

一种新型超宽带陷波天线的设计

郁 剑,张丹萍,白拴明,谈 荣

(南京工业大学 计算机科学与技术学院,江苏 南京 211800)

摘要:提出了一种新型超宽带(UWB)陷波天线,该天线的结构由常规的圆形单极子天线演变而成。为获得超宽带特性,天线的辐射体被设计成渐变的笑脸形状。同时,通过在辐射贴片上开C形槽来实现陷波特性。合理选择C形槽的尺寸可有效去除超宽带频段内的无线局域网 WLAN(5.150~5.825 GHz)的干扰。仿真结果表明,天线在4.91~6.07 GHz处形成了阻带特性(电压驻波比 $VSWR > 2$),天线结构新颖简单,适用于超宽带通信系统。

关键词:陷波;超宽带天线;笑脸形;C形;圆形单极子天线

中图分类号: TN82 **文献标识码:** A

Design of a Novel UWB Band-notched Antenna

YU Jian, ZHANG Danping, BAI Shuanming, TAN Rong

(College of Computer Science and Technology, Nanjing Technology University, Nanjing 211800, China)

Abstract: A novel UWB band-notched antenna was proposed in this paper. The configuration of the antenna was evolved from the conventional circular monopole antenna. The radiator of the antenna was designed to a gradient smiley-shaped patch to realize UWB characteristic and a C-shaped slot on the radiation patch was fabricated to realize the band-notched characteristic. The reasonable selection of the size of the C-shaped slot can effectively remove the interference of WLAN (5.150~5.825 GHz) in the ultra-wideband. The simulated results indicated that the band-notched characteristic ($VSWR > 2$) was obtained within the frequency range of 4.91~6.07 GHz. The proposed antenna structure is novel and simple and suitable for the ultra-wideband communication systems.

Key words: band-notched; ultra-wideband antenna; smiley-shaped; C-shaped; circular monopole antenna

0 引言

2002年,宽带通信迎来了一次里程碑式的发展,同年2月,美国联邦通信委员会(FCC)^[1]正式将3.1~10.6 GHz的超宽带(UWB)频段批准用于民用通信,从此超宽带无线通信技术,尤其是超宽带天线^[2-5]引起了人们的广泛关注。但在超宽带通信系统的工作频段内有很多其他一些通信频段(如无线局域网 WLAN(802.11a, 5.15~5.35 GHz, 5.725~5.825 GHz)等频段,为防止超宽带通信系统与无线局域网通信系统在通信过程中产生冲突,必须在设计超宽带通信系统时把无线局域网所使用的频段剔除掉,以保证超宽带通信系统的正常工作,因此,如何抑制无线局域网通信系统与超宽带通信系统间的干扰就成了研究的热点问题。

为抑制两种通信系统间的相互干扰,需要在设计的超宽带天线中引入陷波技术^[6-13],即在特定的频段上具有滤波器的作用。能实现陷波功能的方法主要可分为两类:

1) 在贴片或接地面上嵌入各种槽。通过嵌入的槽来改变天线上的表面电流,从而形成陷波特性,嵌入槽的种类很多,如开口谐振环(SRR)槽^[6]、分形槽^[7]、U形槽^[8]和L/U形槽^[9]等。

2) 在天线上加载不同的寄生单元。如在辐射贴片上加载条带^[10],在馈线附近加载开口谐振环(SRR)^[11]等。

因此,Tong Li等^[12]在超宽带天线的接地面上利用叉指电容负载谐振环实现了陷波特性,并简述了叉指电容负载谐振环在实现陷波特性中的优

收稿日期:2016-05-03

作者简介:郁剑(1988-),男,江苏宿迁人,助理工程师,硕士生,主要从事移动通信中的射频与天线技术的研究。E-mail: yujian19881222@126.com。

点——具有更小的尺寸和可形成更窄的陷波带。施荣华等^[13]利用在辐射贴片上开槽实现陷波特性的方法,在辐射体和接地上分别嵌入 H 形和 L 形的槽实现了天线双陷波的功能。

本文设计了一种尺寸为 30 mm×31 mm 的新型超宽带陷波天线。天线在 4.91~6.07 GHz 的频段内实现阻断,滤除了无线局域网的频段,且其余通带内的电压驻波比 $VSWR < 2$ 。同时,本文分析了 C 形槽的参数与位置对陷波特性的影响,通过合理地选取 C 形槽的尺寸参数及位置关系,可在 WLAN 频段处实现陷波特性的影响,通过合理地选取 C 形槽的尺寸参数及位置关系,可在 WLAN 频段处实现陷波特性的影响,通过合理地选取 C 形槽的尺寸参数及位置关系,可在 WLAN 频段处实现陷波特性的影响。

