

基于地磁和超声波传感器的可靠无线车辆检测算法^①

顾夫挺^② 郭海锋^③ 何德峰

(浙江工业大学信息工程学院 杭州 310023)

摘 要 针对传统基于地磁传感器检测精度容易受相邻车辆干扰,车辆检测器误判率较高、可靠性较差的问题,进行了一种结合地磁传感器和超声波传感器的新型车辆检测器研究,以提高检测的精度和可靠性。地磁传感器用于检测磁场强度,当检测到磁场强度连续变化时假定车位状态发生变化,此时唤醒超声波传感器进行融合判断,以降低单纯依赖地磁传感器的误判率。实验结果表明,基于双传感器的车辆检测算法在准确率上较传统的地磁车位检测器提高了 8.3%,且在提高准确率的同时也通过算法优化保证了检测器的低功耗。进行的研究在车辆检测器设计方案和检测算法方面做了创新工作,同时对影响检测器性能的因素进行了讨论,为低功耗、高可靠性车辆检测器的研发提供了参考依据。

关键词 地磁传感器,超声波传感器,车辆检测,可靠性

0 引 言

过去的几十年来,我国经济飞速发展,汽车保有量也随之急剧增长,造成了严重的交通问题。智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)旨在从车辆检测器中收集车辆存在、车辆速度、车辆密度和占有率等交通数据,然后利用这些数据进行交通引导和管理。在这些应用中,车辆存在性检测是智能交通系统中的关键技术之一,其数据可用于控制路口交通信号灯,监控室内外停车场和道路停车占地情况等。车辆检测的解决方案可以分为侵入式和非侵入式。侵入式探测器通常嵌入或安装在路面上,包括感应线圈、气动管道、压电电缆和电容传感器,其安装需要对路面进行切割以及封闭道路。非侵入式探测器放置在道路表面或一侧,包括视频、红外、超声波和激光雷达等传感器,其安装和维护过程不需要对封闭道路即不会中断交通流量。这些检测方法各有优缺点,因此适用于不同的场景。例如视

频传感器需要大功耗、大尺寸,对环境敏感,而且部署和维护的费用昂贵,因此不能大规模部署。

基于磁敏电阻的地磁传感器通过地球磁场的扰动来检测铁磁物质的存在。与基于视频、超声波、感应线圈或者红外雷达等的传感器相比,地磁传感器具有体积小,灵敏度高,受环境因素如风、雨、雪或雾等的影响较小,功耗低,成本低且安装维护方便等优点。因此,近年来地磁传感器在车辆检测、车辆分类和车速检测等方面得到了广泛的应用。采用地磁传感器检测车辆状态的解决方案主要基于磁场强度偏离正常状态的思想,当地磁传感器读数超过预定义的阈值一定时间时,检测到车辆。然而,地球的磁场是不稳定的,在暴风雨、地震、风暴、太阳粒子等恶劣天气下,磁场方向以及磁场强度都可能发生突然变化。另外,相邻车辆或附近铁磁物质的干扰也会导致检测结果的错误。本文在实验中发现地磁传感器存在着检测的盲区,当检测器刚好位于车辆盲区下方时,检测到的信号值与无车状态的磁场强度相差无几,且不同的车辆盲区位置也不同(由于不同车

① 国家自然科学基金(61374111),浙江省自然科学基金(LY14F030012)和浙江省教育科学规划(2016SCG241)资助项目。

② 男,1993年生,硕士生;研究方向:传感器信号处理;E-mail: gu_futing@163.com

③ 通信作者,E-mail: guohf@zjut.edu.cn

(收稿日期:2018-04-20)

辆的铁磁物质含量、分布等不同)。这些地磁传感器的固有缺陷极大地限制了检测的可靠性,国内外学者也因此在地磁车辆检测算法上展开了大量的研究工作以提高检测的准确率^[1-5]。然而实验证明尽管改善了地磁检测算法,单个地磁传感器的误判率仍比较高。Sifuentes 等人^[6]提出了以光学传感器作为主传感器,地磁传感器作为决策传感器的方法。但是该方法存在较严重的不足。例如当车辆停在停车场的过程中有一大型车辆停入其相邻车位,车辆再次离开时,被唤醒的地磁传感器检测到当前车位地磁信号并未超过所设定阈值,从而导致误判。因此该方法不能很好地排除相邻车位的干扰,在停车场以及道路停车等场景应用时容易出现误判。

