

## 穿戴系统中的天线设计

刘广东,常 硕,金福祿

(空军航空大学 航空电子工程系,吉林 长春 130022)

**摘要:** 采用 U 型缝加载技术,设计了一种用于穿戴系统的双频平面倒 F 天线(PIFA),分别工作于 GSM(全球通)的 900 MHz 和 WLAN(无线局域网)的 2.45 GHz 频段,两个频段的相对阻抗带宽分别为 10% 和 5%;在两个谐振频点处,天线的增益分别为 0.4 dBi 和 1.7 dBi。天线具有低剖面结构、重量轻、结构简单等优点,完全满足穿戴系统中长、短距离无线通信要求。

**关键词:** 穿戴系统;平面倒 F 天线;无线局域网

中图分类号: TN82

文献标识码: A

### Antenna design for wearable system

LIU Guang Dong, CHANG Shuo, JIN Fu Lu

(Department of Aviation Electronic Engineering, Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China)

**Abstract:** The paper presents a dual-band PIFA loaded with U-shaped slots for wearable system. The antenna operates in the bands of 900 MHz of GSM and 2.45 GHz of WLAN, and has 10% and 5% impedance bandwidth respectively referenced to the lower and the upper center frequencies. The gains at the two resonant frequencies are 0.4 dBi and 1.7 dBi respectively. The designed antenna has the advantages of low profile, light weight, and easy manufactured, and meets the requirements of the long and short distance wireless communications in wearable system.

**Key words:** wearable system; PIFA; WLAN

近年来,随着计算机体积的不断缩小,穿戴式计算机得到了迅速发展,以计算机为核心的穿戴系统初现端倪,并展示了强劲的发展势头,一个典型的穿戴系统的构成如图 1 所示。图中长距离无线通信通常是指手机等移动通信设备,而短距离无线通信一般包括 WLAN 或蓝牙等设备,类似 GPS 的卫星定位设备也是系统的重要组成部分,其他都为计算机的固有设备。这些设备组合在一起,由计算机协调工作,通过显示器或耳机等终端设备向使用者提供所需的信息。

当前,构成穿戴系统的各个设备的体积和重量都越来越小,但还不能完全实现真正意义上的穿戴于人体或衣物,要想把这些设备都分散地缝制于人的衣服、帽子、领带等上面,在正常工作的前提下,还不影响人的日常活动,就必须进一步减小这些设备包括构成这些设备的各部件的重量和体积,并降低其剖面高度。

天线作为无线通信的必备部件,为了减小整个穿戴系统的体积,可以把它从通信设备中分离出来,作为一

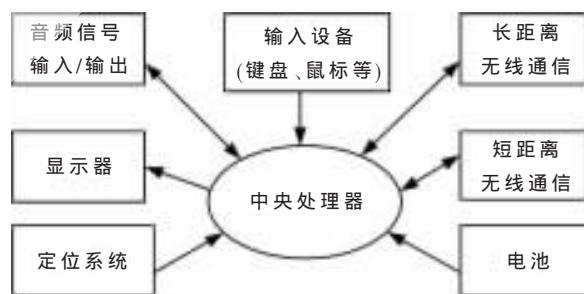


图 1 穿戴系统的组成方框图

个独立的部件,缝制于人的衣物上,天线的馈电端通过射频传输线与通信设备连接,这样还可以把分别用于长、短距离无线通信的两副天线用一个双频工作的天线代替,进一步减小了整个穿戴系统的尺寸。本文就是设计了一个可穿戴于人体的双频平面倒 F 天线,分别工作于 GSM 的 900 MHz 和 WLAN 的 2.45 GHz 两个频段,所设计的天线具有小尺寸、低剖面 and 易加工等优点,完全满足穿戴系统的要求<sup>[1]</sup>。

## 1 PIFA 天线

PIFA 天线是由单极子天线演变而来的,如图 2 所示。图 2(a)所示为普通的单极子天线结构,高出地面的导体长度约为  $\lambda/4$ 。为了降低天线的高度,可以把天线的上端大部分弯折与地平行,但这样又改变了天线的辐射阻抗,为了重新实现天线的阻抗匹配,把馈电点改在导线的中间某一点,导线一端接地,而另一端悬空,因天线的形状和倒 F 相似,所以称之为倒 F 天线,如图 2(b)所示。把倒 F 天线的导线部份延展成导体平面,就形成了 PIFA 天线,如图 2(c)所示<sup>[2]</sup>。

