

UHF RFID 系统相位噪声的研究与仿真

张 俊, 何怡刚, 侯周国, 代 扬
(湖南大学电气与信息工程学院, 长沙 410082)

摘 要: 介绍一种 UHF RFID 系统本振相位噪声性能分析的方法。在一般情况下, 相位噪声是频率源信号与干扰信号的相互混频。在 UHF RFID 系统中发射信号与本振信号使用的是相同的振荡器, 距离相关现象会影响相位噪声性能指标要求。在考虑到距离相关影响的前提下重新得到 RFID 系统的新的相位噪声方程并进行仿真, 仿真结果表明距离相关是 UHF RFID 系统设计中的重要因素。

关键词: UHF RFID 系统; 相位噪声; 距离相关; 仿真

Study and Simulation of Phase Noise for UHF RFID System

ZHANG Jun, HE Yi-gang, HOU Zhou-guo, DAI Yang

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

【Abstract】 This paper introduces an analysis method of phase noise requirements on a local oscillator for a UHF Radio Frequency Identification (RFID) system. In general case, phase noise requirements are derived considering a reciprocal mixing with an interference signal. In UHF RFID system, the same oscillator is used for the transmitted signal and the Local Oscillator(LO), range correlation phenomenon effects the phase noise requirements. This paper derives new phase noise equation considering the range correlation effect on the RFID system and a simulation is done. Simulation results for UHF RFID system show that range correlation effect is the important factor in RFID system design.

【Key words】 UHF RFID system; phase noise; range correlation; simulation

1 概述

无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术是一种非接触的自动识别技术, 可以通过射频信号自动识别目标对象, 获取相关数据, 不需要人工接触、不需要光学可视即可完成信息输入和处理, 操作简单快捷。近年来, RFID 技术被广泛地应用在生产、零售、物流、交通、运输、防伪、设备和资产管理等需要收集和数据处理的应用领域。随着大规模集成电路技术的进步以及生产规模的不断扩大, RFID 产品的成本将不断地降低, 其应用将越来越广泛^[1]。

一个 RFID 系统通常由电子标签、读写器、计算机通信网络 3 部分组成。电子标签存储着需要被识别物品的相关信息。读写器是可以读/写电子标签信息的设备, 读写器读出的标签信息可以通过计算机以及网络系统进行管理和信息传输。

按照电磁波的不同处理方式和频段, 射频识别系统可以分为电感耦合系统和电磁反向散射耦合系统。UHF RFID 系统一般使用反向散射耦合, 读写器发出的连续波信号与接收反射回的幅度调制信号是同时进行的, 反射回的信号强度要比发射信号弱得多, 因此, 其难点是同频接收。如果相同的频率源同时用于发送和接收, 接收到的信号和本振相关, 其相关程度取决于 2 个信号的时延。当时延变为很短时, 相应的影响也会大大地缩短其基带噪声谱。在类似雷达的应用, 如 RFID 中, 这种相位噪声降低效果就叫作距离相关。距离相关实际上是一种滤波效应, 其滤波作用由本振信号相位噪声和接收机相位噪声相关来达到。

