

자기공명영상촬영을 위한 Phased-Array Quadrature RF 코일

김선경, 양윤정, 이덕래, 안창범*, 이홍규**, 오창현
고려대학교 전자및정보공학부, 광운대학교*, (주)메디슨**

Phased-Array Quadrature RF Coil for Magnetic Resonance Imaging

S.K. Kim, Y.J. Yang, D.R. Lee, C.B. Ahn*, H.K. Lee**, and C.H. Oh
Department of Electronics and Information Engineering, Korea University,
Kwang-woon University*, and Medison Ltd.**

ABSTRACT

A new phased-array quadrature RF coil for one or two RF acquisition channels is developed for spine MR imaging.

Quadrature RF coils for MRI have been useful to improve the signal-to-noise ratio (SNR) by " $\sqrt{2}$ " using two orthogonal RF coils in combination [1]. More recently, the phased-array RF coil has been proposed for more improvement of SNR by using an array of RF coil elements with a reduced size and coverage for each element.

Two new schemes are proposed for the new phased-array quadrature RF coil as follows : (1) Proper overlapping of two quadrature RF coils thus removing the mutual inductance and (2) Attaching preamplifiers right after the coil section and combining the signal with proper phase delays.

The coil has been implemented for receive-only mode. It has been tested

through phantom and volunteer imaging. The experimental results show the utility of the proposed RF coil.

서론

이 논문의 목적은 척추 영상을 위한 개선된 Quadrature phased-array RF 코일을 개발하는 것이다.

이런 종류의 RF 코일은 MRI에서 보통 쓰이는 volume 영상 코일과는 달리 큰 FOV(field of view)를 가지고 표면 근처의 관심 있는 영상 영역에 대해 좋은 SNR을 제공할 수 있다. Phased-array의 각 코일간의 간섭 현상을 다음과 같은 방법으로 개선하였다.

- (a) 인접한 코일을 적당한 간격으로 겹쳐지게 함으로써 상호 인덕턴스를 영으로 만들고
- (b) Pre-amp를 코일에 바로 붙임으로써 커플링 회로에서의 SNR loss를 방지하고 그 다음 단에서 코일 사이의 phase차를 보정하였다.

이 논문에서는 인체의 척추영상에 유용한 직사각형 모양을 가진 Receive-only mode의 Quadrature 코일을 phased-array type으로 설계, 제작하고 매디슨 Magnum 1.0T whole body MRI system을 사용하여 팬텀 실험과 사람 척추영상을 촬영하여 그 성능을 입증하였다.

방법 및 결과

표면 코일은 SNR을 향상시키고 이에 따라 공간 해상도도 높이기 위해 사용된다. 보통 Receive-only mode로 제작되며 이 연구에서는 아래와 같은 세 종류의 코일을 제작하여 그 성능(SNR)을 비교해 보았다.

(1) One-loop코일 : 이 코일은 1개의 loop으로 제작하여 최대한의 sensitivity를 제공하기 위한 크기와 모양으로 설계되었다. 그림 1에 그 모양을 보였다.

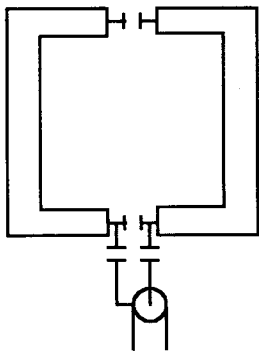


그림 1. One-loop 코일의 구조

(2) Quadrature코일 : 그림 2에 그 모양을 보였는데 이것은 같은 크기의 one-loop코일과 비교하여 $\sqrt{2}$ 배의 SNR 향상이 있다. Quadrature코일은 두 개의 직사각형 모양의 element("8" shape, horizontal element)와 한 개의 직사각형 모양의 element(One-loop, vertical element)를 대칭을 이루어 서로 겹쳐지게 하여 상호 인덕턴스를 상쇄시키도록 설계되었다.

