

液体对超高频 RFID 标签性能影响研究

柳 权, 何怡刚

(湖南大学 电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘 要: 超高频 RFID 标签受环境, 尤其是液体的影响很大. 通过理论分析结合实验测试, 研究了液体对超高频 RFID 标签的影响. 使用 RFID 系统测试平台测试了液体环境下标签性能参数的变化, 并基于电磁场仿真软件 HFSS Ansoft 做了仿真研究. 结果表明, RFID 系统附近的液体能吸收电磁波, 使标签天线辐射效率降低, 同时引起天线失谐.

关键词: 射频识别; 天线; 液体; 读取范围; 性能参数

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)09-0047-04

Effects of Liquid on Performance of UHF RFID Tag

LIU Quan, HE Yi-gang

(College of Electrical & Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The UHF RFID tag is effected by the environment, especially liquid. Theory analyzing and test experiment, were used to study the effect of liquid on RFID tag. Changes of performance parameters were tested in liquid environment by using the RFID system test platform, and studied based on electromagnetic field simulation software HFSS Ansoft. The results show that the fluid near the RFID system can absorb electromagnetic wave, reduce the radiation efficiency of the tag antenna, and lead to impedance match of antenna gets changed.

Key words: RFID; antenna; liquid; read range; performance parameters

1 引言

射频识别技术(RFID)发展迅猛, 典型应用如物流、动物识别、门禁控制、公交 IC 卡、第 2 代身份证等^[1-3]. 采用电感耦合的射频标签工作在 125 ~ 134kHz 或者 13.56MHz. 低频系统具有很强穿透液体或金属的能力, 但是由于采用电感耦合, 阅读器的读取范围近似等于阅读器天线的尺寸. 一般情况下, 读取范围限制在 1m 之内, 甚至只有几厘米. 目前, 超高频无源 RFID 系统因采用电磁反向散射耦合, 成本低, 读取范围可达几米, 在许多领域具有巨大的应用潜力^[4]. 这个频段的主要标准为 860-960MHz 的 EPC C1G2(ISO 18000-6C)和 2.45GHz 的 ISO

18000-4 标准.

然而, RFID 系统往往工作在复杂的环境中, 周围的物体会对超高频 RFID 系统的天线性能产生很大的影响, 甚至造成标签不能被正常读取. 目前在这方面研究的文献还很有限, Foster 和 Burberry^[5]已经对靠近几种物体的天线进行了基本的测量, Rautanen 等人^[6]通过仿真研究了相似的问题, Dobkin 和 Weigang^[7]已经通过实验发现超高频射频系统对金属环境比较敏感.

在供应链管理中, RFID 标签经常用于液体环境中, 如被贴附于装有水、饮料或药剂等高介电常数物质的瓶上. 文中从标签角度, 用实验和仿真分析了水对 RFID 标签性能的影响.

收稿日期: 2011-01-13; 修回日期: 2011-02-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(50677014, 60876022); 国家“八六三”计划项目(2006AA04A104); 湖南省科技计划项目(06JJ2024, 2008GK2022)

2 标签读取范围和读取率的变化

RFID 系统的标签读取范围是一项非常重要的性能参数,是指 RFID 阅读器能检测到来自标签的反向散射信号的最大距离.读取范围可用 Friis 自由空间公式计算:

$$r = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t G_t G_r \tau}{P_{th}}} \quad (1)$$

式中, λ 为波长; P_t 为读写器输出功率, G_r 为读写器天线增益; G_t 为标签天线增益; P_{th} 为提供给标签芯片电路的功率最小阈值; τ 为功率传输系数,可以表示为:

$$\tau = \frac{4R_c R_t}{|Z_c + Z_t|^2} \quad 0 \leq \tau \leq 1 \quad (2)$$

式中, Z_c 为标签芯片输入阻抗, $Z_c = R_c + jX_c$; Z_t 为标签天线输入阻抗, $Z_t = R_t + jX_t$.

水对射频信号有吸收作用,它的介电常数在频率为 1GHz 时达到非常之高,大约 70 左右,这势必会增大最小阈值 P_{th} ,同时也会引起标签天线失谐,造成功率传输系数 τ 减小,最终影响标签的读取范围.

