, March pp. 173-178, 1974.  
 [9] Bricker, R.W, and H.H. Rickert, "An S-Band Resonant Quadrifilar Antenna for Satellite Communication", IEEE AP-S Int. Symp. Digest, pp. 78-81,1974.  
 [10] 손수동 "Gap Filler 용 Quadrifilar Helix Antenna에 관한 연구", 석사학위논문, 금오공대, 2005.  
 [11] <http://www.jcoppens.com/ant/helix/img/helix6a.jpg>.  
 [12] Microwave studio 매뉴얼.

저자 소개



박상조

1983년 2월 서울대학교 제어계측공학과(학사)  
 1985년 2월 서울대학교 대학원 제어계측공학과(공학석사)  
 1999년 3월 일본 오사카대학 통신공학(공학박사)  
 1984년~1991년 삼성전자 종합연구소 선임연구원  
 1995년~1996년 오사카대학 연구생  
 1992년~2000년 한국전자통신연구원 선임연구원  
 2003년~2006년 한국전자통신연구원 초빙연구원  
 2007년 1월~12월 캐나다 University of Victoria 객원교수  
 2009년도 Marquis Who's Who 인명사전 등재  
 2000년~현재 서원대학교 정보통신공학과 교수  
 <관심분야> 광무선 액세스 네트워크, 광 CDMA 방식, 센서네트워크