

뇌 인지 향상 및 통신을 위한 자기 빔 형성에 관한 연구

박건우, 나기용*, 이종원**, 채찬병***

연세대학교, *AT&C, **AT&C, ***연세대학교

gwpark20@yonsei.ac.kr, *keith.na@atnci.com, **kwlee@atnci.com, ***cbchae@yonsei.ac.kr

Magnetic beamforming for brain treatment and communications

Park Geon Woo, Na Gi Yong*, Lee Jong Won**, Chae Chan Byoung***

Yonsei Univ., *AT&C, **AT&C, ***Yonsei Univ.

요약

본 논문은 뇌 인지 향상 및 알츠하이머 병의 치료에 이용되는 경두개자기자극법 기술을 고도화할 수 있는 알고리즘을 제시한다. 다중 코일을 사용하여 자기 빔을 형성하고 자기 빔의 각도를 조절할 수 있는 방법을 제시하여, 뇌 인지 치료 기술 발전에 기여하고 차세대 통신 시스템의 양상을 제안한다.

I. 서론

길어진 인간의 수명에도 여전히 위협 요소로 존재하는 것들 중 하나가 바로 치매이다. 그 중 비중이 가장 높은 알츠하이머 병 같은 경우 한번 악화되면 기존 상태로 복구될 수 없는 특성을 가진다. 이 알츠하이머 병의 대표적인 비침습적 치료법 중 경두개자기자극법은 자기장을 통해 뇌의 특정 영역을 자극한다 [1]. 그러나 뇌의 깊은 영역까지 정밀하게 자극하기에는 기존 기술이 만드는 자기장의 집약도와 세기가 낮다. 단일 원형 코일에서 벗어나 더블 콘 코일이나 8자 모양 코일 등을 사용한 시도도 많았으나, 여전히 큰 폭의 개선이 필요한 상황이다. 본 논문에서는 다중 코일을 사용하여 자기장 빔을 형성하고, 자기장 빔의 집약도와 세기를 조절할 수 있는 알고리즘을 제시한다.

II. 본론

그림 1과 같이 송신 측에 4개의 공진 회로가 있는 경우에 수신 측 회로에 흐르게 되는 전류는 (1)과 같이 나타낼 수 있다. M_k 는 각각 k 번째 송신 회로 코일과 수신 회로 코일의 상호 인덕턴스에 해당한다. 본질적으로 상호 인덕턴스와 전류비로 이루어진 m_k 로 대체하여 쓰면 (3)과 같이 나타내어진다. 즉, m_k 가 채널 계수 역할을 하며 이 시스템의 채널은 상호 인덕턴스와 전류비에 의존하게 된다.

