



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101666878 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 30

(21) 申请号 200910069664. 2

(22) 申请日 2009. 07. 09

(73) 专利权人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号天津大学

(72) 发明人 毛陆虹 刘辉 毛旭瑞

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理事务所 12201

代理人 程毓英

(51) Int. Cl.

G06K 17/00 (2006. 01)

G06K 7/00 (2006. 01)

G01S 13/00 (2006. 01)

G01S 13/74 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101201395 A, 2008. 06. 18, 全文.

CN 101079095 A, 2007. 11. 28, 全文.

CN 101089654 A, 2007. 12. 19, 全文.

US 2008/0305515 A1, 2008. 12. 11, 全文.

US 2007/0013517 A1, 2007. 01. 18, 全文.

审查员 杨进军

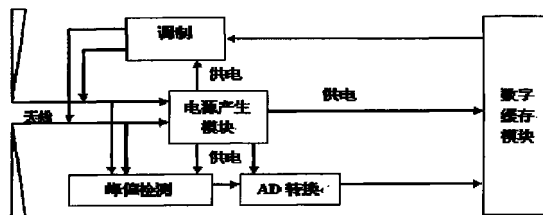
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

能提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位方法与系统

(57) 摘要

本发明涉及一种无源 RFID 定位方法, 包括: 阅读器经发送天线发出的射频信号; 待定位的无源应答器利用天线接收阅读器发送的射频信号; 将接收到的射频信号转换成供给无源应答器工作的直流电压; 对天线接收到的信号进行峰值检测, 得到信号强度的模拟量; 对该模拟量进行 AD 转换, 将检测到的信号峰值幅度所表征信号强度的模拟量转换为数字量; 保存表征信号强度的数字量; 对将数字量调制后经应答器天线发送给阅读器; 由计算机根据阅读器发送出的与其接收到的表征信号强度的两个数字量完成对应答器的定位。本发明同时提供一种实现此方法的定位系统, 本发明使无源 RFID 定位系统的信噪比与定位精度得到大大提高。



1. 一种能提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位方法,利用至少三个阅读器,采用基于 RSSI 到达应答器的定位方式对无源应答器定位,包括下列步骤:

(1) 阅读器经发送天线发出射频信号;

(2) 待定位的无源应答器利用天线接收阅读器发送的射频信号;

(3) 对接收到的射频信号依次进行桥式整流、低通滤波、稳压和限幅后转换成供给无源应答器工作的直流电压;

(4) 对天线接收到的信号进行峰值检测,以检测到的信号峰值幅度代表应答器所接收到的信号强度的模拟量;

(5) 将峰值检测后的模拟量进行 AD 转换,将检测到的信号峰值幅度所表征信号强度的模拟量转换为数字量;

(6) 保存表征信号强度的数字量;

(7) 将数字量调制后经应答器天线发送给阅读器;

(8) 阅读器将其发送出的与其接收到的表征信号强度的两个数字量发送到计算机,由计算机根据信号衰减程度与信号传输距离的二次方成正比的映射关系,将从不同阅读器得到的至少三组数字信号衰减映射成三个距离差,再根据相应阅读器的位置,完成对应答器的定位。

2. 一种能提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位系统,包括计算机和至少三个带有天线的阅读器,每个阅读器各向一个带有天线的无源应答器发射射频信号并接收其发回的射频信号,其特征在于,所述的无源应答器,包含:

一个天线,用于接收由各个阅读器发送的射频信号,并利用反向散射原理回传信号。

一个电源产生模块,用于对接收到的射频信号依次进行桥式整流、低通滤波、稳压和限幅后转换成供给无源应答器工作的直流电压;

一个峰值检测器,用于对天线接收到的信号进行峰值检测,以检测到的信号峰值幅度代表应答器所接收到的信号强度的模拟量;

一个 AD 转换器,其作用是将峰值检测后的模拟量进行 AD 转换,将检测到的信号峰值幅度所表征信号强度的模拟量转换为数字量;

一个数字缓存处理模块,将表征信号强度的数字量保存,并在应答器回传数据时,发给调制器;

一个调制器,将数字量调制后经应答器天线发送给阅读器;

所述的阅读器用于将其发送出的与其接收到的表征信号强度的两个数字量发送到计算机;所述的计算机根据信号衰减与信号传输距离的二次方成正比的映射关系,将从不同阅读器得到的至少三组数字信号衰减映射成三个距离差,再根据相应阅读器的位置,完成对所述应答器的定位。