本文提出了一种基于地磁和超声波双传感器的地磁车辆检测方法。传感器节点将地磁传感器和超声波传感器集成在单个车辆检测节点上,通过两个传感器协作检测车辆的存在。其中地磁传感器作为主要的检测传感器,定期持续测量磁场强度。当地磁传感器检测到的磁场强度变化超过阈值一定时间时,就假定有车辆靠近或离开。根据上述的讨论,这一结果不一定正确。在这种情况下,作为决策传感器的超声波传感器被唤醒并测量传感器与其范围内物体间的距离,得到的距离信息用于对地磁传感器检测结果做最后的验证。以地磁传感器作为主传感器,超声波传感器作为决策传感器,有效地避免了由地磁传感器固有缺陷所引起的检测结果的不准确的同时也具有较好的抗邻车干扰的能力。最终,本文在某停车场部署了该检测节点,并人为制造干扰(如邻车干扰等),进行了大量的实验检测其性能并分析节点功耗与使用寿命。结果表明,该检测方法具有比单地磁检测器更高的可靠性,且功耗较低。该检测器可用于但不限于检测停车场的车位占有情况、停车计时器、门禁道闸(自动出入口)和交通控制等。

1 地磁车辆检测原理与不足

地球磁场是三维矢量,在大范围内是均匀的,但是它的矢量方向在不同位置是变化的,例如从赤道

的水平方向变化到磁极的几乎垂直。在我国,从南至北,地磁的水平强度由 40 μT 降至 21 μT ,垂直强度由 -1 μT 增至 56 μT ,总强度由 41 μT 增至 60 μT ,磁倾角由 -10°增至 70°。

现有车辆其结构中含有大量含铁的金属部件,而铁磁物质的磁导率远大于周围的空气和土壤,因此当车辆经过时会增加车辆周围的磁场强度并扭曲地球磁场的磁力线。基于磁敏电阻的地磁传感器便是通过这一原理来检测附近有无车辆的存在。

描述车辆磁特性最简单的数学模型就是把车辆看作为多个具有磁矩 m_i 的磁偶极子 $\mu_i^{[6,7]}$,如图 1 所示。其中 r_i 为磁偶极子与地磁传感器之间的距离。车辆引起的总磁异常可以表示为

$$B = B_E + \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{i=1}^n \frac{3(m_i \cdot r_i)r_i - \mu_i |r_i|^2}{|r_i|^5} \quad (1)$$

式中, B_E 为地磁传感器所在位置的地球磁场强度(被认为是恒定的), μ_0 是自由空间的磁导率。每个磁偶极子具有 3 维强度和 3 维位置,因此具有 6 个自由度。而为了方便起见,在实际中往往将车辆看作单个磁偶极子。显然从上式可以看出总磁异常的大小与距离成反比,与磁偶极矩成正比,因此靠近传感器的小型车辆与较远处(相邻车位或相邻车道)的大型车辆都能引起足够的磁异常。

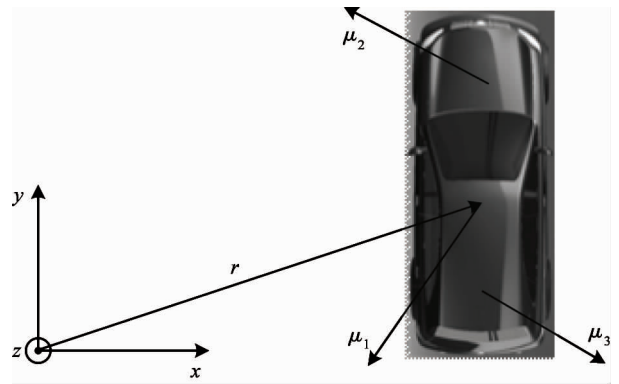


图 1 车辆磁特性数学模型

图 2 中给出了 3 种不同类型、品牌的车辆在抵达安装在路面上的检测器时,由地磁传感器检测到的磁场信号强度。从图中可以看出不同类型的车辆在经过检测器时有各自独特的磁信号,所引起的磁场强度变化也不同,例如福克斯等紧凑型小轿车就

