

文章编号 1005-0388(2005)02-0231-05

耳机引线对手机天线近场分布的影响*

施 华 舒 琳 王 均 宏

(北京交通大学光波所, 北京交通大学全光网络与现代通信网教育部重点实验室,

shih@mail.ihep.ac.cn, tree197937@163.com, 北京 100044)

摘要 利用时域有限差分 (FDTD) 法分析了耳机引线对手机天线辐射近场的影响。介绍了 FDTD 法的计算模型, 并验证了方法的可靠性。在此基础上, 对不同耳机模型和耳机引线处于不同位置时手机天线的辐射场强分布进行了计算。计算结果显示, 使用手机耳机可以有效减小手机天线对人脑的辐射。

关键词 时域有限差分法, 耳机引线, 手机天线, 辐射

中图分类号 O441.4 **文献标识码** A

Influence of the earphone wires on the field distribution of handset antenna

SHI Hua SHU Lin Wang Jun-hong

(Institute of Lightwave Technology, Beijing Jiaotong University,

shih@mail.ihep.ac.cn, tree197937@163.com, Beijing 100044, China;

Key Laboratory of All Optical Network and Advanced Telecommunication
Network, Ministry of Education, China)

Abstract The near-zone field of the handset with an earphone is calculated by the finite-difference time-domain (FDTD) method. A calculating model of FDTD method is presented and checked with available results. The radiation field distributions of different earphone wire models and the effect of earphone's position on the field distribution are simulated and analyzed. The obtained results demonstrate that using an earphone instead of putting the handset to the ear directly can reduce the electrical power absorbed by the person's head effectively.

Key words FDTD method, earphone wires, handset antenna, radiation

1 引言

随着手机的普及, 手机天线与人体的相互作用以及如何减小手机辐射对人体的影响已成为移动通信技术中的一个研究热点^[1,2]。人们就此提出了多种改进方法, 比如在手机远离人脑的一侧集成面天线^[3]、使用引向或反射天线^[4]以及在手机上粘贴防辐射片^[5]等等。然而, 这些方法不仅会使手机性能下降, 而且实现起来有一定的难度。使用手机耳机

进行通话可以有效减少电磁波对人脑辐射, 并且对手机原有性能不产生显著影响。到目前为止尚没有耳机引线对手机天线辐射特性影响的研究报道, 有些人甚至认为耳机引线会把电磁波引向人脑。因此, 对这一问题进行具体研究是有必要的^[6]。本文以鞭状天线为例, 采用两种不同模型模拟耳机引线, 研究两种情况下手机的辐射场分布和天线及耳机引线上的电流分布, 给出了耳机引线处于手机不同位置时场强分布等高线图。

* 收稿日期: 2003-12-30.

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划和优秀青年教师资助计划资助

万方数据

2 计算方法、模型及验证

本文采用 FDTD 方法将手机机身、天线及耳机引线作为整体进行模拟,采用直角坐标系下的 Yee 网格,使用 Mur 二阶吸收边界条件,具体公式可参阅有关文献^{[7][8]}。计算模型如图 1 所示,机身、天线和引线的任何一部分距吸收边界都在 15 个网格以上,计算区域的具体网格数将在下文中给出。对于机身金属导体模拟时将迭代公式中对应于金属所在位置处的电导率设置为金属的电导率,对于介质部分,则将相应位置处的介电常数设为介质的介电常数。对于天线,将其设置成沿 z 轴方向,并且其轴线与 FDTD 网格中的一条网格线一致,计算该网格线上的 E_z 分量时,将公式中的电导率设置为金属的电导率。对于耳机引线,用沿 y 和 z 方向的折线来模拟,与天线一样,折线的轴线设置得与 FDTD 网格中的 y 方向和 z 方向的网格线一致,在计算相应

电场分量时将公式中的电导率设置为金属的电导率。激励源设置在天线与机身连接处,沿 z 方向占一个网格,激励电场加在这一网格上,为激励电压除以网格长度。本文只考虑耳机引线与天线共面(x 为常数的某一平面)的情况。改变图 1 中 l_1 和 l_2 的尺寸可以近似模拟直线及不同形状的折线。计算中,耳机及耳机引线采用两种情况模拟,模型 1 设引线为平行的双线,在 x 方向上相距一个网格,其中一根作为地线与金属机身相连,在其终端连接 8Ω 的电阻来模拟较为实际的情况;模型 2 则直接用一根导线来模拟引线。用 FDTD 方法计算时,在两导线顶端的一个网格内加入具有一定电导率的材料来得到所要求的阻抗,电导率的选取根据阻抗公式 $\sigma = \Delta l / (RS)$ 得到,其中 Δl 为沿引线长度方向的网格长度, R 为耳机的电阻, S 为垂直于耳机引线方向的网格的面积。