下面通过实验测试标签读取范围的变化.测试原理图如图 1 所示.测试平台主要由 NI 公司的 PXI-1044 带电源的机箱、PXI-PCIe8361 控制器、PXI-5600 和 PXI-5610 射频上、下变频模块以及 PCI-5640R 板载 FPGA 模块(中频 IFRIO)等组成.硬件系统架构简单,板卡之间通过 IFRIO 板载 FPGA 来实现实时通讯,HOST PC 用于平台的控制以及进行信号的后续分析.软件系统采用 NI 公司推出的 LabVIEW 8.6 进行图形化界面设计.测试天线采用的是半波对称振子天线,谐振频率为 915MHz,满足测试标准 ISO18047-6 附录 H 规定的 3dB 角为 $\pm 35^\circ$ 的要求.选用 Alien 公司的 ALN-9540(满足 18000-6C 标准)作为测试标签.

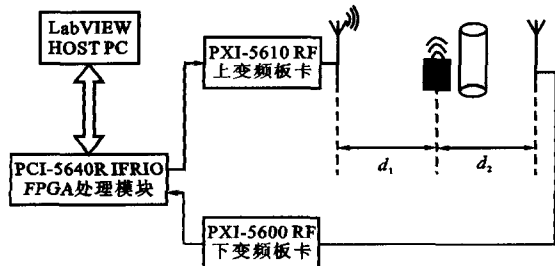


图 1 RFID 系统测试原理图

固定发射天线的位置,改变矿泉水瓶和标签之间的距离,当阅读器发送功率为 20dBm(100mW)

时,测试标签的最大读写距离.注意测试过程中保持前向链路距离 d_1 和后向链路距离 d_2 相等,保持标签和阅读器极化方向一致,测试结果如图 2 所示.

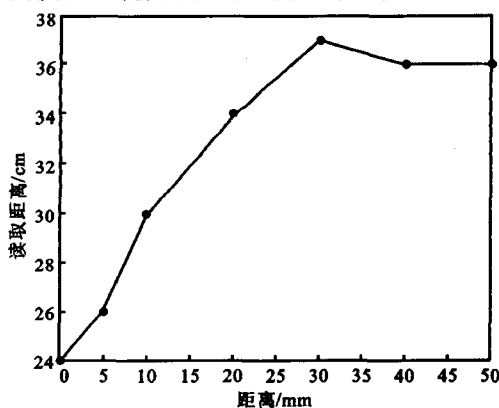


图 2 最大读写距离测试结果

固定阅读器与标签的位置,改变矿泉水瓶和标签天线之间的距离,测试标签读取率的变化,测试结果如图 3 所示.

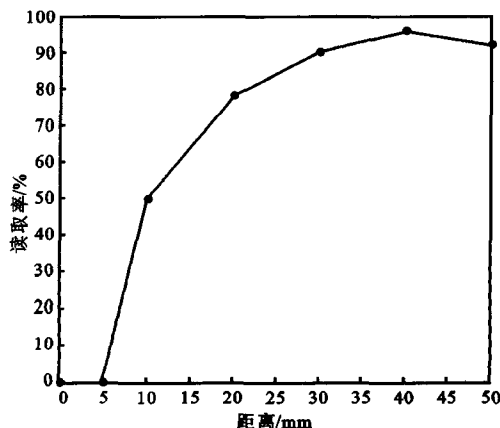


图 3 读取率测试结果

可以看出,随着距离的增加,读取距离和读取率都相应增加.液体靠近标签天线后,使得读取距离和读取率都减小,这与前面的理论分析一致.

3 标签灵敏度的变化

无源标签需由标签天线接收来自阅读器的电磁能量来激活标签,驱动标签芯片,使标签应答读写器的相关指令并输出标签信息.芯片正常工作功率 P_{chip} 必须满足: $P_{chip} > P_{sensitivity}$, $P_{sensitivity}$ 为标签灵敏度阈值.