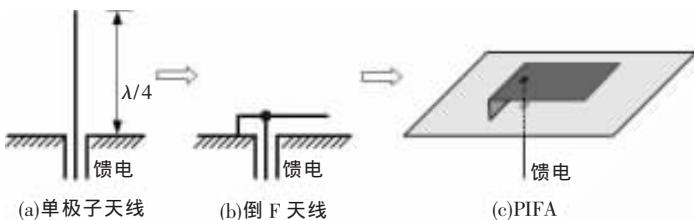


图 2 PIFA 的演变过程

可见,PIFA 天线是一种平面结构的天线,可直接印刷于电路板上,制作容易,具有体积小、重量轻、成本低等优点,且天线具有较低的剖面结构,容易与人体共形,成为穿戴系统天线的首选。

## 2 天线的设计

### 2.1 设计方法

(1)在穿戴系统中,天线是置于人体附近工作的,人体作为一种介质,必然对天线的谐振频率、辐射方向性图及增益等性能参数产生影响<sup>[3]</sup>。所以,所设计的 PIFA 天线必须有较大的接地板,把人体对天线的影响降到最低,同时较大的接地板还可以削弱天线背向的电磁波辐射,减少人体对电磁波的吸收。

(2)为了方便天线穿戴于人体,可以把 PIFA 天线的馈电方式从传统的底端同轴馈电改为侧面微带馈电<sup>[4]</sup>,这样可以进一步压缩天线的高度。天线的短路端用两根分别位于两个顶点的短路销钉来代替。

(3)由于 PIFA 天线是由单极子天线延展而成的,且一部分弯折与地平行,辐射电阻产生了变化,需要重新调整天线的阻抗匹配,这可通过沿中线调整馈电点的位置来实现,而天线的阻抗带宽是由天线的高度来控制的<sup>[5]</sup>。

(4)天线要求工作在两个频带,这可通过在天线顶端的导体面上刻蚀 U 型缝隙的方法来实现。原有的导体平面尺寸决定了天线的低频段谐振频率,而 U 型缝隙所包围的导体尺寸又形成一个独立的谐振部分,决定了天线的高频段的谐振频率<sup>[6]</sup>。

### 2.2 天线结构

综合以上四点,实际制作的天线结构如图 3 所示。利用微波仿真软件 CST 进行辅助设计,基于天线要求工作于 GSM 的 900 MHz 和 WLAN 的 2.45 GHz 两个频段,

最终确定各部分的尺寸分别为: $L_1=54, W_1=33, L_2=22, W_2=16, a=100, b=80, s=1, H=8, h=1$ (单位:mm)。

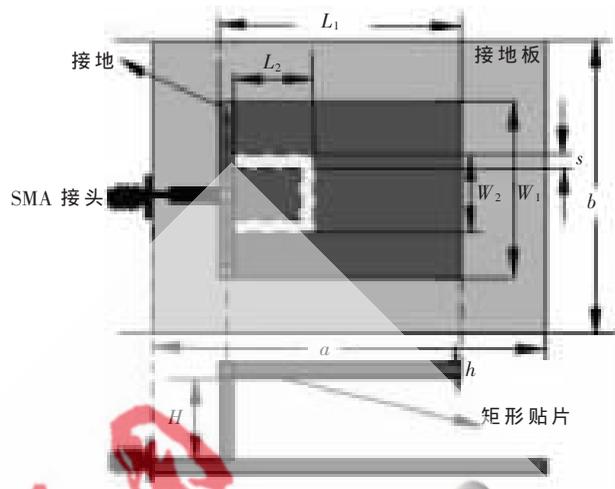


图 3 PIFA 天线的结构

## 3 仿真和测量结果

在实际制作了天线的基础上,分别测量了天线的回波损失曲线和辐射方向性图,结果如图 4 和图 5 所示。

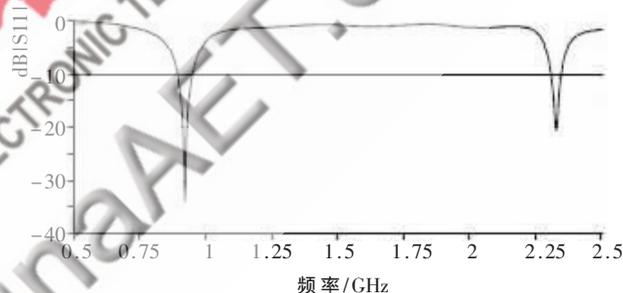


图 4 实测天线的回波损失曲线

由图 4 可以看出,在  $\text{dB}|S_{11}| \leq 10 \text{ dB}$  的条件下,在低频段天线获得了 10%(90 MHz)的相对阻抗带宽,完全覆盖了 GSM 的 900 MHz 频段;而在高频段获得了 5%(80 MHz)的相对阻抗带宽,满足我国 WLAN 的 2.45 GHz 频段的要求。