会比途观等较大型的 SUV 所引起的磁场强度变化小很多。这也是导致在用单个地磁传感器进行检测时阈值很难设定且容易造成车辆状态误判的原因之

一。因此,用单个地磁传感器检测车辆状态是不可靠的。

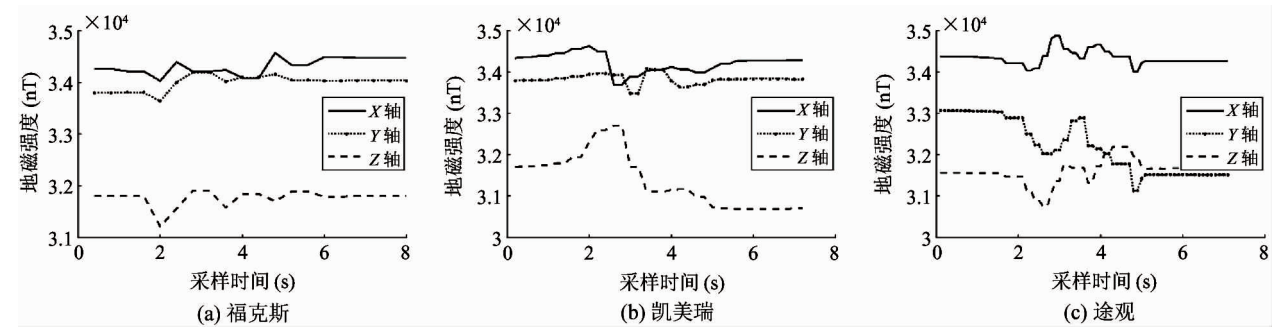


图2 不同车辆抵达检测器上方时地磁信号的变化

2 基于多传感器的车辆检测算法与节点设计

2.1 决策传感器的选择

如上述测试结果分析,某些车辆在经过地磁传感器时引起的磁场变化并不大,容易导致检测器对车位状态的误判。而车辆底盘高度是车辆区别于其它铁磁物体的一个重要特征。在国内,车辆底盘高度基本上集中在 100 ~ 220mm 之间。因此可以通过测量车辆与地面间的距离,对地磁传感器的检测结果做出验证。

可用于测量车辆与地面间距离的传感器有很多,例如激光、超声波以及红外等。其中激光测距虽精度较高但是成本也较其他两款距离传感器高很多,且光学系统需保持干净才能保证测距的准确性;红外测距则容易受日光以及其它相近波长光源的干扰,而不适用于室外车位状态的检测;而超声波传感器价格低廉、使用方便、精度高且比较耐脏,因此本

文最终选择超声波传感器作为车辆检测器的决策传感器^[8-13]。超声波测距利用超声波探头发出与接收到信号的时间差计算距离,其测距计算公式为

$$S = \frac{1}{2} \Delta t C \tag{2}$$

式中, S 是测试的距离, C 是超声波在空气中的传播速度, Δt 为超声波探头从发出超声波到接收到回波信号所需的时间。

超声波传感器通过采集车辆与地面间的距离信息,对地磁传感器的检测结果做出验证。本文提出采用超声波传感器作为车辆检测器的决策传感器,以提高检测的准确率。

图3 给出了3 种不同车辆经过超声波传感器时所检测到的底盘高度(为方便后续分析,已将刻度放大至 80 ~ 200 mm 处)。从图中可以看出3 款车中途观 SUV 的底盘较高,但与其它2 款车的差距并不大,都在国内车辆底盘范围(100 ~ 220 mm)内。也证明了把距离传感器作为车辆检测的决策传感器