一般的, 在无线通信系统中相位噪声是一个干扰信号相互混频的过程的产物。然而在有距离相关影响下的 UHF

RFID 系统中, 相位噪声的计算必须考虑到相互混频和由于距离相关影响的相位噪声的降低。而目前在 RFID 系统中距离相关性的研究还很少。

图 1 显示了有无距离相关影响的相互混频过程。

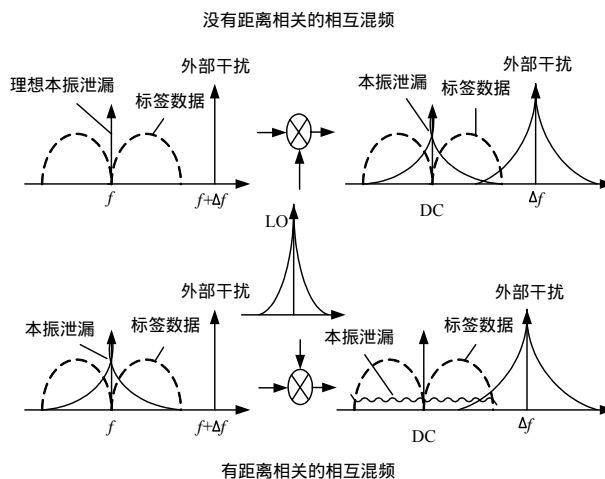


图 1 距离相关作用的相互混频

在不考虑距离相关的前提下, 由于相互混频, 中频信号

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2006AA04A104); 国家自然科学基金资助项目(50677014); 高校博士点基金资助项目(20060532002); 湖南省科技计划基金资助项目(06JJ2024, 2008GK2022)

作者简介: 张 俊(1984 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: RFID 系统测试; 何怡刚, 教授、博士生导师; 侯周国、代 扬, 博士研究生

收稿日期: 2009-04-25 **E-mail:** zhangjun0712@126.com

会受到具有和本振相似分布特性的干扰所产生信号的影响,造成接收机信噪比的降低及误码率的升高。而考虑距离相关后,如果通过后向散射接收到的信号同时伴随着一个很强的干扰信号,这2个信号与本振信号混合以后直接转化就会产生一个基带信号。这些信号由2个重叠谱线组成,其结果就会导致基带噪声谱缩短,从图1中可以看出滤波的效果。

本文提出了一种UHF RFID系统本振相位噪声要求量化分析的方法。分析包括了干扰信号的相互混频和一个后向散射信号的距离相关影响。

2 分析方法

本节首先给出不考虑距离相关的相互混频,并推导典型的相位噪声方程。然后考虑距离相关影响并推导RFID系统中相应的相位噪声方程。

2.1 相互混频

相位噪声的定义是偏离载波 Δf 的地方,归一化到1 Hz带宽内,噪声功率与载波功率之比。其计算方法可以用下式来表示:

$$\text{PhaseNoise}(L(\Delta f)) = 10 \lg[P_{\text{noise}} / P_{\text{carrier}}]$$

其中 P_{noise} 是偏离载波 Δf 噪声功率归一化到1 Hz的值; P_{carrier} 是载波功率。由于相位噪声的存在,靠近载波频率的干扰信号会把噪声分量搬到信道内。假定噪声带宽是 BW ,信号功率是 P_s ,离载波 Δf 地方有一个干扰信号,其功率为 P_i ,若转换增益为1,则经过下混频后,干扰信号就有本振类似的频谱特性^[2],其中就会有一部分能量 P_n 渗透到工作信道上,其表达式为

$$P_n = P_i + L(\Delta f) + 10 \lg(BW)$$

$$SNR = P_s - P_n = P_s - P_i - L(\Delta f) - 10 \lg(BW)$$

其中, SNR 是信噪比,由此可以得到相位噪声的表达式:

$$L(\Delta f) = P_s - P_i - 10 \lg(BW) - SNR \quad (1)$$

根据欧洲电信标准协会(ETSI)中规定的参考灵敏度为-90 dBm,预留6 dB裕量以弥补偏差,在80 kHz处有一个干扰为-35 dBm。最小的信噪比为11 dB,由此可以计算出要求的相位噪声为

$$L(\Delta f) = -84 - (-35) - 10 \lg(80k) - 11 = -109 \text{ dBc/Hz}@80 \text{ kHz}$$

2.2 距离相关影响

忽略幅度变化,一个RFID阅读器反向链路传输一个单边带信号 T_{RF} 的表达式为

$$T_{RF}(t) = \cos(2\pi ft + \phi(t)) \quad (2)$$

其中, f 是振荡频率; $\phi(t)$ 是振荡器的相位噪声。如果这个信号通过一个标签在一个很小的距离 d 反射后,则接收到的信号为

$$R(t) = x_{\text{Tag}}(t) \cos(2\pi f(t - \frac{2d}{c}) + \phi(t - \frac{2d}{c})) \quad (3)$$