3. 根据权利要求 2 所述的能提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位系统,其特征在于,所述的峰值检测器为 RC 充电电路。

4. 根据权利要求 2 所述的能提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位系统,其特征在于,经过峰值滤波检测到的信号,被送入设定有阈值的比较器,比较器的输出经过缓冲器倒向后被送入与非门中,与非门的使能信号与射频信号的采集信号是同步的,与非门的打开的时间正比于峰值检测器输出的峰值电压。

能提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位方法与系统

技术领域

[0001] 本发明适用于近距离或室内空间的定位方法与系统,应用射频识别 (RFID, RadioFrequency IDentification) 技术完成对物体的定位,涉及一种可以提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位方法与系统。

背景技术

[0002] 移动计算技术和无线局域网技术的飞速发展促进了移动定位技术的突飞猛进。对于室外定位系统而言,最著名的全球定位系统 GPS 的应用随处可见,但对于应用于近距离或室内空间中的定位系统,GPS 系统具有明显的局限性,而应用诞生于自动识别领域的射频识别 (RFID) 技术进行室内封闭空间中的定位,以其非接触、非视距、定位精度高且成本低等其他定位技术无可比拟的优势,获得了越来越多人的关注。

[0003] 在应用 RFID 技术进行定位的各种方法中,一种很重要的定位思想是通过获得几组 (通常为 3 个或以上) 阅读器与应答器之间的距离差,然后根据位置已经确定的阅读器来完成对应答器的定位。在获得距离差进行定位的各种方法中,基于 RSSI (Received SignalStrength Indication) 接收信号场强衰减映射成距离差的 RFID 定位方法具有低功率和低成本的优点,这使得该方法已用于商业化的定位系统,例如 LANDMARC 等。

[0004] 基于 RSSI 的 RFID 定位方法所用的应答器可以分为两种:有源应答器和无源应答器。由于无源应答器具有成本低、结构简单、适用范围广、使用寿命长等一系列有源应答器不具有的优点,无源应答器在广泛的领域取代有源应答器将成为趋势。基于无源应答器的 RFID 系统的基本思想是:应答器自己没有电源,其工作能量需要从阅读器发出的射频信号中获取。本发明中的电源产生模块正是基于这种能量传递和获取模式实现的。

[0005] 目前使用无源应答器的 RFID 定位系统主要采用如下的工作方式:阅读器发出射频信号,该信号到达应答器,由电源产生模块产生激活应答器工作的电压,应答器再将射频信号反射回阅读器。如附图 1 所示,信号在往返过程中经①,②两条路径从而两次衰减,通过阅读器最终接收到的信号与最初发射的信号相比较,测量信号衰减的程度,根据信号衰减与传输路程的关系来判定信号往返的路程,从而获得阅读器和应答器之间的距离。如果阅读器的位置已经确定,则通过 3 个阅读器与要定位应答器得到相应的 3 组距离差,就可以对应答器进行定位,我们把这种定位方法称为:基于 RSSI 信号到达阅读器的无源 RFID 定位,该定位的数据计算可以由相关的定位算法程序完成。它不用改变用于读写识别的常规阅读器和应答器的硬件结构,只需读取由阅读器发出的信号场强与阅读器最终接收到的信号场强,由相关定位算法程序通过计算信号传输途中的衰减,最终完成对应答器的定位。

[0006] 附图 1 是基于信号到达的无源 RFID 定位系统框图,此框图为理想化的系统模型,在此系统中没有考虑阅读器与应答器之间的反射物的干扰对定位结果的影响。下面先对附图 1 中理想情况下信号到达应答器与反射回阅读器进行一下能量分析:设 RFID 定位系统工作在辐射远场区,阅读器的发射功率为 P_{TX} ,阅读器发射天线的增益为 G_{TX} , G_{tag} 为应答器天线的增益, R 为阅读器到应答器的距离, λ 为工作波长,则阅读器发射到达应答器 (即应答器

接收到)的能量 P_{tag} 为 $P_{Tx} G_{Tx} G_{tag} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$ 。同理,阅读器接收到应答器反射回来的能量 P_{Rx} 为 $\frac{P_{Tx} G_{Rx} G_{tag}^2 G_{Tx} \lambda^4}{(4\pi R)^4}$,此时考虑了无源 RFID 基于反向散射调制,标签天线接收到的功率 P_{tag} 将被