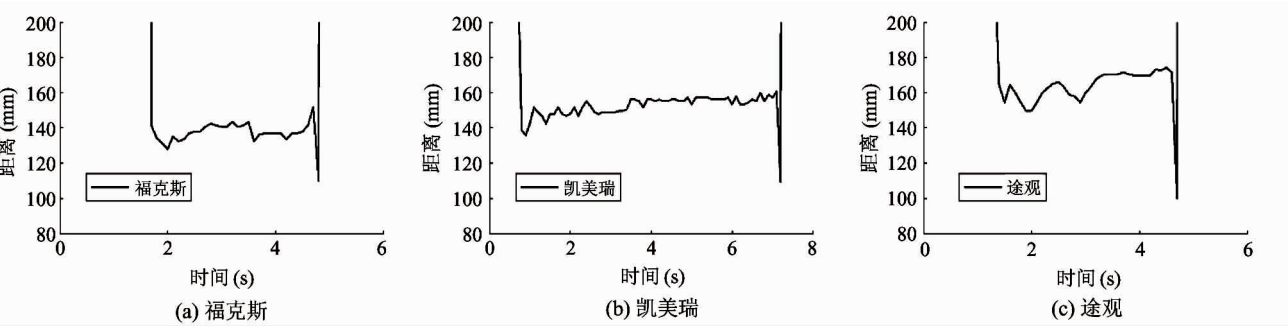


图3 超声波传感器检测的车辆底盘高度

的可行性。

2.2 基于多传感器的车辆检测节点设计

无线车辆检测节点集成了处理器、地磁传感器、距离传感器、无线信号收发器和电源。其中处理器无线收发器采用的是 TI 的 CC2530 芯片,这款芯片是采用 2.4 GHz IEEE802.15.4、ZigBee 和 RF4CE,使用真正的片上系统 (SoC) 解决方案,其特点是以极低的总材料成本建立较为强大的网络节点。本文之所以选用 CC2530 芯片,有以下几点考虑:根据系统性能要求,采用数据量不大、成本较少、功耗较低,且安全性较好的 ZigBee 无线通信技术,作为此系统的通信方式最为合适,而 CC2530 则是 ZigBee 技术中较为稳定的芯片;CC2530 芯片支持最新的 ZigBee 通信协议,相对于 CC2430 或其他芯片,CC2530 具有更好的互操作性、节点密度管理、数据负荷管理、频率捷变等功能,且支持网状网络 and 低功耗性能;CC2530 芯片内部集成了 51 单片机、无线通信模块、ADC 模块,不仅提升了单片机和无线通信模块结合的可靠性,同时也大大减少了外围电路和芯片体积。

地磁传感器采用 HMC5883L 这种功耗低、灵敏

度高且成本低的三轴 AMR(各向异性磁阻)传感器,很符合车位检测器低成本、低功耗的要求。距离传感器采用超声波传感器,在车辆底盘 100 ~ 220 mm 的范围内,超声波传感器的精度很高。工作电流为 15 mA,相比于地磁传感器较高,但是由于超声波传感器只是在地磁传感器检测到车位变化时才启动,因此这样的工作电流在可接受范围内。

在电源电路的设计上,本文采用 TPS780330220 (低压差线性降压直流-直流芯片)对电源电路进行优化。通过芯片的 VSET 引脚设置 2 种工作电压以适应不同传感器的电压需求,达到降低功耗、提高性能的效果。

2.3 车辆状态检测算法

车辆检测算法主要基于车辆在驶向或驶离地磁检测器时会引起连续变化的磁异常而静态车辆只能引起恒定的磁场强度差,在地磁检测器判断车位状态发生变化时再启动超声波传感器最终判断是否有车。详细的车辆状态检测算法如图 4 所示,检测器的活动与操作如表 1 所示。在铺设检测器节点后,首先对系统进行初始化(活动1)。然后定时检测三

表 1 节点各活动时长与电流消耗情况

节点活动	MCU 模式	时间(ms)	电流(mA)	电压(V)
1. 启动,MCU 重启,初始化变量和寄存器	复位	0.36	0.8	3
2. 外部晶振预热(32 MHz)	全功能模式	2.2	4.5	3
3. 配置睡眠模式 2s,进入功率模式 2(睡眠定时器打开)	全功能模式	0.02	7.2	3
4. 延时 2s,等待睡眠定时器中断	功率模式 2	2000	0.0025	3
5. 检测地磁强度 B				
5.1 地磁检测器上电	全功能模式	0.02	7.2	3
5.2 地磁检测器检测磁场强度	功率模式 3	6	1.8	3
5.3 通过 I ² C 总线读取 B 的值	全功能模式	0.5	8.2	3
5.4 计算 B_diff 并作出判断	全功能模式	0.05	7.2	3
6. 检测距离 D				
6.1 超声波传感器上电	全功能模式	0.02	7.2	5
6.2 超声波传感器检测距离	功率模式 3	25	21.7	5
6.3 通过 AD 转换读取距离 D 的值	全功能模式	0.01	8.5	5
6.4 比较距离并作出判断	全功能模式	0.02	7.2	5
7. 发送数据				
7.1 启动 RF 模块	全功能模式	0.2	7.3	3
7.2 发送数据	全功能模式	3.5	29.1	3
7.3 接收回应	功率模式 2	20	32.7	3

