

一种用于人体中心网络的超宽带可穿戴织物天线

刘宁, 吕英华

(北京邮电大学电子工程学院, 北京 100876)

摘要: 人体中心网络是第四代移动通信(4G)的一个重要组成部分, 可应用在一些特定的场合, 如火灾现场、战场和老年人监护等。天线是人体中心网络研究中的核心问题。人体中心网络天线研究中最重要研究方向是可穿戴式织物天线, 因为它易集成到衣物中, 既方便携带, 又不易被察觉。由于超宽带具有低功耗、低成本、低截获率等优点, 因此一直是无线通信研究的热点。本文设计了一种用于人体中心网络的超宽带可穿戴织物天线。该天线采用共面单极子结构, 在不靠近人体时带宽为 3.2GHz-10.6GHz。将天线靠近人体时, 采用含皮肤、脂肪、肌肉的三层人体模型进行仿真, 结果 S11 及方向图指标均有一定程度的下降, 但仍能满足人体中心网络应用需求。

关键词: 天线; 人体中心网络; 可穿戴; 织物; 超宽带(UWB)

A UWB Wearable Textile Antenna for Body-Centric Wireless Communications

LIU Ning, LV Yinghua

(School of Electronic Engineering, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beijing 100876)

Abstract: In recent years, body-centric wireless communication becomes an important part of fourth generation mobile communication systems (4G). It could be used in some specialized occupations, such as fire fighters, military and monitoring the aged. Antenna is a most important issue in this area. One of the dominant research topics in antennas for body-centric communications is wearable, textile-based antennas because it could be easily worn on body and integrated into clothes. Ultra-Wideband (UWB) is good for low power, low cost and is hard to detected, so it is a hot topic in the wireless communication research. This paper designed a UWB wearable textile antenna for body-centric wireless communications. The proposed antenna was a planar monopole antenna with the bandwidth 3.2GHz-10.6GHz when off the body. When it was near the body, we simulated the human body as three-layer model including skin, fat and muscle and found there was a decrease in S11 and radiation pattern, however, it could also meet with the body-centric wireless communications needs.

Key words: antenna; body-centric communications; wearable; textile; UWB

0 引言

近年来, 由于无线通信新技术和微处理器等相关领域的飞速发展, 人体中心网络成为研究热点, 并成为第四代移动通信(4G)的一个重要组成部分。人体中心网络可以应用在一些特定的场合, 如火灾现场、战场和老年人监护等^[1]。天线设计是人体中心网络研究中的核心问题。人体中心网络天线的开发与我们寻常使用的天线设备不同, 主要是由于它必须考虑人体本身这个非常复杂的电磁系统。人体由多种形状各异、电磁特性不同的生物组织构成;

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金(20070013004)

作者简介: 刘宁(1983-), 男, 博士研究生, 主要研究方向: 可穿戴设备。

而且,大多数生物组织都是非均匀的色散媒质。在外加电场作用下,生物组织表现为具有随着电磁波频率、温度、组织结构和含水量而变化的传导性和介电性,这些特性与人体复杂的几何形体共同构成了人体表明电磁波传播的边界条件。人体中心网络天线研究中最重要研究方向是可穿戴式织物天线,因为它很容易集成到衣物中,既方便携带,又不易被察觉。在文献[2]中,Kennedy等展示了缝合到衣物中的宇航员穿戴的天线,在文献[3]中,Herleer等讨论了消防员穿戴的织物天线。

由于超宽带具有低功耗、低成本、低截获率等优点,很容易实现100Mbps以上的高速宽带无线通信,因此一直是无线通信研究的热点。

基于此,本文设计了一种用于人体中心网络的超宽带可穿戴织物天线。

1 天线设计

1.1 材料选择

为了设计织物天线,材料的电磁特性必须充分了解。用于可穿戴织物天线设计的电子织物必须满足以下要求:

- 1)具有低的稳定的电阻抗($\leq 1\Omega/m^2$)来减小损耗;
- 2)在天线部分材料必须满足各向同性,并且整个材料应保持小的阻抗变化;
- 3)材料须易弯曲,来满足穿戴的需要;
- 4)材料应不具有伸展性,使天线褶皱或弯曲时材料的电特性保持不变^[4]。

基于以上考虑,我们选择了Shieldex公司的尼龙电子织物“Nora”来作为导电部分,它厚0.0796mm,拥有良好的电特性(表面电阻低于 $0.03\Omega/m^2$),并且比较结实、容易处理。