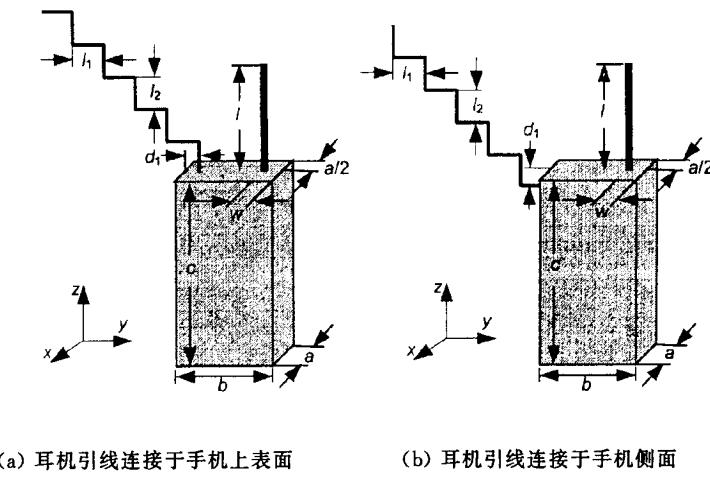


图 1 手机模型及坐标尺寸

为验证本文方法的可靠性,采用文献^[7]中的结构和参数计算了不带耳机引线时手机的辐射场和输入阻抗,并与文献^[9]的结果进行了比较,两者吻合很好,图 2 仅给出了辐射方向图。计算中所使用的手机模型参数如下: $a=60\text{mm}$, $b=10\text{mm}$, $c=200\text{mm}$, $l=50\text{mm}$, $w=30\text{mm}$, 工作频率 $f=1.5\text{GHz}$ 。在求解辐射方向图时,FDTD 方法中采用的网格尺寸 Δ 为 5mm ,采用正弦激励源,计算区域的总网格数为(对应于 x 、 y 、 z 方向): $72\times 62\times 110$ 。

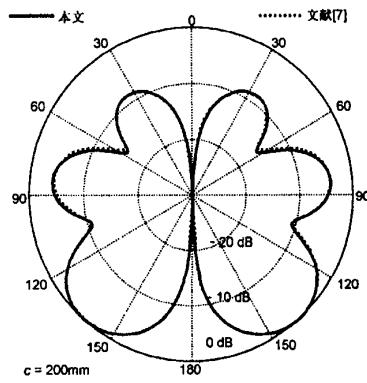


图 2 $x-z$ 面内的辐射方向图

3 耳机引线对手机周围场分布的影响

计算耳机引线的影响时,FDTD方法的网格尺寸为 $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 3.28\text{mm}$ 。为了更接近实际情况,在导体盒外表面加了厚度为一个网格的薄介质层,介电常数 $\epsilon_r = 2$ 。包含介质后的手机尺寸为 $a = 26.24\text{mm}, b = 45.92\text{mm}, c = 118.1\text{mm}, l = 29.52\text{mm}, w = 6.56\text{mm}$ 。辐射体的最外侧距吸收边界15个网格。计算了耳机引线四种不同形状时的情形,分别为(i) $l_1 = 0$, (ii) $l_2 = 0$, (iii) $l_1 = l_2$, (iv) $l_1 = l_2$ 。前三种情况,耳机引线连于手机上表面,距机身左侧面 $d_1 = 6.56\text{mm}$,第四种情况耳机引线连于手机左侧面,距机身上表面 $d_1 = 6.56\text{mm}$ 。耳机引线均为五

折,每折长度相同。

首先比较采用不同的耳机模型(端接电阻及单导线)所得的结果。耳机引线处在位置(i) $l_1 = 0$,引线长度 $5l_2 = 20\text{cm}$,此时计算区域的总网格数为: $38 \times 44 \times 127$ 。图3给出两种模型下手机正面(靠近人脑一侧)距手机机体一个网格的平面($y-z$ 平面)内总的电场强度分布图,其中 $|E_{\text{total}}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$ 。图中标出了耳塞处和手机天线顶端处的场强值。从图3中可以看出两种模型下的场强分布有一定的差别,但是无论采用哪种模型,耳塞处的场强都要比天线顶端处的场强小得多。