注释:全功能模式:即 PM0,高频振荡器和低频振荡器均打开;CPU、片内外设、RF 收发器都处于激活状态,所有未使用的外围设备和端口都被禁用。功率模式 2:即 PM2,低频振荡器打开;CPU 核心电压关闭;在产生复位、外部中断或睡眠定时器到期时,返回到 PM0。功率模式 3:即 PM3,所有振荡器均关闭;CPU 核心电压关闭;在产生复位或外部中断时,返回到 PM0。

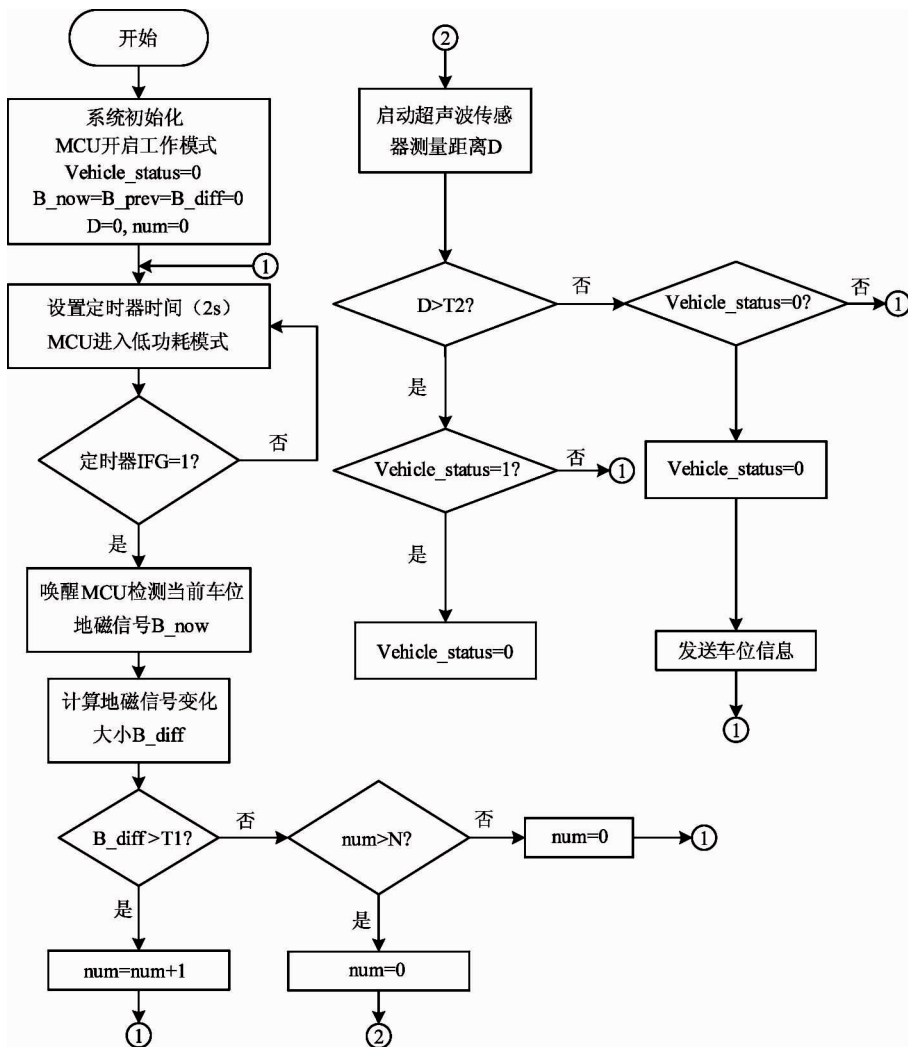


图4 车辆检测算法

轴磁场强度 B , 并通过运行睡眠定时器每 2 s 做出一次判断, 在 2 s 的间隔期间, MCU 模式设置为 PM2 即功率模式 2 (活动 4)。当睡眠定时器到时, 睡眠定时器中断唤醒节点, MCU 启动外部振荡器时钟, 并等待 2.2 ms 的暖机时间。然后测量磁场强度并且计算磁场强度变化 B_{diff} (活动 5), 如式 (3) 所示。