另外,我们选用了 $\xi_r = 1.38$, $\tan \delta = 0.02$ 的厚1.1mm的薄毛毡作为介质。

1.2 天线结构设计

我们选择微带馈电的共面单极子天线。设 w 是微带线的宽度, h 是介质板的高度, Z_c 是微带线的特征阻抗, ε_r 是介质底板的介电常数,如果认为微带线的厚度趋近于0,则 w 可以通过下式计算^[5]:

$$A = \frac{Z_c}{60} \left(\frac{\varepsilon_r + 1}{2} \right)^{0.5} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\varepsilon_r} \right) \quad (1)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_c\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2)$$

对于 $A < 1.52$,有

$$\frac{w}{h} = \frac{8 \exp(A)}{\exp(2A) - 2} \quad (3)$$

对于 $A \geq 1.52$,有

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(B-1) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r} [\ln(B-1) + 0.39] - \frac{0.61}{\varepsilon_r} \right\} \quad (4)$$

根据上面计算公式,设计天线结构如图1所示:

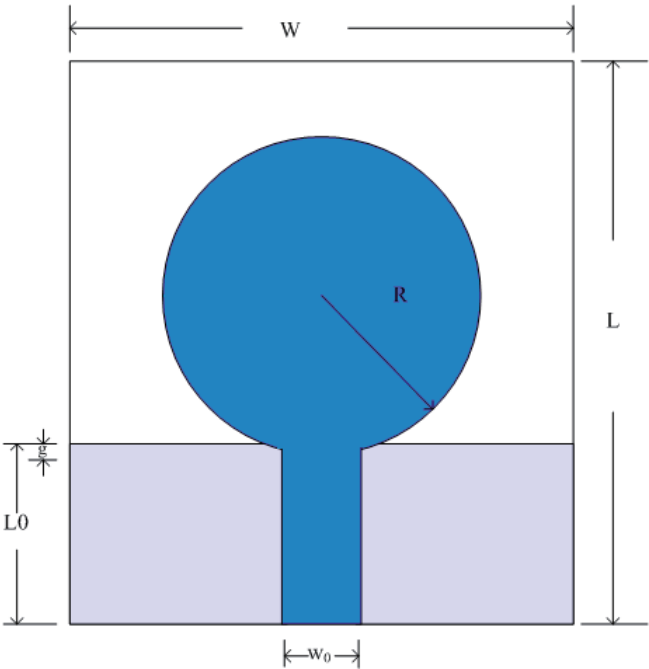


图 1 天线结构

其尺寸如表 1 所示：

表 1 天线尺寸（单位：mm）

W	L	R	W ₀	L ₀	g
32	36	11	4.5	11.2	0.7

2 结果

利用基于有限元法的三维电磁仿真软件 HFSS 10.0 进行仿真，得到该天线的回波损耗和方向图如下所示：

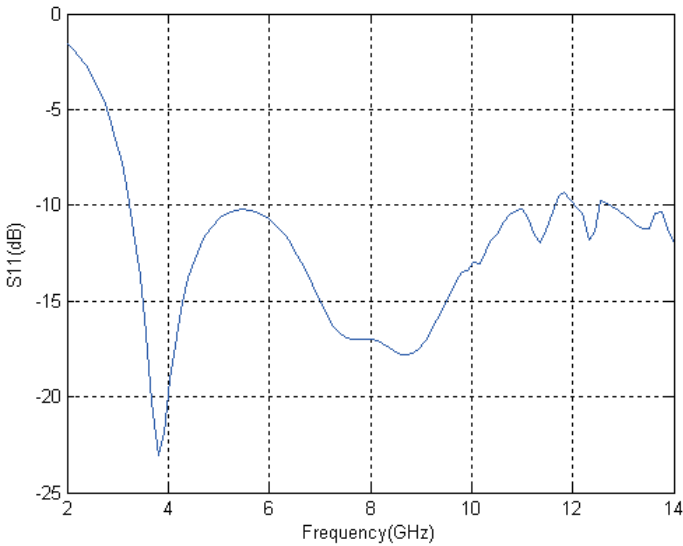


图 2 不靠近人体时 S11

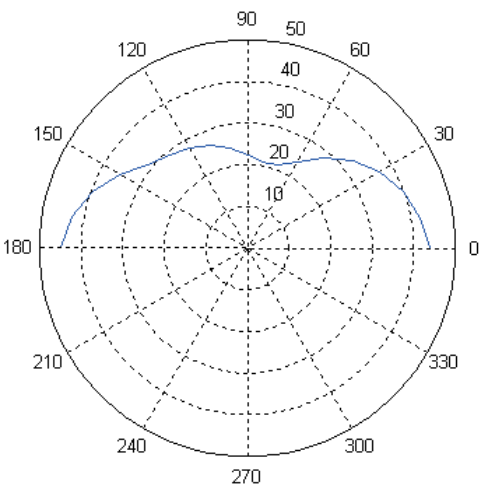


图 3 不靠近人体时方向图

由图 2 及图 3 可见，该天线的带宽范围为 3.2GHz-11.6GHz，能达到设计要求。

3 讨论

人体中心网络天线的开发与我们寻常使用的天线设备不同，主要是由于它必须考虑人体本身这个非常复杂的电磁系统。人体由多种形状各异、电磁特性不同的生物组织构成；而且，大多数生物组织都是非均匀的色散媒质。在外加电场作用下，生物组织表现为具有随着电磁波频率、温度、组织结构和含水量而变化的传导性和介电性，这些特性与人体复杂的几何形体共同构成了人体表明电磁波传播的边界条件^[6]。为了仿真天线穿戴在人体上的特性，我们建立了三层人体模型，从距人体 5mm 处起分别为厚 1mm 的皮肤层、厚 3mm 的脂肪层和厚 10mm 的肌肉层。我们将人体设定为非均匀的色散媒质，在 2GHz 和 14GHz 其电磁参数如表 2 所示：

表 2 人体组织电磁参数^[7]

	σ		ϵ_r		$\tan \delta$	
	2GHz	14GHz	2	GHz	14GHz	2
皮肤	1.2654	12.688	38.568	27.364	0.29489	0.59532
脂肪	0.085918	0.86783	5.3276	4.3255	0.14494	0.2576