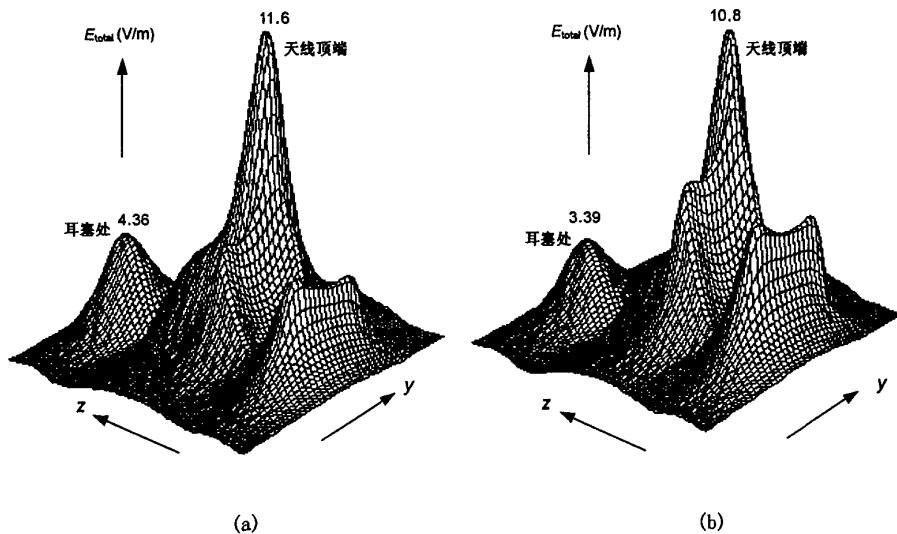


图3 两种耳机模型的电场强度分布图

图4所示为天线上的电流分布,可以看出采用这两种模型时天线上的电流分布基本相同。图5所示为沿着耳机引线的电流分布图,其中模型1仅取其中一根引线上的电流分布,如图中实线所示。从图5可以看出模型1的电流在顶端不为零,而模型2的电流在顶端为零,原因是模型1中两根导线终端接有电阻,而模型2终端开路。考虑到模型1更能有效模拟实际的耳机,以下的计算均采用模型1。

由于以上曲面图不能很直观的看出耳机引线位置改变后所引起的场分布变化,为此给出手机靠近

人脑一侧距手机机体一个网格的平面(与天线和耳机引线所确定的平面平行,即与 $y-z$ 平面平行)内的总电场场强等高线分布图。对上述的四种形状的耳机引线进行了计算,分别如图6和图7所示。图中横坐标为 y 方向,纵坐标为 z 方向,并同时标出了耳塞处和天线顶端处总的场强值。

图6所示为耳机引线处于形状(i)时耳机引线长度对场强分布的影响,计算区域的总网格数分别为: $38 \times 44 \times 127$ 和 $38 \times 44 \times 157$ 。从图中可以看出,当耳机引线长度增加时,耳塞处的场强减小。

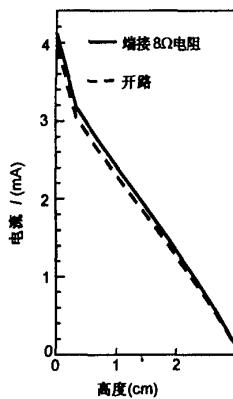


图 4 天线上的电流分布

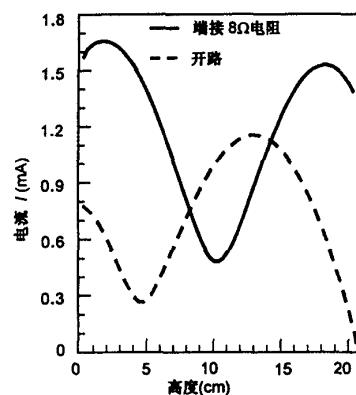


图 5 耳机引线上的电流分布, 其中模型 1 仅取其中的一条引线

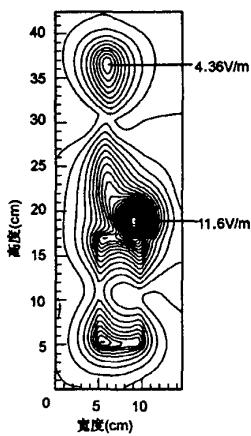
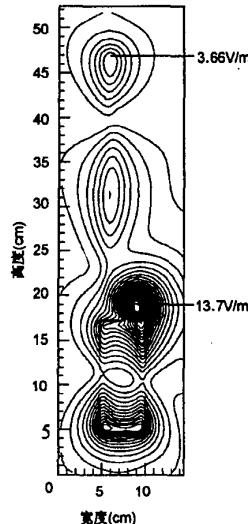
(a) $l_1 = 0, 5l_2 = 20\text{cm}$ (b) $l_1 = 0, 5l_2 = 30\text{cm}$