完全反射, G_{Rx} 为阅读器接收天线增益。可以看出,在阅读器天线发射功率一定的条件下,阅读器从应答器得到的反射能量 P_{Rx} 与二者之间距离 R 的四次方成反比,下面分两方面分析一下本方法存在的缺点。

[0007] (a) 由上面的分析,阅读器从应答器得到的反射能量 P_{Rx} 与二者之间距离 R 的四次方成反比,因此在阅读器与应答器距离稍远的定位场合,此时 R 比较大,则与 R 的四次方成反比后的 P_{Rx} 会很小,即由阅读器最终所接收到的信号场强会很微弱。一般阅读器为了能实现大动态范围的信号接收,内部都有自动增益控制 AGC 电路模块,此模块会将接收到的微弱的信号进行放大到适合读取的大小,也会将接收到的很大的信号进行缩小至合适的值。现有的基于 RSSI 信号到达阅读器定位方法中,当 R 取较大值而使 P_{Rx} 很小时,AGC 模块会自动将接收到的信号放大,因而计算信号衰减时用到的接收信号的强度值不再真实,从而严重影响定位精度。为了定位结果的真实性与准确性, P_{Rx} 不宜取太小,因此 R 值不宜取太大,即现有的基于 RSSI 信号到达阅读器定位方法中定位距离和范围很受限制。

[0008] (b) 下面再对上述现有的基于 RSSI 信号到达阅读器定位方法中的反射干扰进行一次分析:以附图 2 为例,设一反射物体,可以是另外的应答器或者其他物体,处于被定位应答器与阅读器的 $R/2$ 处,这时,阅读器接收到的反射物体的干扰能量 P_{IN} 为 $16 \frac{P_{Tx} G_{Rx} G_{tag}^2 G_{Tx} \lambda^4}{(4\pi R)^4}$,这里其他物体反射取了与应答器相同的反射截面积。比较 P_{Rx} 和 P_{IN} 可知,干扰能量比信号大 16 倍,这时很有可能会导致有用的反射信号被反射物体的反射信号所淹没,使有用信号无法提取。由此可见,对于处在阅读器与应答器之间的物体,在基于信号到达阅读器定位的系统中会给原有的定位带来巨大的干扰。

发明内容

[0009] 为克服现有的基于无源 RSSI 信号到达阅读器定位方法中由于接收信号较微弱或物体的反射干扰而带来的定位误差,本发明提出一种基于 RSSI 信号到达应答器的无源 RFID 定位方法。本发明的技术方案如下:

[0010] 一种能提高信噪比与定位精度的无源 RFID 定位方法,利用至少三个阅读器,采用基于 RSSI 到达应答器的定位方式对无源应答器定位,包括下列步骤:

[0011] (1) 阅读器经发送天线发出的射频信号;

[0012] (2) 待定位的无源应答器利用天线接收阅读器发送的射频信号;

[0013] (3) 对接收到的射频信号依次进行桥式整流、低通滤波、稳压和限幅后转换成供给无源应答器工作的直流电压;

[0014] (4) 对天线接收到的信号进行峰值检测,以检测到的信号峰值幅度代表应答器所接收到的信号强度的模拟量;

[0015] (5) 将峰值检测后的模拟量进行 AD 转换,将检测到的信号峰值幅度所表征信号强度的模拟量转换为数字量;

[0016] (6) 保存表征信号强度的数字量；

[0017] (7) 对将数字量调制后经应答器天线发送给阅读器；

[0018] (8) 阅读器将其发送出的与其接收到的表征信号强度的两个数字量发送到计算机,由计算机根据信号衰减程度与信号传输距离的二次方成正比的映射关系,将从不同阅读器得到的至少三组数字信号衰减映射成三个距离差,再根据相应阅读器的位置,完成对应答器的定位。

[0019] 本发明同时提供一种实现上述方法的定位系统,包括:至少三个用于应答器读取识别的阅读器、与阅读器相连接的三个用于收发射频信号的天线、待定位的无源应答器和计算机,其特征在于,所述的无源应答器,包含:

[0020] 一个天线,用于接收由各个阅读器发送的射频信号,并利用反向散射原理回传信号。

[0021] 一个电源产生模块,用于对接收到的射频信号依次进行桥式整流、低通滤波、稳压和限幅后转换成供给无源应答器工作的直流电压；

[0022] 一个峰值检测器,用于天线接收到的信号进行峰值检测,以检测到的信号峰值幅度代表应答器所接收到的信号强度的模拟量；

[0023] 一个AD转换器,其作用是将峰值检测后的模拟量进行AD转换,将检测到的信号峰值幅度所表征信号强度的模拟量转换为数字量；

[0024] 一个数字缓存处理模块,将表征信号强度的数字量保存,并在应答器回传数据时,发给调制器；

[0025] 一个调制器,对将数字量调制后经应答器天线发送给阅读器；

[0026] 所述的阅读器用于将其发送出的与其接收到的表征信号强度的两个数字量发送到计算机;所述的计算机根据信号衰减与信号传输距离的二次方成正比的映射关系,将从不同阅读器得到的至少三组数字信号衰减映射成三个距离差,再根据相应阅读器的位置,完成对所述应答器的定位。

[0027] 本发明的无源RFID定位系统,所述的峰值检测器可以为RC充电电路。经过峰值滤波检测到的信号,被送入设定有阈值的比较器,比较器的输出经过缓冲器倒向后被送入与非门中,与非门的使能信号与射频信号的采集信号是同步的,与非门的打开的时间正比于峰值检测器输出的峰值电压。

[0028] 与现有的基于信号到达阅读器的无源RFID定位方法相比,本发明具有如下突出的优点:

[0029] 1、现有的无源RFID定位方法基于信号场强到达阅读器,阅读器接收到的信号场强与阅读器与应答器距离的4次方成反比,本发明方法基于信号到达应答器,阅读器接收到的信号场强与该距离的2次方成反比,本方法大大提高了阅读器接收到的定位信号场强,增加了可以定位的距离与空间,提高抗干扰能力。

[0030] 2、该方法基于信号场强到达应答器,信号场强在应答器中已转化为数字量,经调制后回传阅读器,阅读器中有相应的电路模块解读出代表信号强度的该数字量,最终由相关定位算法程序完成对应答器的定位,本方法大大降低了定位系统中的物体的反射干扰,提高了定位精度。

附图说明

- [0031] 图 1 是基于信号到达的无源 RFID 定位系统框图。
 [0032] 图 2 是考虑反射物干扰时的基于信号到达的无源 RFID 定位系统框图。
 [0033] 图 3 是基于 RSSI 信号到达应答器定位方法中的应答器结构图。
 [0034] 图 4 是应答器电源产生模块电路原理图。
 [0035] 图 5 是应答器的峰值检测电路。
 [0036] 图 6 是应答器的单斜率 AD 转换电路。

具体实施方式

[0037] 本发明提出的基于 RSSI 信号到达应答器的无源 RFID 定位的工作流程是：阅读器通过天线发出信号，由应答器天线接收，并由应答器电路对信号的强弱进行峰值检测，然后将峰值检测后的所得的模拟量值经 AD 转换后得到表示信号强弱的数字结果，然后用调制器将调制后的数字结果经天线发送回阅读器，阅读器解调得到数字结果。由于该数字结果代表了应答器所接收到的信号的强弱大小，由此就可以计算出信号在发往应答器途中的衰减，进而确定应答器和阅读器间的距离。这种基于信号到达应答器定位方法只需考虑信号从阅读器到应答器的发送路径，而不需再去考虑上一种方法中信号从应答器反射回阅读器的返回路径，与基于信号到达阅读器的定位方法相比，本方法可以使阅读器接收到的信号强度值得到增强同时可以降低定位系统中的反射干扰，下面分两方面具体分析。