下面通过实验测试标签灵敏度,测试装置与上面实验相同.参照 ISO/IEC18046-3 标准中提到的识别操作电场阈值(ETHR)测试方法,以 5MHz 为步长,天线距离 $d_1 = d_2 = 0.5m$,发射接收天线增益为 2.15dBi,测得 Alien 标签在自由空间与贴附于矿

矿泉水瓶时成功识别所要求发送的功率值(灵敏度)如图 4 所示。

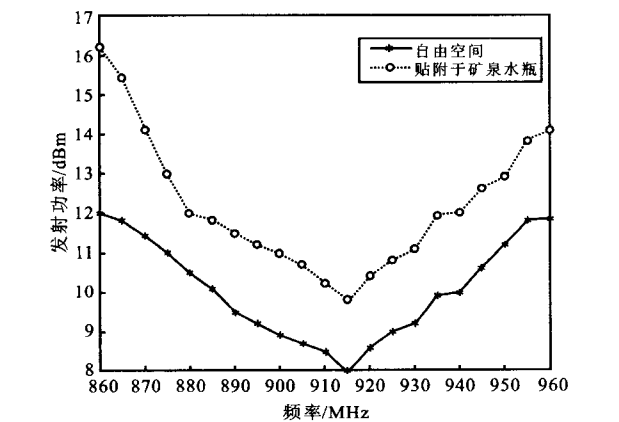


图 4 标签灵敏度测试结果

由图可见,贴附于矿泉水瓶时标签灵敏度很差,大约需要 10dBm 的发送功率,比在自由空间中多出 2dBm

4 标签天线性能参数的仿真分析

为研究液体对标签天线性能的影响,采用电磁场仿真软件 HFSS,研究了一种常用的半波偶极子天线,尺寸 13mm165mm,在 915MHz 时预计输入阻抗 233Ω。天线结构如图 5 所示。

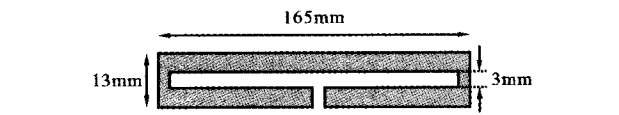


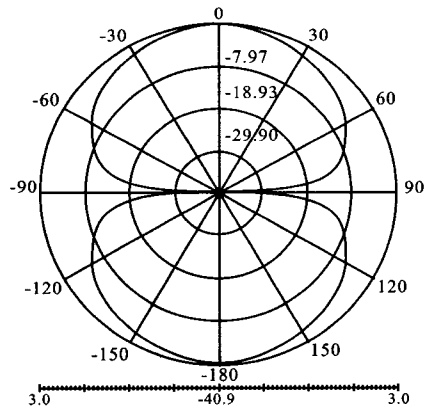
图 5 天线结构

在天线旁边平行放置一个 60mm×150mm(直径高度)的装满水的塑料瓶。自由空间和与塑料瓶相距 0mm 的方向图仿真结果如图 6(a)(b)。当塑料瓶靠近天线时,天线增益减小了。随着标签天线与水瓶距离的增加,天线增益呈现出先增大后减小的变化趋势,在相距 25mm 处,天线增益出现极大值,最大辐射方向增益变化情况如图 6(c)。天线方向图的变化不是单一因素所致,塑料瓶的表面波,瓶周围的衍射,水的介电常数以及水的损耗正切都有影响^[8]。

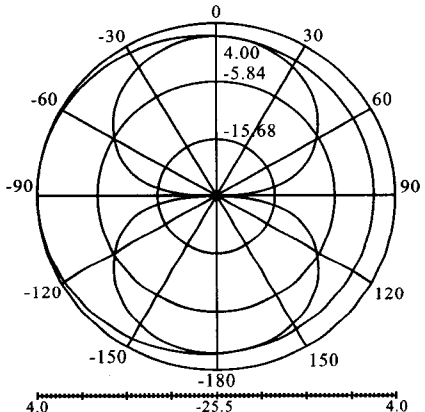
对于图 5 所示的偶极子天线,使其工作于 915MHz 频段,改变标签天线和塑料瓶的距离,仿真液体在不同位置时对天线阻抗匹配的影响,结果如图 7 所示(为了使图像更加清晰,用两幅图显示)。回波损耗是衡量天线匹配程度的重要性能参数。反射系数:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

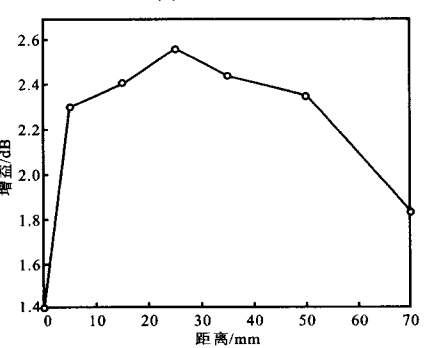
(3)



