

doi: 10.7690/bgzdh.2015.10.021

基于异步应答时间测量的无线测距通信模块

高兆银¹, 赖春强²

(1. 武警北京总队司令部通信站, 北京 100020; 2. 中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 根据无线传感器网络中节点间高精度测距的需求, 综合分析当前无线测距的主要方法和工作原理, 提出了一种采用应答时间测量方式的无线测距通信模块设计方法, 并对测距主要误差产生的原因进行阐述。结果表明: 该方法能有效提高测距精度, 省去收发转换导致的不可控时延。

关键词: 无线通信; 电磁波; 无线测距

中图分类号: TP212 **文献标志码:** A

Wireless Distance-measuring and Communication Module Based on Computing of Asynchronous Response's Time

Gao Zhaoyin¹, Lai Chunqiang²

(1. The Communication Station of Beijing Armed Police Corps Command, Beijing 100020, China;

2. Department of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China)

Abstract: This article analyses the primary method and work theory of wireless ranging according to the requirement of high precise ranging between the nodes of wireless sensor network, brings forward a design of wireless ranging and communication module based on computing of asynchronous response's time, and analyses the main reason of error occur. Results show that, the method can effectively improve the ranging accuracy, save uncontrollable delay lead by transmits-recvie process.

Keywords: wireless communication; electromagnetic wave; wireless distance-measuring

0 引言

在无线传感器网络中, 节点定位对于传感器网络应用具有重要意义, 而节点之间距离测量的精度将直接影响到定位的准确性。针对目前无线传感器网络节点之间距离测量方式存在的问题, 笔者介绍一种基于异步应答时间测量的无线测距原理和硬件体系架构, 并对其测距精度进行了具体分析。

1 无线测距技术简介

当前无线传感器网络节点之间距离测量方式可以分为以下几类:

1) 基于信号强度检测(RSSI)^[1]的测距技术。

在已知发射功率的前提下, 接收端测量接收到的信号强度, 根据信号传输模型将无线传输损耗转换为传输距离的一种测距方式。该方式结构简单、易于实现, 但受环境影响大, 非视距、多径、反射等会增大测距误差, 因此测距精度较低。

2) 基于同步时间测量的测距技术。

对于时间严格同步的通信系统, 发射端发送一个带时间戳的信号, 告知接收端信号的发送时间 t_0 , 接收端在 t_1 时刻获得该信号, 根据时间差和信号在介质中的传输速率计算得到节点之间的距离。该方

式测距精度受基准时钟精度影响大, 无线传感器网络很难获取高精度的基准时钟。

3) 基于天线阵列的测距技术。

采用天线阵列接收多个已知信标节点发射的信号, 通过分析接收信号的时间差和相位差计算信标节点的角度, 通过三角函数关系得到自身的位置。该方式的前提条件已知信标节点的位置, 且由于采用天线阵列导致硬件结构复杂、体积大, 测距精度与天线阵列的基线长度关系较大。

4) 基于异步应答时间测量的测距技术。

利用信号在 2 个异步收发信机之间的传输时间来测量节点之间的距离。节点 A 发出测距请求 REQ, 节点 B 收到后将自身收发延迟时间 T_{TAT} 附在测距应答帧 ACK 里, 一并发送给节点 A, 如图 1。

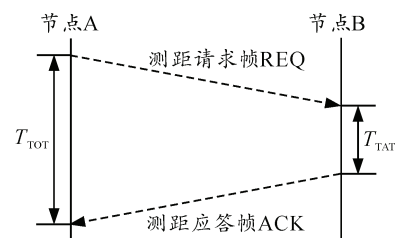


图 1 异步应答测距方式原理

收稿日期: 2015-06-02; 修回日期: 2015-07-29

作者简介: 高兆银(1971—), 男, 山东人, 工程师, 从事无线数字集群通信及宽带拓展技术研究。

节点 A 到节点 B 的距离可以表示为

$$D = (T_{TOT} - T_{TAT}) \div 2 \times C. \quad (1)$$

采用异步应答时间测量的测距方式具有测距精度高、受环境影响小和不依赖于基准时钟等优点。

上述 4 种无线测距方式特性比较如表 1。

表 1 无线测距方式性能比较

特性	RSSI	同步时间测量	天线阵列	异步应答时间测量
抗干扰能力	差	较好	较差	较好
硬件复杂度	简单	较简单	复杂	较简单
时钟同步要求	无需同步	同步要求高	无需同步	同步要求低
测距精度	差	较好	较差	较好