图 5 分别为仿真和测量所得天线在 900 MHz 和 2.45 GHz 时的辐射方向性图,可以看出天线基本沿法线方向辐射电磁波。在 900 MHz 时,测量所得天线的增益约为 0.4 dBi;在 2.45 GHz 时,测量所得天线的增益约为 1.7 dBi。

本文设计了一种分别工作于 GSM 的 900 MHz 和 WLAN 的 2.45 GHz 频段的双频 PIFA 天线,在  $\text{dB}|S_{11}| \leq 10 \text{ dB}$  的条件下,两个频段的相对阻抗带宽分别为 10% 和 5%,完全满足要求。本天线只要稍加修改,就可以调谐到其他需要的工作频率上,甚至可以实现三频或更多频的工作。天线沿法线方向辐射电磁波,在 900 MHz 和 2.45 GHz 处的增益分别为 0.4 dBi 和 1.7 dBi。天线具有低剖面结构、重量轻、结构简单、成本低等优点,可独立

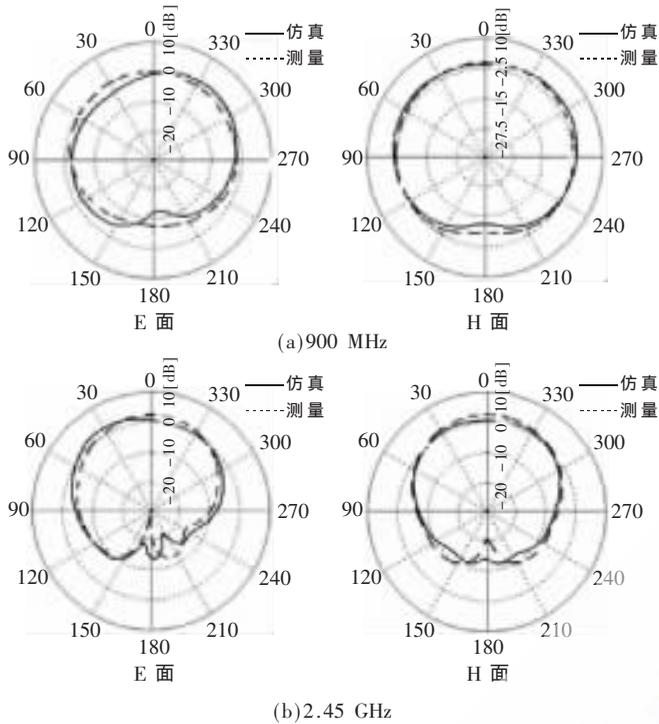


图5 测量和仿真所得天线的辐射方向性图

缝制于人的衣物上,应用于穿戴系统,同时完成长、短距离无线通信。

虽然天线接地板的绝对尺寸(100 mm×80 mm)已经很大,但在低频段,其电尺寸仍较小,所以天线的后向辐射比较大,天线的增益较小。随着近年来导电织物的出

现,可以把更大面积的导电织物直接缝制在衣物上,作为天线的接地板,这样就可以明显改善天线低频段的辐射方向性图;甚至还可以把整个天线都用导电织物来制作,使天线完全集成在衣物上;或者可以把天线加工成一些饰物(胸章、手表等)的形状,这样也方便于天线穿戴于人体或衣物上,而不易被发现。

#### 参考文献

- [1] WONG K L. Planar Antennas for Wireless Communications. New York, John Wiley & Sons, 2003:2-15.
- [2] 林昌禄,陈海,吴为公.近代天线设计.北京:人民邮电出版社,1990.
- [3] SALLM T, HALL P S. Efficiency measurement of antennas for on-body communications, Microwave and Optical Technology Letters, 2006,48(11):2256-2259.
- [4] KUO J S, WONG K L. A Dual-frequency L-shaped Patch Antenna. Microwave Opt. Technol. Lett. 27, Nov.5,2000: 177-179.
- [5] TAGA T, TSUNEKAWA K. Performance Analysis of A Built-in Planar Inverted-F Antenna for 800MHz Hand Portable Radio Units. IEEE J. Select. Areas Commun., June 1987,5:921-929.
- [6] TARVAS S, ISOHATALA A. An internal dual-band mobile phone antenna, IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp. Dig., 2000:266-269.

(收稿日期:2009-04-01)