$$B_{\text{diff}} = |B_{\text{now}} - B_{\text{prev}}| \quad (3)$$

如果 B_{diff} 大于等于预定阈值 T_1 , 则假定磁场已经改变, num (磁场强度变化大于预设值的连续次数) 加 1; 如果 B_{diff} 小于预定阈值 T_1 , 则将 num 与整数 N (阈值 T_1 和 N 的值取决于实际情况) 作比较。如果 num 大于 N , 则假定车辆可能已经停入或离开, 启动超声波传感器做最后的判定。也就是说, 只有当磁强度连续变化 N 次以上并返回到稳定状态时才打开距离传感器。然后将该距离与预定距离阈

值 T_2 (活动 6) 进行比较 (阈值可以被设置为 10 ~ 50 cm)。如果距离在该范围内, 则假定存在车辆, 否则表示没有车辆。当检测状态反转时, RF 模块向基站发送车位信息 (活动 7), 发送的消息包含传感器节点 ID, 测量的磁场强度 B , 距离信息 D 以及当前车辆的状态, “1” 表示停车被占用, “0” 表示不占用。

3 实验结果与分析

3.1 测试场景介绍

为了测试本文所提出的车辆检测器, 本文进行了车辆扰动、检测准确率以及节点能耗测试。在车辆扰动测试中, 本文在停车场的相邻的 3 个车位部署了检测节点, 如图 5 所示, 并将停车位信息数据通过 ZigBee 局域网络将车位信息发送出去, 电脑端的

上位机从 ZigBee 无线网络中获取所需数据并提取出车位数据,实时显示出来。

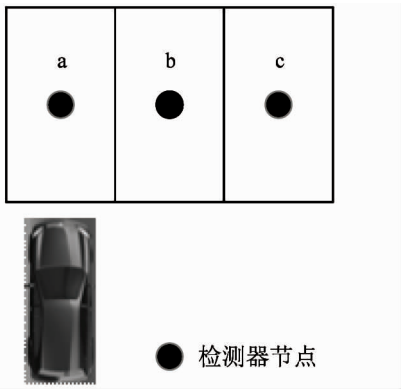


图 5 车辆扰动测试实验场景

在检测准确率的测试中,本文在杭州文一西路某停车场铺设了 2 组检测器,每组 5 个。第 1 组为传统的地磁车位检测器,第 2 组为本文提出的基于双传感器的检测器,并做了为期 1 个月的测试。在节点能耗的测试中,本文对节点在每个活动中的功耗和持续时间都做了大量的测试,并计算其平均功耗。

3.2 车辆扰动测试

本次实验所用的车辆为 2 款紧凑型轿车(福克斯、凯美瑞)和 1 款 SUV(途观),主要测试的是邻车扰动和弱磁异常对检测器的影响。而预定义的阈值 T_1 的大小一定程度上影响着检测器的抗扰动和弱磁异常能力。当阈值 T_1 的值取较大时,可以消除由相邻车辆带来的扰动,但容易错过产生弱磁异常的车辆;而当阈值 T_1 的值取较小时,可以检测到产生弱磁异常的车辆,但容易受到相邻车辆的扰动。由于超声波传感器可以验证最终的检测结果,本文选用一个较小的阈值,虽然会一定程度上降低检测器节点的寿命但是能有效地提高检测的准确率。阈值大小的选取随位置的改变而不同,因此在选取阈值时应该在现场调查确认。

本文对以下 3 种情况进行了测试。第 1 种情况,福克斯停入中间车位,停留 30 s,然后离开。当车辆进入或离开车位时,中间车位产生的磁场变化有效地激活了超声波传感器而两侧车位的磁场变化较小并没有激活超声波传感器。最终也只有中间车