(a) 自由空间



(b) 距离 0mm



(c) 不同距离最大辐射方向增益变化

图 6 天线方向图变化对比

回波损耗即反射系数的导数为:

$$S_{11} = 20 \log_{10}(\Gamma)$$

(4)

其中, Z_L 为馈线终端所接负载阻抗, Z_0 为馈线特性阻抗。

图 7 中显示了一塑料瓶水距离天线位置为 5mm、25mm、50mm 和 70mm 时对天线匹配特性的影响。由图可知,一塑料瓶水主要改变了天线的谐振频率,距离天线越近,对天线的谐振频率影响越大,导致天线的谐振频率点发生偏移。该瓶水降低了最小回波损耗频率 15%,当物体与天线的距离小于 52.5mm 时,回波损耗将导致一个 3.0dB 的插入损耗,而天线的自由空间损耗才 0.2dB。当离天线距离

逐渐增大时,天线的阻抗匹配逐渐变好,在距离天线 50mm 时,天线在中心频率 910MHz 处获得良好匹配,只是带宽比自由空间中天线的带宽减小了.当距离天线超过 50mm 时,塑料瓶对天线性能影响不大.

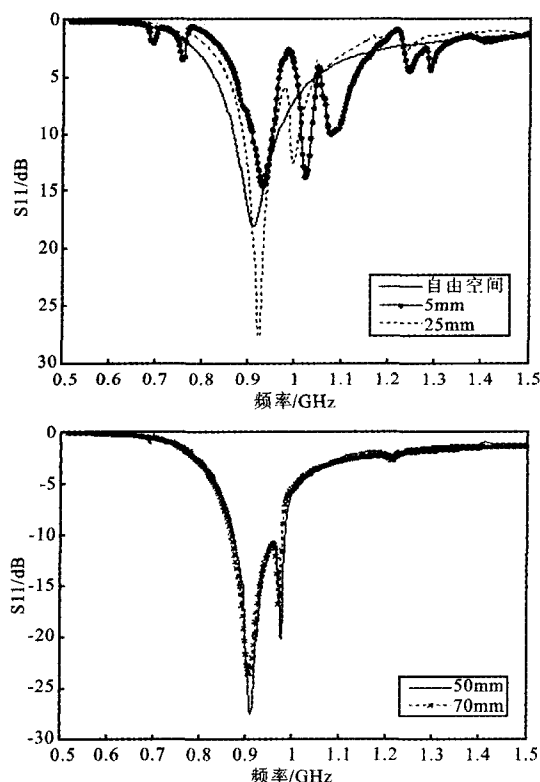


图7 塑料瓶在不同位置时对天线匹配特性的影响

5 结束语

文中研究了液体环境对超高频 RFID 系统的影响.液体对射频信号有吸收作用,会降低标签的读取范围和读取率,标签灵敏度也会变差.标签放置在液

体附近时,天线的增益、阻抗等性能参数会改变,引起失谐.

参考文献:

- [1] 游战清. 无线射频识别技术(RFID)理论与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2004:91-265.
- [2] 中国科技部. 中国射频识别(RFID)技术政策白皮书[R]. 北京:中国科技部,2006.
- [3] Bansal R. Coming soon to a wal-mart near you[J]. IEEE Antennas Propag. Mag., 2003(45): 105-106.
- [4] Radio Frequency Identification, Office of the deputy under secretary of defense [S]. DFARS 252. 211 - 7006. 2006.
- [5] Foster P R. Burberry R A. Antenna problems in RFID systems[C]// IEE Colloq, RFID Technol. UK: Malvern, 1999:31-35.
- [6] Raunonen P. Folded dipole antenna near metal plate [J]. IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp., 2003 (1):848-851.
- [7] Dobkin D M, Weigand S M. Environmental effects on RFID tag antennas[J]. IEEE Int. Microw. Symp., 2005-C:135-138.
- [8] Griffin J, Gurgin G, Haldi A, et al. RF tag antenna performance on various materials using radio link budgets[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2006(5):247-250.

作者简介:

柳 权 男,(1985-),硕士研究生.研究方向为 RFID 系统测试及标签天线设计.

何怡刚 男,(1966-),教授,博士生导师.研究方向为电路系统测试、RFID 测试.