[0038] (a) 在本定位方法中，只考虑了信号从阅读器到应答器的发送路径，即阅读器解调并经数模转换后的 P_{tag} 为 $P_{Tx} G_{Tx} G_{tag} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$ ，此时阅读器所接收到的数字量信号的强度值与 R 的平方成反比，与基于无源 RSSI 信号到达阅读器定位方法中阅读器所接收到的信号强度反比于 R 的四次方相比，要使阅读器可以接收到同样大小的信号强度值，本发明方法中的 R 值可以变的很大，即用本方法实现定位可以大大扩大定位系统的距离与范围。同理，对于同样的 R 值，与基于 RSSI 信号到达阅读器定位方法相比，阅读器接收到的信号强度也大大增强，定位结果会大大优于微弱的定位信号，即同样的定位距离下，本发明方法使定位效果变的更好。同时由于只需用阅读器解调出应答器反射回信号中的数字量，而不用再去考虑该信号是否经阅读器中的自动增益控制模块 AGC 对其的放大或缩小，因此，在不改变现有普通阅读器硬件电路结构的前提下，本方法使得定位精度更高，结果更真实。

[0039] (b) 以附图 2 为例，如果采用信号到达应答器定位，附图 2 中②路径由于只是用来传输①路径上信号衰减后强度的数字量调制后的信号，而阅读器端一般可直接准确解调出该数字量，因此②路径上的衰减不予考虑，对测量结果没有影响。现在只需考虑干扰物体反射回阅读器的信号对测量结果的影响。在附图 2 中，由前面的分析方法，反射物经路径③、④最终反射给阅读器的能量 P_{IN} 为 $P_{Tx} G_{Tx} G_{tag}^2 \left(\frac{\lambda}{2\pi R} \right)^2 G_{tag} \left(\frac{\lambda}{2\pi R} \right)^2$ ，应答器由于只考虑了路径①上的衰减，即将 P_{tag} 转换为数字量并调制后发送给阅读器，阅读器解调并经数模转换后的 P_{tag} 为 $P_{Tx} G_{Tx} G_{tag} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$ ，此时 P_{IN}/P_{tag} 为 $G_{tag}^2 \left(\frac{\lambda}{\pi R} \right)^2$ 。以 G_{tag} 的平常取值为 3dBi，当以 900MHz 进行通信时，此 λ 约为 33cm， R 取 3m，此时 P_{IN}/P_{tag} 的值约为 0.005，即干扰物体反射回阅读

器的信号仅为应答器反射回信号强度的 0.005 倍,与基于信号到达阅读器定位方式中 P_{IN}/P_{tag} 值为 16 相比,基于信号到达应答器的定位方法大大减小了定位系统中的反射干扰,甚至可以基本消除此类干扰。

[0040] 在本发明方法中用到的阅读器与常规的用于读写识别的阅读器相比,硬件电路无需改变,只需用其固有的 AD 模块解调出代表信号强度的数字量,并将此数字量提供给定位算法程序进行下一步数据处理。为本定位方法中所设计的应答器结构如附图 3 所示,其主要电路组成结构包括:(1) 电源产生模块电路 (2) 峰值检测电路 (3)AD 转换电路 (4) 数字缓存处理模块 (5) 调制电路。

[0041] 下面结合附图 1,3,4,5,6 详细介绍一下本发明方法的具体实施方式。在附图 1 中,阅读器经发送天线发出的射频信号经一定的传输路径后,由应答器的天线接收并进行一定的放大,然后经峰值检测电路模块提取信号包络并对信号包络进行峰值检测,即提取出信号包络的最大值,峰值检测后所得的信号包络的峰值是模拟量,其代表了应答器所接收到的射频信号的强弱,然后将此模拟量值经 AD 转换电路模块进行模数转换,得到表示信号强弱的数字结果,同时由数字缓存处理模块将此数字量缓存。为了将此数字结果发出,应答器的调制模块将此数字量调制到高频段,与阅读器发出的射频信号频率一致,将调制后的数字结果经应答器的天线放大后发送给阅读器,阅读器解调得到调制前的数字量。由于该数字量代表了应答器所接收到的信号的强弱大小,由此就可以计算出信号在发往应答器途中的衰减,根据不同环境中射频信号衰减与距离的关系将此衰减映射成阅读器与应答器之间的距离。三个阅读器所读取的数据利用串口或 USB 接口通信或其他方法被送入计算机内,最终由计算机利用已知位置的三个阅读器最终得到 3 组距离量,然后根据已知位置的三点与一点的距离差然后对该点进行位置计算的方法最终计算出近距离室内或封闭空间中的应答器的具体位置,这一部分的具体实现由相关的定位算法程序来完成,之前只需阅读器提供解调出的数字量的强度值即可。

