

# Simulation and Analysis Evaluation of SAR on Human Head

陳怡蓁、林漢年

E-mail: 9315044@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

General use of wireless communication makes a great deal of electromagnetic radiation in surroundings, people started to concern about possible health risks. The most comely used standards or guidelines throughout the world are FCC OET65 Supplement C, IEEE/ANSI C95.1, IEEE Std-1528, CENELEC prEN50360, prEN50361 and ES59005. Also, we have SAR limits (1.6W/Kg for localized exposure) in our country. For realize the deposition of electromagnetic energy emitted by handset in human head, this study use simplified phantom of different shapes and sizes. Observe the SAR distribution and power absorption by changing the inner structure, electrical properties of tissue, sizes and shapes of the phantom, and the relative distance between phantom and handset to investigate the absorption mechanism at 900MHz when RF-sources operating in the very close proximity of the head.

Keywords : Specific Absorption Rate ; Electromagnetic Energy ; Head Phantom

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	
. . . . . iv	英文摘要 . . . . .	v	誌謝 . . . . .
. . . . . vi	目錄 . . . . .	vii	圖目錄 . . . . .
. . . . . x	表目錄 . . . . .	xii	
第一章 緒論 1.1 研究動機與目的 . . . . .	1	1.2 研究內容 . . . . .	
. 3	第二章 特定吸收率 2.1 前言 . . . . .	4	2.2 特定吸收率 SAR . . . . .
. . . . . 4	2.3 與 SAR 有關的參數 . . . . .	6	2.3.1 極化 . . . . .
. 7	2.3.2 頻率 . . . . .	8	2.3.3 大小及外型 . . . . .
. . . . . 9	2.3.4 組織的電氣特性 . . . . .	9	2.4 放射量測定理論 . . . . .
. . . . . 10	2.4.1 分析方法 . . . . .	11	2.4.2.1 矩量法 . . . . .
. . . . . 12	2.4.2.2 有限時域差分法 . . . . .	12	2.4.2.2 有限元素法 . . . . .
. . . . . 13	2.5 模擬模型 . . . . .	14	2.6 吸收功率計算 . . . . .
. . . . . 15	第三章 有限時域差分法 3.1	馬克斯威爾方程式與有限時域差分法 . . . . .	17
. . . . . 17	3.2 三維有限時域差分理論 . . . . .	25	3.3 Courant 穩定準則 . . . . .
. . . . . 31	3.4 吸收邊界條件 . . . . .	32	3.4.1 Mur 吸收邊界條件 . . . . .
. . . . . 33	3.4.2 Berenger 的 PML 吸收邊界條件 . . . . .	34	第四章 頭部 SAR 之模擬 4.1 模擬結構 . . . . .
. . . . . 37	4.1.1 均勻頭部模型 . . . . .	37	4.1.2 不均勻頭部模型 . . . . .
. . . . . 38	4.1.2.1 一般多層頭部模型 . . . . .	39	4.1.2.2 改變模型組織電氣特性 . . . . .
. . . . . 41	4.1.2.3 改變模型組織結構 . . . . .	42	4.2 其他說明 . . . . .
. . . . . 45	4.3 模擬結果 . . . . .	45	4.3.1 均勻頭部模型 . . . . .
. . . . . 46	4.3.1.1 均勻球體頭部模型模擬 . . . . .	49	4.3.2 不均勻頭部模型 . . . . .
. . . . . 50	4.3.2.1 多層頭部模型模擬 . . . . .	50	4.3.2.2 多層立方體頭部模型模擬 . . . . .
. . . . . 52	4.3.2.3 改變組織電氣特性之模擬結果 . . . . .	54	4.3.4 改變模型組織內部結構之模擬結果 . . . . .
. . . . . 55	4.4 綜合討論 . . . . .	57	第五章 結論 圖目錄 圖 1.1 (a) E 極化 ; (b) K 極化 ; (c) H 極化 . . . . .
. . . . . 7	圖 3.1 一次差分 (a) 前差分近似法 ; (b) 後差分近似法 ; (c) 中間差分近似法 . . . . .	18	圖 3.2 電磁場時間配置 . . . . .
. . . . . 21	圖 3.3 單胞上的電磁場分布 . . . . .	24	圖 3.4 格點附近的電磁場配置 . . . . .
. . . . . 25	圖 3.5 邊界附近的單胞 . . . . .	29	圖 3.6 位於四種各互不相同介電體邊界附近的單胞 . . . . .
. . . . . 30	圖 3.7 有限體積之計算空間示意圖 . . . . .	33	圖 4.1 (a) 球體頭部模型之模擬結構 ; (b) 模擬軟體所繪之模擬結構 . . . . .
. . . . . 35	圖 4.2 (a) 立方體頭部模型之模擬結構 ; (b) 模擬軟體所繪之模擬結構 . . . . .	38	圖 4.3 球體多層模型結構 (a) 模型內部結構圖 ; (b) 模擬軟體所繪之剖面圖 . . . . .
. . . . . 39	圖 4.4 立方體多層模型結構 (a) 模型內部結構圖 ; (b) 模擬軟體所繪之剖面圖 . . . . .	40	圖 4.5 球體 R=100, d=0mm 之 SAR 值關係圖 . . . . .
. . . . . 45	圖 4.6 立方體 S=200mm, d=0mm 之 SAR 值關係圖 . . . . .	46	圖 4.7 球體 R=100, d=10mm 之 (a) SAR 值