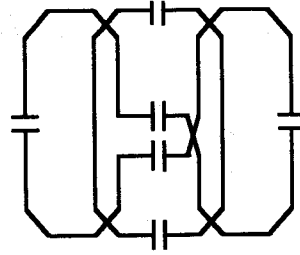


그림 2. Quadrature 코일의 구조 : One-loop 코일과 비교하여 $\sqrt{2}$ 배의 SNR 향상이 있었다.

(3) Phased-array quadrature coil : 두 코일 elements($11 \times 20\text{cm}$)와 한 개의 코일 element($14 \times 20\text{cm}$), 그리고 overlap은 최소 inductance를 갖게 제작되어진 두 개의 Quadrature 코일을 두 개 결합하여 설계되어진 코일이다. 그림 3에 그 모양을 보였으며 제작된 코일의 사진을 그림 4에 보였다.

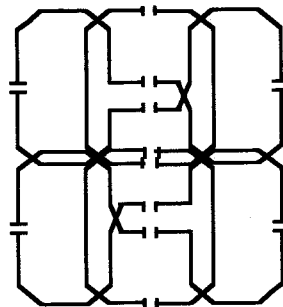


그림 3. Phased-array quadrature 코일의 구조 : 두 개의 Quadrature 코일을 연결하여 제작 되어졌다.

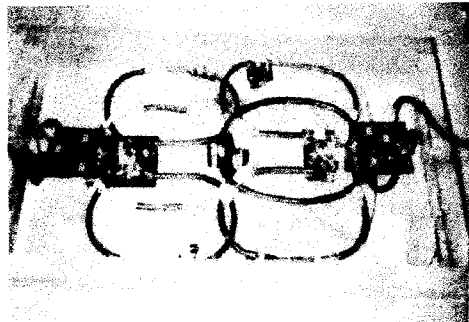


그림 4. 제작된 Phased-array quadrature 코일의 사진

위 코일들은 직경 8mm의 구리 튜브와 비자성체의 칩 커패시터, 그리고 가변 커패시터로 제작되었다.

이 코일들은 42.58MHz(1.0Tesla)에 tune되었고 50 Ω에 matching되었다. Quadrature코일의 경우 전체 커패시턴스는 6부분으로 분포되었다.

세 종류의 코일에 대해 코일의 quality factor(Q)값을 HP Network Analyzer 4195A로 측정하여 Table 1에 보였다(loaded Q).

Table 1. 세 종류의 코일의 quality factor(Q)를 측정한 결과

코일	Q(loaded)
One-loop 코일	25
Quadrature 코일 ("one-loop" element)	23
("8" element)	50
Phased-array quadrature 코일 ("one-loop" element)	40
("8" element)	100

Volunteer L-spine 영상을 같은 시퀀스를 사용하여 각 coil의 성능(SNR)을 비교 분석하여 Table 2에 보였다.

Table 2. 세 코일로 얻은 척추영상의 SNR을 비교한 결과

코일	SNR
One-loop 코일	30
Quadrature 코일	41
Phased-array quadrature 코일	58

Gradient echo sequence (TR: 500ms, TE: 16ms, 4mm Slice thickness, 256×256 acquisition matrix, NEX: 3, FOV: 256mm)를 사용하여 척추 영상을 얻었으며 Phased-array quadrature 코일이 다른 코일보다 SNR이 1.5~2.0배 높음을 알 수 있다.

결론

One-loop 또는 Quadrature코일에 비해 제작된 Phased-array quadrature RF 코일은 SNR이 향상되어 MRI에 유용하며 현재 메디슨 1.0 Tesla whole-body MRI시스템에 장착하여 실험 중이다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단(195, 02-E-0526) 및 보건복지부(G7 의료공학기술 개발과제)의 도움으로 수행되었음.

참고문헌

1. V.J. Sank, C-N. Chen, and D.I. Hoult, "A Quadrature Coil for the Adult Human Head," *Journal of Magnetic Resonance* 69, pp. 36-242, 1986.
2. P.B. Roemer, W.A. Edelstein, C.E. Hayes, S.P. Souza, and O.M. Mueller, "The NMR Phased Array," *Magnetic Resonance in Medicine* 16, pp. 192-225, 1990.