[0042] 基于 RSSI 信号到达应答器的无源 RFID 定位方法所设计的应答器结构如附图 2 所示,其主要电路组成模块结构与在基于信号到达应答器的定位方法具体实施过程中的功能如下:

[0043] (1) 电源产生模块

[0044] 电路如附图 4,由于天线两端从射频场中感应到的是一个交变的电压源,故需要一个整流滤波电路将其转化为直流电源。由于执行器内部电路除了要求电源是直流源之外,还必须不能超过 MOS 管、三极管等器件的击穿电压,所以需要引入限幅模块。最终产生可以供给应答器每个电路模块的直流电压。

[0045] (2) 峰值检测电路

[0046] 电路如附图 5,其包括了包络检测器和峰值滤波器,包络检测器与通常 RFID 应答器中的包络检波器是相同的所以可以共用,用它来提取阅读器所发出的射频信号包络,峰值滤波器用来提取信号幅度最大值,从而获得表示阅读器发送后由应答器所接收到的信号强度大小的模拟量,该模拟量值与阅读器端发送出的射频信号的强度大小相比,其幅值有了一定程度的衰减,并与信号的传播距离有直接关系,这也是基于 RSSI 信号达到的无源 RFID 定位方法的根本出发点。

[0047] (3)AD 转换电路

[0048] 采用电路简单的单斜率 AD 转换如附图 6 所示,基本工作过程为 RESET 使 G 导通,并使与非门打开,接收信号电压通过 R 对 C 充电。充电电压达到 V_{th} 电压的时间与接收信号峰值电压成正比,与 RC 成反比。C 充电到 V_{th} 时比较器反转,再经缓冲器倒向后使与非门关闭,这时输出脉冲宽度或计数时钟的个数正比于与非门打开的时间,即正比于接收信号峰值电压。最终将表示阅读器发送给应答器的信号强度大小的模拟量转换为数字量。整个 AD 转换电路简单,易于与应答器集成。

[0049] (4) 数字缓存处理模块

[0050] 将 AD 转后后的数字量进行缓存,在应答器给阅读器回传反射信号之前,将数字量传递给调制器。

[0051] (5) 调制器

[0052] 将经过 AD 转换电路后所得到的数字量进行调制,然后将调制后的信号经应答器天线发送给阅读器,阅读器接收该调制信号并解调获得该数字量,进而进行相关计算,完成对应答器的定位。