1 陷波天线的设计与结构

图 1(a)为笑脸形超宽带天线^[5]的几何结构。本文提出的一种新型超宽带陷波天线的几何结构如图 1(b)所示,天线尺寸宽×长($W \times L$)=30 mm×31 mm,该天线印刷在相对介电常数 $\epsilon_r = 4.4$ 、厚 $h = 1.6$ mm 的 FR-4 介质板上。天线的下表面是一个截断地结构,上表面是一个开 C 形槽的笑脸形辐射贴片,不规则笑脸形结构可以获得良好的超宽带性能,同时可在一定程度上缩小天线的整体尺寸。该天线由宽度为 3 mm 的 50 Ω 微带线进行馈电。在笑脸形贴片上引入具有带阻滤波功能的 C 形槽,通过合理地调整其位置及尺寸可以在 WLAN 频段上实现陷波。表 1 为一种新型超宽带陷波天线的具体结构参数,设定 C 形槽宽度 $s = 0.6$ mm。

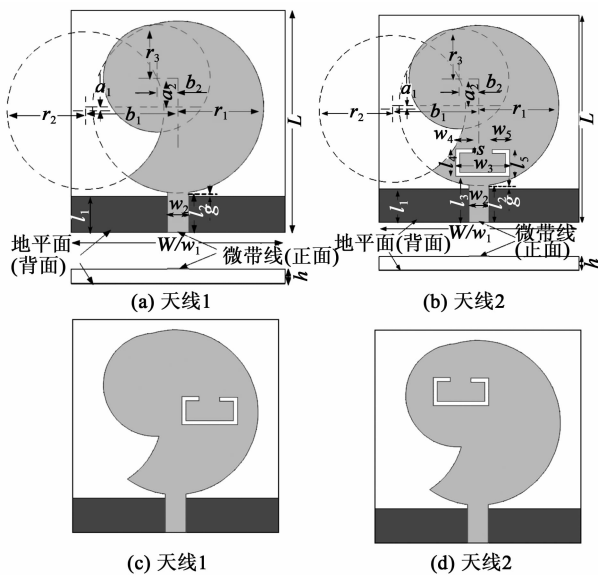


图 1 天线的设计

表 1 天线结构参数

W/mm	L/mm	w ₁ /mm	l ₁ /mm	w ₂ /mm	l ₂ /mm
30	31	30	5	3	5.5
w ₃ /mm	l ₃ /mm	w ₄ /mm	l ₄ /mm	L _a /mm	w ₅ /mm
8.1	6.9	2.5	4.2	0	2.6
l ₅ /mm	a ₁ /mm	b ₁ /mm	a ₂ /mm	b ₂ /mm	r ₁ /mm
4	0.5	13	4	3	12
r ₂ /mm	r ₃ /mm	s/mm	g/mm		
11	7.5	0.6	0.5		

所开 C 形槽的总长度 L_f 一般设置为对应陷波频带的中心频率波长的 1/2 或 1/4。当天线工作在陷波频带的中心频率附近时,天线上的表面电流大量集中在 C 形槽周围,造成天线在这个频段内的阻抗失配,从而实现陷波特性的影响,通过合理地选取 C 形槽的尺寸参数及位置关系,可在 WLAN 频段处实现陷波特性的影响。

$$L_f = \frac{c}{2f_n \sqrt{\epsilon_e}} = \left(l_4 + \frac{L_a}{2} \right) + \left(l_5 + \frac{L_a}{2} \right) + (w_5 - L_a) + w_3 + w_4 \quad (1)$$

式中 $\epsilon_e = 2(\epsilon_r + 1)$ 为等效介电常数。

2 陷波天线的仿真与分析

图 2 为天线陷波前、后及不同开槽位置的电压驻波比 $VSWR$ 的仿真结果对比图。由图可看出,天线 1 的 $VSWR < 2$ 的阻抗带宽为 2.99~11.78 GHz,满足超宽带的要求。在天线 1 的结构上开 C 形槽得到天线 2,仿真结果显示,天线 2 在 4.91~6.07 GHz 的频段内 $VSWR > 2$,这个频段包含了所要抑制的 WLAN 频段(5.150~5.825 GHz),同时,整个天线的工作频率为 2.93~10.87 GHz,即满足超宽带陷波天线的设计要求。仿真结果还显示,天线 3、4 虽然在辐射贴片上开了 C 形槽,但所开的槽对天线的辐射性能影响较小。所以,只有通过合理地选择开槽的位置,才能设计出满足要求的超宽带陷波天线。