其中, $x_{\text{Tag}}(t)$ 是标签的后向散射信号; c 是电磁波速度; d 是标签到阅读器距离。接收到的信号通过与本振信号相乘得到,接收信号和传输信号共用同一个本振来源。当接收到的信号与本振信号相乘,其输出通过低通滤波器,则得到的基带信号为

$$B(t) = x_{\text{Tag}}(t) \cos(\frac{4\pi d}{\lambda} + \Delta\phi(t)) \quad (4)$$

其中,波长 $\lambda = c/f$; $\Delta\phi(t) = \phi(t) - \phi(t - \frac{2d}{c})$ 是残留相位噪声。

距离相关理论描述了在式(4)中的残留相位噪声如何影

响基带噪声谱^[3],该理论最先被提出是用来解释连续波雷达系统没有被地杂波噪声淹没的原因。根据文献[4],对于标签和阅读器间一个给定的距离 d ,基带噪声谱密度在偏离载波频率 Δf 时表达式如下:

$$S_{\Delta\phi}(\Delta f) = S_{\phi}(\Delta f)[4 \sin^2(2\pi \frac{d\Delta f}{c})] \quad (5)$$

其中, $S_{\phi}(\Delta f)$ 是RF相位噪声谱密度。

通过这个方程可以看出,在一个很低的频率偏移,基带噪声谱密度将会与读写器和标签距离的平方成比例增加。距离相关作用提供了相位噪声谱的高通滤波作用,使得相位噪声低频分量剧烈衰减。例如当距离为50 cm、偏离载波频率1 Hz的时候,残留相位噪声将会下降154 dB。根据式(4),残留相位噪声是作为一个附加出现在基带信号中的,由于距离相关引起的相位噪声的降低显得很重要。综合式(1)和式(5)可以得到计算UHF RFID系统相位噪声的方程:

$$L_{\Delta\phi}(\Delta f) = P_s - P_i - 10 \lg(BW) - SNR + 10 \lg(4 \sin^2(2\pi \frac{d\Delta f}{c})) \quad (6)$$

3 仿真和结果

在EPC Global Class1 Generation 2标准中,频率在范围860 MHz~960 MHz内被分配,在北美信道间隔是500 kHz,而在欧洲信道间隔是200 kHz。可以看出,欧洲对频谱的要求要比北美严格得多。对比这些标准,为了使阅读器能够在全球范围内被使用,本文的仿真基于更为严格的欧洲标准。本文采用的仿真工具是安捷伦公司的ADS仿真工具。

3.1 仿真描述

UHF RFID系统仿真可以被分为简单的3个部分,包括阅读器、标签和无线信道。发射机发送一个连续的载波信号到标签,标签接收到后反向散射信号回到阅读器。自由空间的设计是根据Friis自由空间链路公式并考虑到了阅读器和标签之间距离引起的相位转移,在仿真参数里面添加了高斯白噪声用于反应自由空间里的噪声。接收器部分包括带通滤波器、低噪声放大器、混频器、信道选择滤波等。距离相关作用可以通过对比理想的本振和有相位噪声的本振得到。

3.2 仿真结果

图2显示了2种情况的仿真结果,一条曲线显示的是没有考虑距离相关的接收器接收到的相互混频标签信号,另一条曲线显示的是考虑了距离相关的相互混频标签信号。可以看出,考虑了距离相关的相互混频更接近实际,在图中可以很明显的看到,仿真数据在零频附近的相位噪声部分有很强的下降,该结果与理论分析结果吻合。

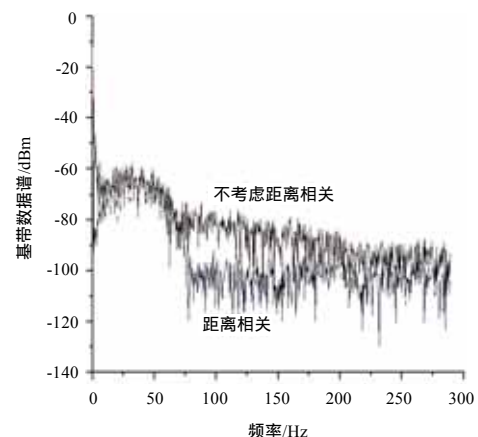


图2 基带标签数据谱对比图

图3显示了第2节提出的方法的仿真对比。根据式(1)和式(6)可以计算距离相关影响的信噪比。如在偏离载波80 kHz的地方,当相位噪声为-100 dBc/Hz,没有距离相关作用时,SNR仿真值为15.4 dB。