图 6 耳机引线形状为(i)时引线长度对场强分布的影响

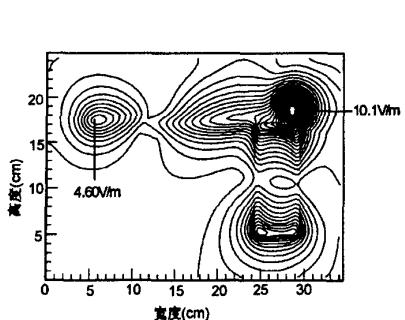
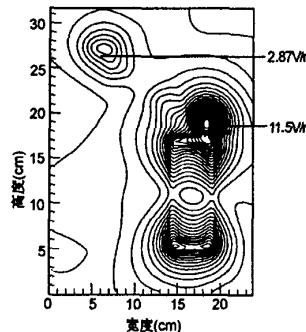
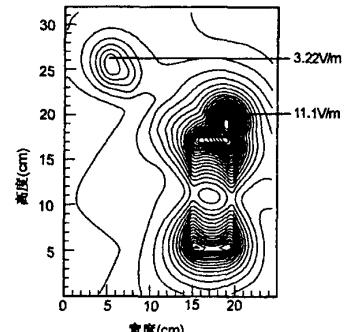
(a) 耳机引线形状为(ii)时的场强分布, $5l_1 = 20\text{cm}, 1l_2 = 6.56\text{mm}$ (b) 耳机引线形状为(iii)时的场强分布, $5l_1 = 5l_2 = 10\text{cm}$ (c) 耳机引线形状为(iv)时的场强分布, $5l_1 = 5l_2 = 10\text{cm}$

图 7 耳机引线形状不同时的场强分布

图7所示为耳机引线形状分别为(ii)、(iii)和(iv)时的场强分布图,计算区域的总网格数分别为:38×103×75、38×72×96以及38×74×94。由图中可见,耳机引线呈折线形状时耳机引线处的场强相对要小。

通过以上分析可以看出,无论耳机引线处于何种位置,手机天线辐射时耳塞处的场强都比天线处的场强小得多。这说明使用耳机接听电话可有效减小人脑接受到的电磁波强度。

4 结论

本文采用FDTD方法对手机耳机引线对手机近场分布影响进行了模拟,比较了采用两种不同的耳机模型时手机天线及耳机引线上电流分布和手机近场分布的差别,计算了耳机处于不同位置时的近场等高线分布图。结果发现处于相同位置时增大耳机线长度可以有效降低场强;同时,不论耳机线处于何种位置,耳塞处的场强要小于天线顶端处的场强。

参考文献

- [1] 李乐伟,梁茂胜,单士明,等.利用FDTD方法比较手提电话天线的方向图,输入阻抗及人头部的比吸收率(SAR)[J].电波科学学报,1998,13(4):341~354.
L W Li, M S Liang, S M Chan, et al.. Antenna patterns & input impedances of handset antennas and SARs in human head: A comparative study using FDTD [J]. Chinese Journal of Radio Science, 1998, 13 (4):341~354.
- [2] 闻映红,张林昌.在手机辐射作用下人体内外的场强分布[J].电波科学学报,1998,13(1):97~101.
Y H Wen, L C Zhang. Field strength distribution around man model exposed to the radiation of cellular phones[J]. Chinese Journal of Radio Science, 1998,13 (1):97~101.
- [3] Pedersen G F, Andersen J B. Integrated antennas for hand-held telephones with low absorption [A]. In: Proc. 44th IEEE Veh. Tech. Conf. [C], Stockholm, Sweden, 1994, 1537~1541.

- [4] Tay R Y-S, Balzano Q, Kuster N. Dipole configuration with strongly improved radiation efficiency for hand-held transceivers [J]. IEEE Trans. Antennas Propagat., 1998, 46(6): 798~806.
- [5] Wang J-Q, Fujiwara O, Takagi T. Effects of ferrite sheet attachment to portable telephone in reducing electromagnetic absorption in human head [A]. IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility [C]. 1999. 822~825.
- [6] 施 华. FDTD方法在手机天线输入和辐射特性研究中的应用[D]. 北京:北京交通大学,2003.
- [7] 王均宏. 脉冲电磁波通过偶极天线辐射的物理过程及其数值模拟[J]. 物理学报,1999,48(5): 850~861.
- [8] 王均宏. 有耗媒质的PML机术及其在目标探测中的应用[J]. 电子学报,1999, 27(9): 5~8.
- [9] Luebbers R, Chen L, et al.. FDTD Calculation of radiation patterns, impedance, and gain for a monopole antenna on a conducting box[J]. IEEE Trans. Antennas Propagat., 1992, 40(12): 1577~1583.

施 华 (1977—),女,浙江人,硕士,2000年毕业于北京交通大学,2003年获北京交通大学硕士学位,现在中科院高能物理研究所工作。



舒 琳 (1979—),女,湖南人,硕士,2001年毕业于北京交通大学,2004年获北京交通大学硕士学位。



王均宏 (1965—),男,江苏人,北京交通大学教授、博士生导师,IEEE高级会员,主要从事电磁理论、天线及计算电磁学方面的研究。



如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>