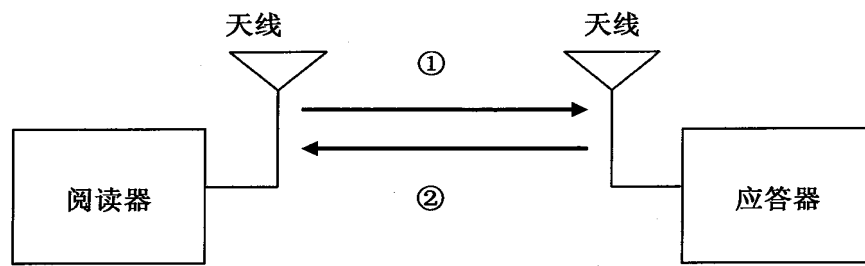


图 1

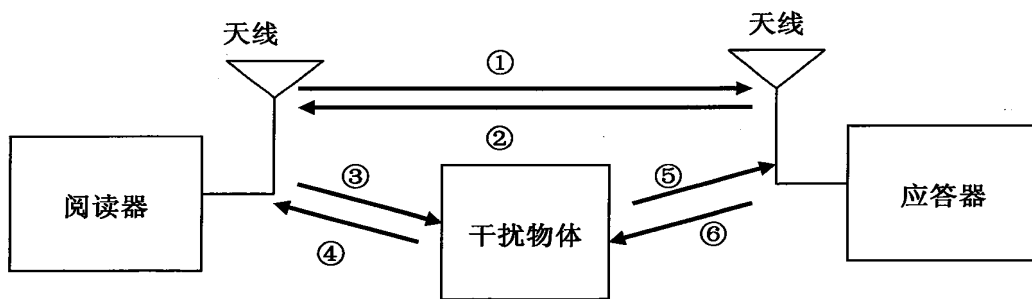


图 2

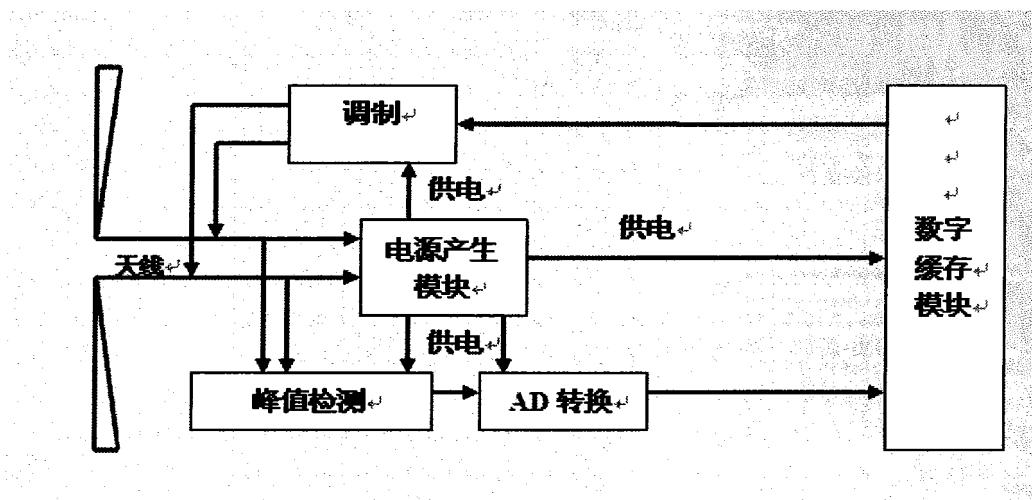


图 3

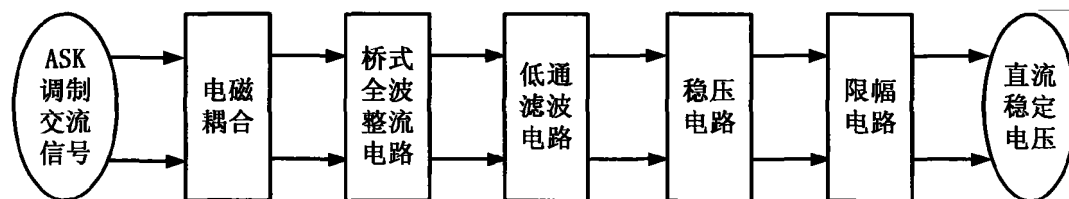


图 4

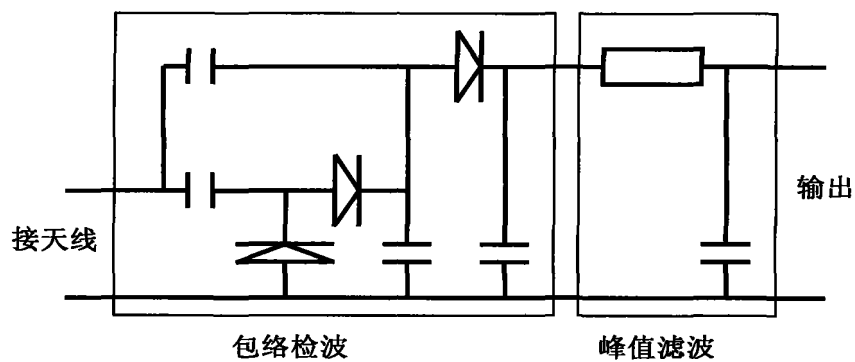


图 5

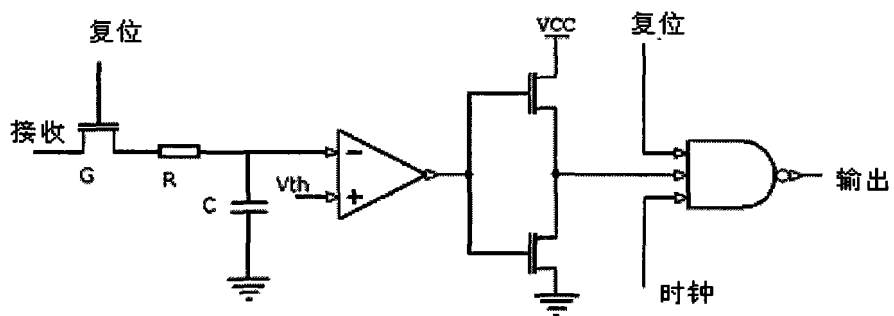


图 6