2 无线测距通信模块设计

在实际工程中，无线测距通信模块用于构建无线传感器网络，实现传感器信息的传输及测距，本设计采用基于异步应答时间测量的测距原理，系统构成如图 2。

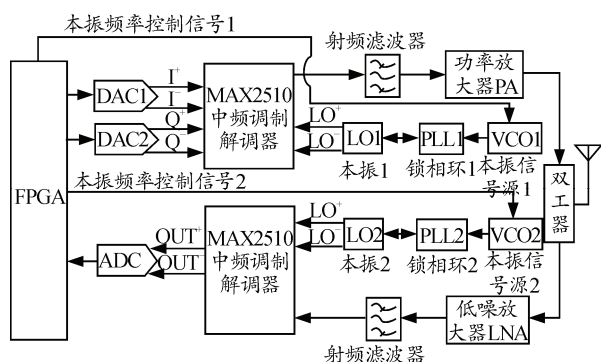


图 2 无线测距通信模块原理框图

基带处理部分由现场可编程门阵列 (field-programmable gate array, FPGA)、高速 ADC 和 DAC 器件构成^[2]，射频收发回路采用零中频、全双工架构^[3]，接收和发送回路各采用一套本振时钟源^[4]和中频收发器 MAX2510^[5]来实现基带信号到射频信号之间的转换，在测距时测距发射频率和应答接收频率不同，通过射频双工器实现全双向通信，省去收发切换控制的不可估算时间消耗，从而提高测距精度。

基带信号采用 I/Q 信号，直接由中频收发器 MAX2510 调制到射频，经射频功放发射。接收回路上获取的射频信号经 LNA 放大和带通滤波后，送入 MAX2510 解调至基带信号，通过 ADC 形成数字基带信号送入 FPGA 进行处理。

中频收发器 MAX2510 是一款高度集成的中频调制解调器，内置收发回路混频、发送可变增益放

大和接收限幅放大等功能模块，可直接作为射频收发器使用，主要特性如下：

- 1) +2.7~+5.5 V 单电源供电；
- 2) 内置独立的上变频、下变频功能模块，需外部本振信号；
- 3) 调制和解调半双工工作；
- 4) 接收回路支持最大 600 MHz 的一阶中频和最大 30 MHz 的二阶中频；
- 5) 发送回路支持 100~600 MHz 的积分调制；
- 6) 接收限幅器动态范围可达 90 dB，具备高灵敏度信号强度检测功能；
- 7) 接收回路输出采用差分限幅输出直接驱动方式；
- 8) 发送接口采用差分 I/Q 信号接口；
- 9) 40 dB 的发送增益控制范围，最大发射功率可达 1 dBm。

3 无线测距工作原理

测距请求发送阶段，测距节点 A 的 FPGA 清零并启动内部计数器，同时控制发送回路的 VCO 产生本振频率信号 f_t ，将测距命令通过 DAC 转换为模拟基带信号，在 MAX2510 内部与本振信号混频形成测距的射频信号，经射频频滤波器和射频功放处理，通过天线发射出去。

测距请求接收阶段，测距节点 B 的天线接收测距请求的射频信号，经放大和滤波后在 MAX2510 内部与接收回路的 VCO 产生的本振频率 f_r 下变频至模拟基带信号，通过 ADC 形成数字基带输入 FPGA。

测距应答发送阶段，测距节点 B 的 FPGA 在接收到测距请求信号后立即控制发送回路的 VCO 产生本振频率 f_a ，同时将测距应答数据通过 DAC 转换为模拟基带信号，在 MAX2510 内部与本振信号混频形成测距应答的射频信号，经射频频滤波器和射频功放处理，通过天线发射出去。

测距应答接收阶段，测距节点 A 的天线接收测距应答的射频信号，经放大和滤波后在 MAX2510 内部与接收回路的 VCO 产生的本振频率 f_a 下变频至模拟基带信号，通过 ADC 形成数字基带输入 FPGA，FPGA 接收到测距应答的同时停止内部计数器，计数值与内部时钟周期的乘积即为 T_{TOT} ，如图 3 所示。