肌肉	1.4538	16.472	53.29	37.564	0.2452	0.56303

按上述模型模拟可得仿真结果如图 4 和 5 所示。

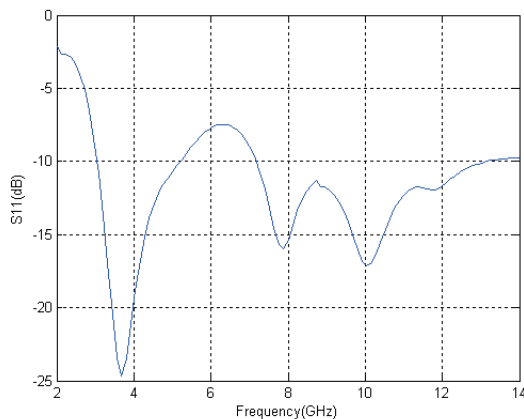


图4 靠近人体时 S11

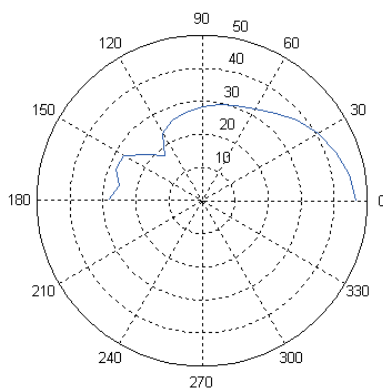


图5 靠近人体时方向图

由图4和图5可知,天线在靠近人体时回波损耗和方向图性能均有不同程度的下降,但仍能满足人体中心网络应用。

4 结论

本文设计了一种可用于人体中心网络的超宽带可穿戴织物天线,天线的金属层采用导电织物,介质层采用普通织物,可很容易的集成到衣物中,方便且不易被发现。采用三层人体模型,在不靠近人体和靠近人体的条件下分别进行仿真,天线性能均能达到要求。

[参考文献] (References)

- [1] N. H. M. Rais, P.J.Soh, "A Review of Wearable Antenna"[J], 2009 Loughborough Antennas & Propagation Conference, November 2009
- [2] Timothy F. Kennedy, Parick W. Fink, Andrew W. Chu, Nathan J. Champagne, II, Gregory Y. Lin, and Michael A. Khayat, "Body-Worn E-Textile Antennas: The Good, the Low-Mass, and the Conformal"[J], IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.57, No.4, April, 2009
- [3] Carla Hertleer, Hendric Rogier, Luigi Vallozzi and Lieva Van langenhove, "A Textile Antenna for Off-Body Communication Integrated Into Protective Clothing for Firefighters"[J], IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.57, No.4, April 2009
- [4] Shaozhen Zhu and Richard Langley, "Dual-Band Wearable Textile Antenna on an EBG Substrate"[J], IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol.57, No.4, April 2009
- [5] 李宗谦, 余京兆, 高葆新. 微波工程基础[M]. 北京, 清华大学出版社, 2004
- [6] 刘宁. 构建可穿戴式网络的天线设计与实现[D]. 北京邮电大学硕士学位论文. 2007
- [7] <http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/dielectric.html>

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，一直致力和专注于微波、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>