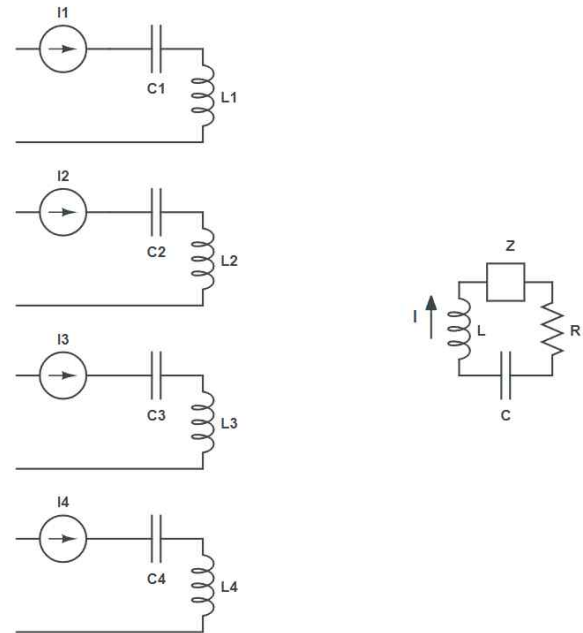


그림 1. 빔 형성을 위한 자기 공진 시스템

$$I = \frac{jw}{z + R} (M_1 I_1 + M_2 I_2 + M_3 I_3 + M_4 I_4) \quad (1)$$

$$I = \frac{jw}{z + R} I_s (M_1 i_1 + M_2 i_2 + M_3 i_3 + M_4 i_4) \quad (2)$$

$$I = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) I_s \quad (3)$$

$$m_k = \frac{jw}{z + R} M_k i_k \quad (4)$$

$$\alpha_k = \frac{m_k^*}{\sum_{k=1}^4 |m_k|^2} \quad (5)$$

기존에 다중 안테나를 이용해 수신 측에 전달되는 신호의 SNR을 최대화하는 Maximal-Ratio Combining 방법처럼 (5)와 같은 빔 형성 벡터를 구성할 수 있다.

III. 결 론

각 원형 코일이 만드는 자기장을 다변수 가우시안 분포로 근사하여 빔의 형성 및 각도 변화 양상을 확인하였다.

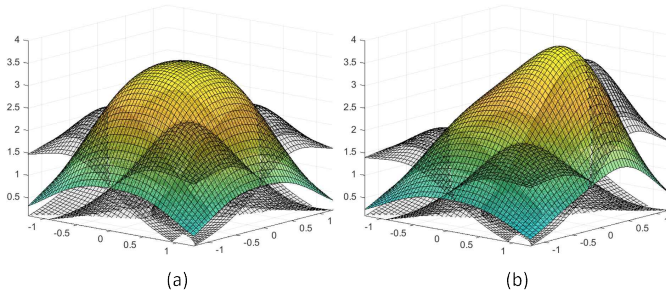


그림 2. 전압비에 따른 자기장 빔의 각도 변화 [3]

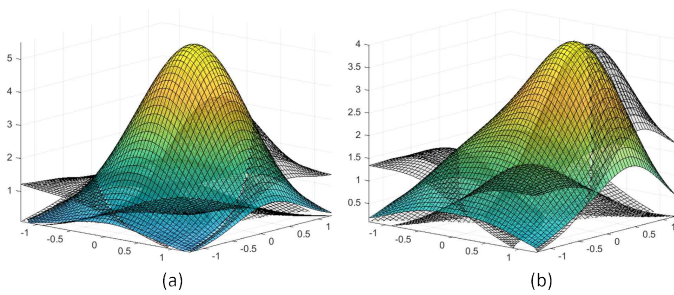


그림 3. 코일 간 거리에 따른 자기장 빔의 각도 변화

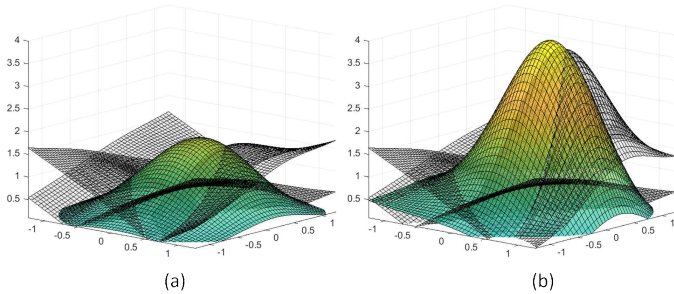


그림 4. 코일의 각도에 따른 자기장 빔의 각도 변화

그림 2에서는 다변수 가우시안에 곱하는 가중치를 같은 비율로 했을 때와 한쪽만 3배가 되는 비율로 했을 때의 중첩 결과를 나타내었다. 실제 송신 측의 각 회로에 가해지는 전압비에 대응되는 요소이다. 그림 3은 다변수 가우시안의 평균을 달리한 결과인데, 가중치 설정은 왼쪽과 오른쪽이 동일하다. 코일 간 거리를 달리하는 상황과 일맥상통한다. 그림 4는 각 다변수 가우시안의 기저 벡터를 달리하여 실험한 것인데, 원형 코일을 포함하는 평면이 지표면과 이루는 각도를 달리하는 경우에 대응된다. 각 경우 모두 자기장의 세기도 달라질 뿐더러, 지향성 또한 강해지는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 Altair Feko [2]를 이용해 실제 코일을 모델링하여 자기장 분포를 확인한 것이다. 구리선을 사용했으며 내부 반지름은 0.03m, 외부 반지름은 0.05m이고, 감은 수는 20회이다. 각 코일 간의 간격은 0.02m로 동일하게 하였다. 전압비를 1:1:1로 한 경우와 10:1:1로 한 경우의 자기장 분포를 코일이 속한 평면으로부터 0.1m에서 측정한 결과이다.

