

20kHz 자기장 노출에 의한 3차원 고해상도 인체모델의 유도전류 해석

송혜진*, 신한수, 변진규
 숭실대학교 전기공학과

본 논문에서는 대중교통수단의 무선충전에 쓰이는 20kHz 자기장에 인체가 노출되었을 때 인체 영향을 평가하기 위해 중간주파수 대역에서 유도전류 해석에 쓰일 수 있는 수치해석 기법을 제시하고, 제시된 수치해석 기법을 이용하여 3차원 고해상도 인체모델이 20kHz 자기장에 노출되었을 때의 유도전류를 계산하고 그 최대값을 구한다. 또한 3차원 고해상도 인체모델의 구조 및 조직별 전기적 특성을 분석하고 전자기장의 인체보호기준과 관련된 국제표준을 분석한다.

1. 서론

최근 무선충전방식을 적용한 대중교통수단이나 모바일 기기 무선충전 등의 다양한 분야에서 중간 주파수 대역의 자기장이 이용되고 있다. 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 주로 이동통신 단말기 등에 쓰이는 수백 MHz에서 수 GHz 주파수 대역과 전력기기 등에 50~60Hz 저주파 대역의 저주파에 대한 것이 주를 이루었고, 이에 대한 안전규격이 ICNIRP(International Commission on Non-

Ionizing Radiation Protection, 국제비전리 복사보호위원회)와 FCC 등에 의해 설정되었다. 이에 반해 대중교통수단의 무선충전에 쓰이는 20kHz 대역의 인체영향에 대한 연구는 상대적으로 미비하다. 전자장 인체보호기준의 양대 표준인 IEEE와 ICNIRP 표준에서 중간주파수 자기장 노출기준의 차이가 존재하고 있으며, 현재 국제표준의 개정이 이루어지고 있어 향후 관련 표준 제정 시 혼란이 야기될 수 있다. 따라서 기본적인 인체전류밀도를 해석 할 수 있는 수치해석 기법을 연구하여 20kHz 대역의 저주파 자기장의 안전성을 확보하여야 한다. 그러므로 본 논문에서는 20kHz 자기장대역에 대한 3차원 고해상도 인체모델의 전류 밀도 해석 기술을 확보하고 이를 이용하여 인체유도전류의 최대값을 분석한다.

2. 인체보호기준 표준분석

	Controlled Environment(A/m)	Uncontrolled Environment(A/m)
ICNIRP 1998	24.4	5
ICNIRP 2010	80	21
IEEE C95.1_2005	490	163

표1. Reference levels for magnetic field exposure (20kHz)

표1은 IEEE와 ICNIRP 표준에서 20kHz 자기장 기준레벨(Reference level)을 나타낸 것이다. 두 기준은 일반적으로 국제 기준으로 통용되고 있다. ICNIRP는 1998년에 비해 2010년 개정된 기준이 완화되었다. 또한 IEEE에서는 표준간의 차이에서 발생하는 혼란과 문제점을 극복하고 최근에 발표된 새로운 생물학적 연구결과를

고려하기 위해 IEEE C95.1-2005 표준을 제정하였다. 이 버전에서 국부 SAR의 기본한계를 포함한 상당부분의 개정이 이루어졌으며 전체적인 개정의 방향이 ICNIRP 기준과의 조화를 추구하는 방향으로 이루어졌다.

3. 3차원 고해상도 인체모델

본 논문에서는 Virtual Family Model[1]에 포함된 Virtual Family Tool을 이용하여 인체조직 파라미터를 분석하였다. Virtual Family는 자기공명영상 어른 2명의 데이터와 어린이 2명의 데이터 등 총 4가지의 해부학적 고해상도 모델로 구성되어 있으며 조직 및 장기가 3차원 CAD 개체로 만들어져 있다. 그림 1에 본 논문에서 해석한 “Billie”인체모델의 내부 구조가 나타나 있다. Virtual Family Tool의 주요 인체조직 파라미터는 다음 표2과 같다.

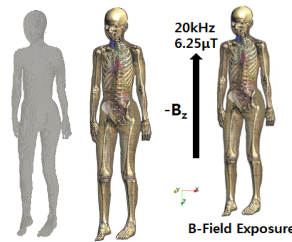


그림1. 3차원 고해상도 인체모델과 내부구조

	Permittivity ϵ_r	Electrical Conductivity σ (S/m)
Skin	1131.7	0.000214
Skull	362.076	0.020513
Muscle	18515.9	0.06072
Liver	5489.32	0.531337
Stomach	15521	0.34488

표2. The tissue parameter Human Model

또한 준정적 FDTD 프로그램을 인체유도전류 계산에 적용하여 20kHz 대역에서 자기장에 노출된 경우의 인체유도전류를 계산하였다. 각각의 노출 시나리오에서 자기장의 방향과 세기는 1998년 ICNIRP 인체보호 기준에서 정의된 일반인 20kHz 자기장 기준레벨을 근거로 정했다. 즉 20kHz 주파수 대역에서 자기장 노출의 경우는 발쪽에서 인체의 키 방향으로 들어오는 -z방향 6.25 μ T의 세기를 갖는 자기장을 소스로 사용하였다.

4. 유도전류 계산 결과

본 연구에서 사용한 인체모델은 신장 148cm, 약 75개의 조직으로 분류되어 있으며 각각의 조직에 대해 C. Gabriel의 연구에 의해 알려진 유전율과 도전율을 지정하였다 [2].

20kHz 자기장에 노출된 경우 인체유도전류의 y축에 방향에 따른 z-y 분포는 그림2와 같다. 그림을 보면 자기장 노출의 경우 인체유도전류의 최대값은 몸통 중심부분에서 나타났다. 이때 최대값은 약 0.105mA이다. 이 결과는 IEEE기준 20kHz 자기장의 일반인 유도전류 기준인 9mA의 2%미만 수준이다.

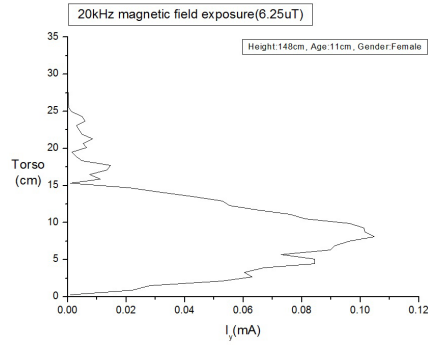


그림2. 20kHz 주파수 자기장 노출시 y축 방향에 따른 인체유도전류의 분포

5. 결론

본 연구에서는 저주파대역 기본적인 인체 전류밀도해석을 위해 준정적 FDTD 알고리즘을 이용한 소프트웨어를 개발하고 인체유도전류를 해석하였다. 그리고 20kHz 주파수에 대하여 3차원 인체모델의 인체유도전류를 계산하고 전류밀도 분포해석 및 최대값을 분석하였다. 본 연구는 20kHz 자기장의 인체 안전성에 대한 연구가 부족한 시점에서 대중교통 무선충전시스템의 상용화에 도움을 줄 수 있을 것으로 전망된다.

6. 참고문헌

- [1] <http://www.itis.ethz.ch/services/anatomical-models/overview/>
- [2] S. Gabriel, et al., "The dielectric properties of biological tissue", *Phys. Med. Biol.*, vol. 41, pp. 2271-2293, 1996.