對x軸關係圖；(b) 頭部模型內垂直切面 (y平面) SAR分佈圖 (單位為dB)	47
圖4.8 立方體S=200mm, d=10mm之(a) SAR值對x軸關係圖；(b) 頭部模型內垂直切面 (y平面) SAR分佈圖 (單位為dB)	48
圖4.9 多層球體頭部模型R=100mm, d=10mm之(a) SAR值對x軸關係圖；(b) 頭部模型內垂直切面 (y平面) SAR分佈圖 (單位為dB)	50
圖4.10 多層立方體頭部模型S=200mm, d=10mm之(a) SAR值對x軸關係圖；(b) 頭部模型內垂直切面 (y平面) SAR分佈圖 (單位為dB)	52
表目錄 表4.1 人體各組織之介電參數	41
表4.2 球體及立方體多層模型各大小結構表	41
表4.3 改變後之組織結構模型與原始模型比較	43
表4.4 R=100mm之球體頭部模型之SAR值整理表	47
表4.5 R=75mm之球體頭部模型之SAR值整理表	48
表4.6 R=60mm之球體頭部模型之SAR值整理表	48
表4.7 S=200mm之立方體頭部模型之SAR值整理表	49
表4.8 S=150mm之立方體頭部模型之SAR值整理表	49
表4.9 S=120mm之立方體頭部模型之SAR值整理表	50
表4.10 R=100mm之多層球體頭部模型之SAR值整理表	51
表4.11 R=75mm之多層球體頭部模型之SAR值整理表	51
表4.12 R=60mm之多層球體頭部模型之SAR值整理表	52
表4.13 S=200mm之多層立方體頭部模型之SAR值整理表	53
表4.14 S=150mm之多層立方體頭部模型之SAR值整理表	53
表4.15 S=120mm之多層立方體頭部模型之SAR值整理表	53
表4.16 多層球體頭部模型改變組織電氣特性 (高含水量) 之SAR值整理表	54
表4.17 多層立方體頭部模型改變組織電氣特性 (高含水量) 之SAR值整理表	55
表4.18 多層球體頭部模型改變模型組織內部結構 (改變脂肪組織厚度) 之SAR值整理表	56
表4.19 多層立方體頭部模型改變模型組織內部結構 (改變脂肪組織厚度) 之SAR值整理表	56
表4.20 SAR值總整理表	59