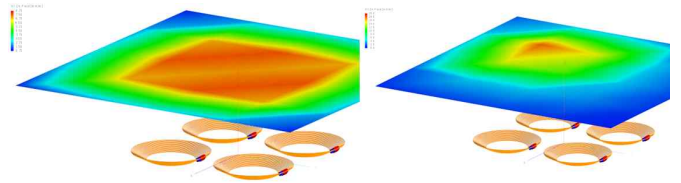


그림 5. 모델링을 통한 자기장 분포 측정

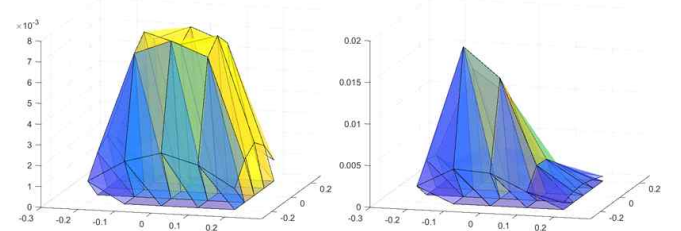


그림 6. 3차원 빔의 형태

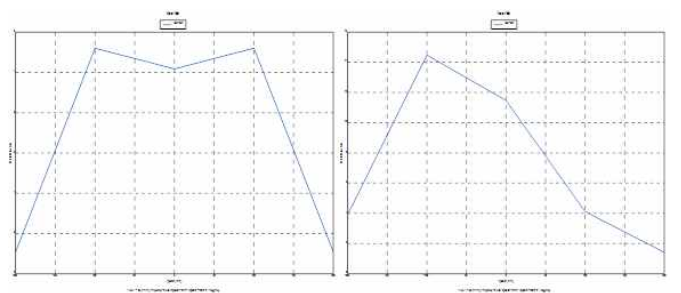


그림 7. 빔의 2차원 단면 형태

그림 6은 해당 상황의 결과를 MATLAB을 이용해 3차원으로 재구성한 것이고, 그림 7은 이를 2차원 단면으로 나타낸 것이다. 왼쪽의 경우 빔 형성조차 안 된 것에 비해 오른쪽은 빔이 형성되어 전압이 높은 쪽으로 치우친 것까지 확인할 수 있다.

본 논문에서는 자기 빔을 형성하고, 상호 인덕턴스 및 전류비에 영향을 주는 요소들을 변수로 하여 빔의 각도를 조절할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 세기가 크고 지향성 높은 자기 빔 형성에 대한 원리는 실질적인 알츠하이머 병의 치료에 있어 큰 기여를 할 것으로 기대된다. 또한, 뇌를 비롯한 인체가 관여되는 통신 상황에 필요한 차세대 통신 시스템의 양상의 밑바탕을 제공하였다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant through the Ministry of Science and ICT (MSIT), Korea Government, under Grant 2022R1A5A1027646.

참 고 문 헌

- [1] M. Weiler, K. C. Stieger, J. M. Long, and P. R. Rapp, "Transcranial magnetic stimulation in Alzheimer's disease: Are we ready?" eNeuro, vol. 56, no. 9, pp. 484–546, Jan.–Feb. 2020.
- [2] Altair Feko Inc. User Guide 2022.
- [3] G. Park, G. Na, J. Lee and C. -B. Chae, "Magnetic MIMO for brain treatment and communications," in Proc. IEEE CCNC, 2023.