由仿真结果可以看到,仿真值与计算值差别不大,由于距离相关作用的影响信噪比有了很大提高。

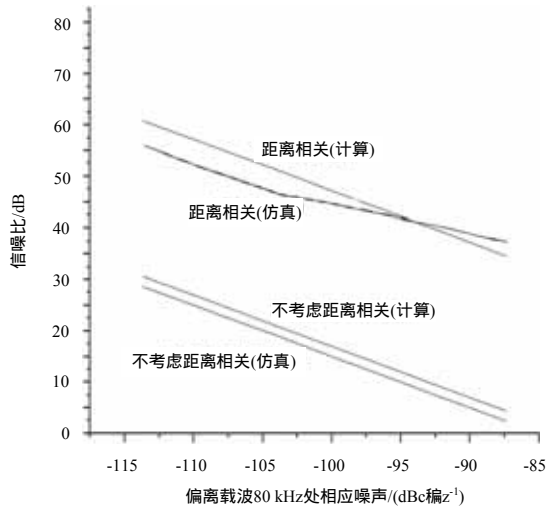


图3 基带标签数据的信噪比对比图

(上接第273页)

图5显示当有一高优先级业务到来时,信息分发服务器根据业务需求进行带宽调整,高优先级业务(task7)抢占了较低优先级的业务信道,从而解决了关键业务的优先保证。



图5 高优先级业务抢占信道

4 结束语

经过多年研究,军用信息处理技术和军事通信技术得到

4 结束语

在UHF RFID系统中,传输信号和本振使用的是同一个振荡器。相同的频率源同时用于发送和接收过程,接收到的信号和有相位噪声的本振相关,其相关程度取决于2个信号的时延。当时延变为很短时,相应的影响也会大大地缩短其基带噪声谱,所以距离相关作用会影响相位噪声的要求。本文提出了一种新的考虑距离相关的RFID系统残留相位噪声方程,仿真结果表明了距离相关是UHF RFID系统设计中的重要因素。

参考文献

- [1] 周晓光, 王晓华. 射频识别(RFID)技术原理与应用实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [2] 韩益峰. 射频识别阅读器的研究与设计[D]. 上海: 复旦大学, 2005.
- [3] Budge M C, Burt M P. Range Correlation Effects in Radars[C]//Proc. of the IEEE National Radar Conference. Boston, Mass, USA: [s. n.], 1993: 212-216.
- [4] Droitcour A D, Boric Lubecke O, Lubecke V M. Range Correlation and I/Q Performance Benefits in Single-chip Silicon Doppler Radars for Noncontact Cardiopulmonary Monitoring[J]. IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, 2004, 52(3): 838-848.

编辑 顾逸斐

了强劲发展,但战术信息分发管理系统的研究还比较薄弱,因此,本文根据美军的IDM技术思想,结合一个具体的无线网络背景对战术信息分发管理原型系统进行研究。

实验结果证明,本系统的技术路线可行,能够加强通信网络与指控系统的紧密结合,提升战术部队的通信指挥能力。

参考文献

- [1] 孙晓凡. 栅格技术与战术 C3I 系统信息处理分发技术研究[J]. 电子工程师, 2004, 30(5): 55-57.
- [2] Schlossberg J D, Lee Y W. Capstone Requirements Document Global Information Grid[DB/OL]. (2001-08-22). <http://www.army.mil/>.
- [3] 美军装备采办最新顶层文件. 联合通信系统[M]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2006.
- [4] 张俊, 王春江, 林媛康, 等. 基于信息分发管理的内容分发网络模型[J]. 电视技术, 2006, (11): 79-81.

编辑 陆燕菲