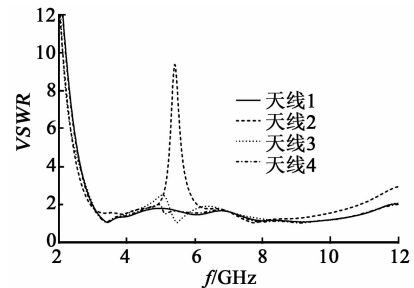


图 2 天线电压驻波比的仿真结果

图3为天线工作在5.425 GHz时的辐射贴片表面电流的分布情况。由图可看出,在陷波的频点上,天线辐射贴片上的表面电流大量集中在C形槽附近。正是因为表面电流集中在C形槽附近,造成了在5.425 GHz频点上的阻抗失配,从而造成在5.425 GHz频点上 $VSWR > 2$,即形成陷波。

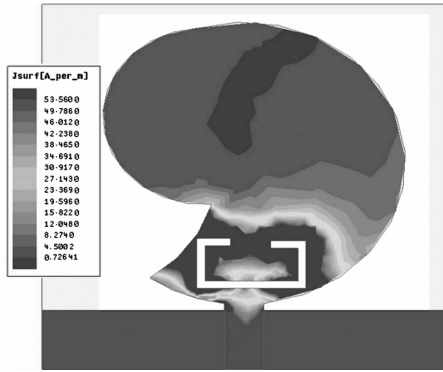


图3 天线在5.425GHz时的表面电流分布

图4为在其他参数不变的情况下,C形槽的各个参数与天线陷波性能(电压驻波比)间的关系。

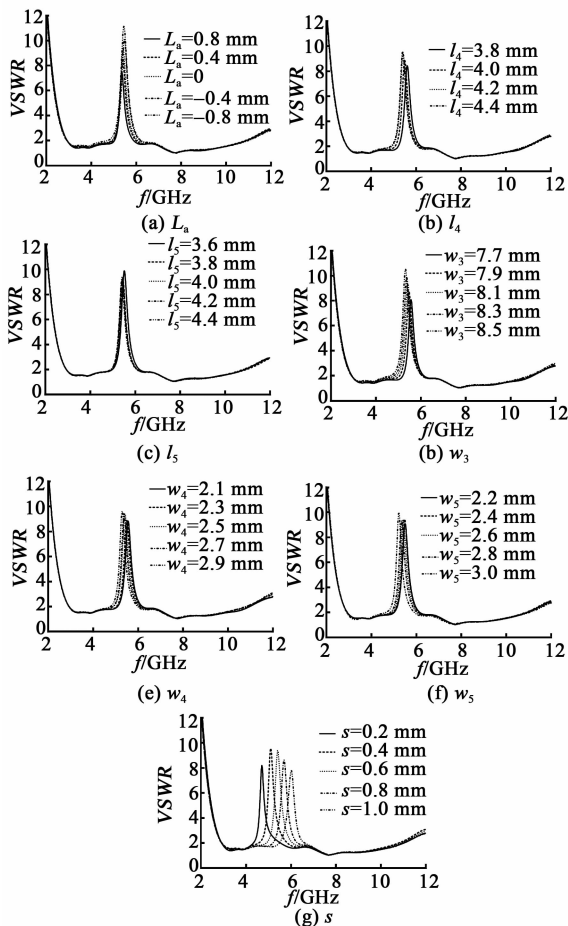


图4 各个参数与天线VSWR的关系图

图4(a)为C形槽总长度 L_f 不变时, L_a 与电压驻波比的关系。由图可看出,随着 L_a 的不断减小,陷波频带的中心频率几乎无变化,但天线的陷波性能越来越好,同时陷波频带的宽度也随之增加。图4(b)~(f)为其他条件一定时, L_f 变化与电压驻波比的关系。由图可看出,总长度的变化将影响到天线陷波频带的中心频率、陷波频带的宽度及陷波的性能等。由图4(g)可看出,随着 s 的增大,天线陷波频带的中心频率也在增大,但陷波频带的宽度几乎不变,说明 s 增加相对于整个槽的尺寸是减小的,从而导致陷波频带的中心频率向高频移动。

综合上述主要参数及位置分析,并结合天线的整体性能,最终选择 $L_a = 0$ 、 $l_3 = 6.9$ mm、 $w_3 = 8.1$ mm、 $l_4 = 4.2$ mm、 $w_3 = 2.5$ mm、 $l_5 = 4$ mm、 $w_5 = 2.6$ mm、 $s = 0.6$ mm,设计出图1(b)的天线。

为考察天线的辐射特性,图5为天线在4 GHz、7 GHz、9 GHz 3个频点上的仿真三维辐射方向图。由图可看出,天线在低频时呈现良好的辐射特性,但随着频率的增加,天线的辐射方向图发生了畸变。