## REFERENCES

- 參考文獻 [1] Q. Balzano, O. Garay, and J. T. Manning, " Electromagnetic energy exposure of simulated users of portable cellular telephones, " IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 44, no. 3, pp.390-403, Aug. 1995.
- [2] T. Schmid, O. Egger, and N. Kuster, " Automated E-Field scanning system for dosimetric assessments, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 44, no. 1, pp.105-113, Jan. 1996.
- [3] N. Kuster and Q. Balzano, " Energy absorption mechanism by biological bodies in the near field of dipole antennas above 300MHz, " IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 41, no. 1, pp.17-23, Feb. 1992.
- [4] N. Kuster, Q. Balzano and J. C. Lin, " Experimental and Numerical Dosimetry, " Mobile Communications Safety, pp.13-85, Chapman & Hall, London, UK, 1997.
- [5] W. Y. Habash, " Electromagnetic Fields and Radiation: Human Bioeffects and Safety, " Marcel Dekker, Inc., 2002.
- [6] IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz, IEEE Standard C95.1-1999, IEEE, New York, 1999.
- [7] M. A. Stuchly, M. Rahmam, M. Potter, and T. Williams, " Modeling Antenna Close to the Human Body, " Aerospace Conference Proceedings, 2000 IEEE, Volume: 5, 18-25 Mar., 2000.
- [8] H. Tamura, Y. Ishikawa and T. Kobayashi, " A Dry Phantom Material Composed of Ceramic and Graphite Powder, " IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, vol. 39, 1997.
- [9] K. S. Yee, " Numerical Solution of Initial Boundary Value Problems Involving Maxwell ' s Equations in Isotropic Media, " IEEE Trans. Antennas propagation, 14, 4, pp.302-207, 1966.
- [10] 林振華,電磁場與天線分析使用時域有限差分法(FDTD), 全華科技圖書股份有限公司發行, 民國八十八年。
- [11] A. Taflove and M. E. Brodwin, " Numerical solution of steady-state electromagnetic scattering problems using the time dependent Maxwell ' s equation, " IEEE Trans Micro-wave Theory Tech., vol. MTT-23, pp. 623-630, Aug, 1975.
- [12] G. Mur, " Absorbing boundary conditions for the finite-difference approximation of the time-domain electromagnetic field equations ", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol.23, pp.377-382, Nov. 1981.
- [13] J. P. Berenger, " A perfectly matched layer for the absorption of electromagnetic waves. " J. Computational Physics, 114(2):185-200, Oct. 1994
- [14] K. Ito, Y. Okano, A. Hase and I. Ida, " A tissue-equivalent solid phantom for estimation of interaction between human head and handset antenna, " Antennas and Propagation for Wireless Communications, 1998 IEEE-APS Conference on, 1-4 Nov., 1998.
- [15] Y. Kamimura, E. Murata, Y. Yamada, " Frequency dependence of energy deposition in the multilayered spherical model of a human head near a half wavelength dipole, " Electromagnetic Compatibility, 1999 International Symposium on, pp.329 - 332, 17-21 May 1999
- [16] K. W. Kim, Y. Rahmat-Samii, " EM interactions between handheld antennas and human: anatomical head vs. multi-layered spherical head, " Antennas and Propagation for Wireless Communications, 1998 IEEE-APS Conference on, Pages:69 — 72, 1-4 Nov. 1998
- [17] V. Hombach, K. Meier, M. Burkhardt, E. Kuhn and N. Kuster, " The dependence of EM energy absorption upon human head modeling at 900 MHz, " Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, Vol. 44, Issue. 10, Oct. 1996.

- [18] IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques, IEEE Standards Coordinating Committee 34, 2003.
- [19] EN 50361:Basic Standard for the Measurement of SAR Related to Human Exposure to Electromagnetic Field from Mobile Phones ( 300MHz-3GHz ) .
- [20] FCC OET Bulletin 65,Version 97-01:Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields.
- [21] J. Wiart, R. Mittra, S. Chaillou, and Z. Altman, " The analysis of human head interaction with a hand-held mobile using the non-uniform FDTD, " Antennas and Propagation for Wireless Communications, 1998 IEEE-APS Conference on, pp.77 — 80, 1- 4 Nov. 1998.