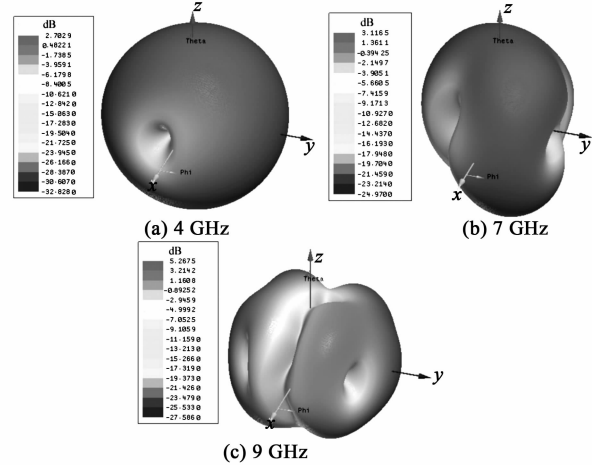


图5 天线的方向图

图6为天线在工作频带内各个频点上的最大增益。由图可看出,在陷波的频带内,天线的增益下降。

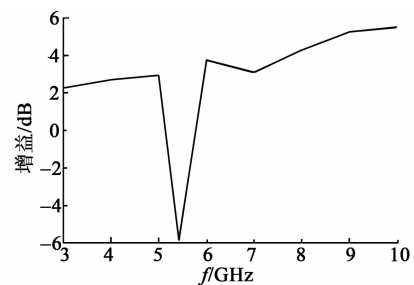


图6 天线的增益

降,最小达 -5.8699 dB;在工作频带内,天线的最小增益大于 2 dB,在 10 GHz的频点出现最大增益值(为 5.5223 dB)。

3 结束语

本文提出了一种新型超宽带陷波天线,即通过在天线的辐射贴片上开C形槽来实现陷波特性的。从仿真结果上看,天线具有宽频带、尺寸小、陷波性能良好等优点,天线的阻抗带宽为 $2.93\sim 10.87$ GHz,并且在 $4.91\sim 6.07$ GHz的频段内实现阻断,有效地滤除了WLAN的频段。同时,本文分析了陷波槽的位置和参数与天线陷波性能的关系。该超宽带陷波天线满足超宽带通信的要求,适用于无线超宽带通信系统中。

参考文献:

- [1] Federal Communications Commission. Ultra-wideband operation FCC report and order [R]. USA: FCC,2002.
- [2] 陈显明,刘书焕.一种新的平面椭圆单极子超宽带天线[J].压电与声光,2016,38(1):162-165.
CHEN Xianming,LIU Shuhuan. A novel kind of planar elliptical monopole ultra-wideband antenna[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics,2016,38(1):162-165.
- [3] HUANG C Y,HSIA W C. Planar elliptical antenna for ultra-wideband communications [J]. Electronics Letters,2005,41(6):296-297.
- [4] ZHANG S, LAU B K, SUNESSON A, et al. Closely-packed UWB MIMO/diversity antenna with different patterns and polarizations for USB dongle applications [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2012, 60(9): 4372-4380.
- [5] 郁剑.改进的圆形单极子超宽带天线[J].电子元件与材料,2015,34(8):86-89.
YU Jian. Improved circular monopole ultra-wideband antenna [J]. Electronic Components and Materials, 2015, 34(8): 86-89.
- [6] KIM J, CHO C S, LEE J W. 2 GHz notched ultra-wideband antenna using slot-type SRR [J]. Electronics Letters, 2006, 42(6):315-316.
- [7] LIU W J, CHENG C H, ZHU H B. Compact frequency notched ultra-wideband fractal printed slot antenna [J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters,2006,16(4):224-226.
- [8] FAN Fangfang, YAN Zehong, ZHANG Tianling, et al. Ultra-wideband planar monopole antenna with dual stopbands [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2010, 52(1):138-141.
- [9] 韩曹政,唐晋生.具有双带阻特性的超宽带缝隙天线[J].电视技术,2015,39(5):57-60.
HAN Caozheng, TANG Jinsheng. UWB slot antenna with dual band-notched characteristic [J]. Ideo Engineering, 2015, 39(5): 57-60.
- [10] GHEETHAN A A, ANAGNOSTOU D E. Dual band-reject UWB antenna with sharp rejection of narrow and closely-spaced bands [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2012, 60(4):2071-2076.
- [11] SARKAR D, SRIVASTAVA K V, SAURAV K. A compact microstrip-fed triple band-notched UWB monopole antenna [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2012, 11:724-727.
- [12] LI Tong, ZHAI Huiqing, LI Guihong, et al. Compact UWB band-notched antenna design using interdigital capacitance loading loop resonator [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2012, 11:724-727.
- [13] 施荣华,徐曦,董健.一种双陷波超宽带天线设计与研究[J].电子与信息学报,2014,36(2):482-487.
SHI Ronghua, XU Xi, DONG Jian. Design and analysis of a dual band-notched UWB antenna [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2014, 36(2): 482-487.