位检测到了车辆的停入与驶离。而如果采用单个地磁传感器作为检测器时,为了减少邻车位带来的干扰,通常选择较大的阈值 T_1 ,在只能产生较小的磁场强度变化的车辆停入时,可能给出错误的检测结果。第 2 种情况,途观重复第 1 种情况停车方案。由于车辆产生了较大的磁场强度变化,在车辆进出车位时,3 个检测节点均激活了超声波传感器,利用检测到的底盘信息最终获得了准确的检测结果。第 3 种情况,当凯美瑞停在右侧车位时,途观重复第 1 种情况停车方案。在这种情况下,3 个检测节点也均被激活,最后检测的结果均正确。

3.3 真实环境检测准确率测试

在做了为期 1 个月的测试后,实验结果如下表 2 所示。

表 2 检测结果对比分析				
组别	车辆进出次数	车辆状态改变次数	误判次数	准确率
第 1 组	268	536	7	98.7%
第 2 组	259	498	48	90.4%

通过表 2 可以看出,在采用了双传感器后,检测的准确率较传统的地磁车位检测器提高了 8.3%,然而仍有误判的情况发生,本文认为该错误产生的原因可能有 2 个。(1)由于传输条件不好,会发生无法收到车位变化的信息的情况。(2)在车辆长时间停入时,当前车位地磁信号发生改变而有车时的车位基线并不更新,从而导致车辆驶出时无法激活超声波传感器,最终产生误判(漏检)。以上 2 种误判原因中,由原因(1)产生的检测错误可以通过在实际中调整无线传输的功率并多次发送车位信息来避免;由原因(2)产生的检测错误则需要通过改进地磁检测算法来避免。

3.4 节点能耗分析

要计算传感器节点的平均功耗,需要知道所执行的每个活动的功耗和持续时间,功耗和持续时间如表 1 所示。平均电流消耗的计算公式如式(4)所示:

$$I_m = \frac{\sum_{i=1}^n (n_i I_i t_i)}{T_i}$$

(4)

式中, I_i 为活动 i 的平均电流消耗, t_i 是活动 i 的持续时间, n_i 是估计周期 T_i 中活动 i 的发生次数, T_i 为检测器使用时间 (T_i 要取足够长以更准确地计算平均电流消耗)。平均功耗的计算公式如式 (5) 所示。

$$P_m = I_{m1} V_L + I_{m2} V_H \tag{5}$$

本文对电源电路进行了优化,针对不同的需求给予不同的电压避免了不必要的功耗损失,式中, I_{m1} 为活动 6 以外的平均电流消耗,其电压 V_L 为 3 V; I_{m2} 为活动 6 的平均电流消耗,其电压 V_H 为 5 V。从表 1 中可以看出,检测节点的最大功耗来自通信单元和超声波传感器。由于超声波传感器只有在发生连续的磁场变化之后才开启,发送单元也只在车位状态改变时发送车位信息,检测节点仍然可以保持较长的使用寿命。

由上述分析,平均电流的大小很大程度上取决于超声波传感器以及通信单元开启的次数,因此每日进出车位车辆的多少从一定程度上决定了检测节点的寿命。

当进入或离开检测区域的每辆车辆将导致距离传感器测量和信息传输时,平均电流消耗在很大程度上取决于应用。表 3 显示了多种情况下检测器节点的平均电流消耗和寿命,其中电流中的高电流为车位状态改变时产生的电流,低电流为无车辆进出时的电流。节点在使用 3 000 mAh 锂电池的情况

下,在停车场等每天进出车辆相对不多,且相邻车位干扰较小的场所,可以维持 10 ~ 20 年的寿命;而在道路停车等场所,由于周围车辆扰动的情况较多,较容易引起地磁检测的误判从而唤醒超声波传感器,然而即使每天有 2 000 辆车辆的进出或地磁检测的误判,该检测节点仍能维持 4.6 年的寿命。

4 结 论

本文提出了基于地磁传感器和超声波传感器的无线检测节点来检测预定区域中车辆的存在。当车辆驶入或离开时,地磁传感器检测到磁场强度的变化并唤醒超声波传感器,通过测量车辆底盘到检测器的距离信息对检测结果进行最后的判断。后续的实验结果也证明了该检测方法的可行性,从实验结果来看,该检测器相较于传统的单地磁检测器在检测准确率上有了明显的提升;在磁场强度变化较弱、邻车扰动较大的情况下,依然能准确有效地检测车辆的存在,且具有成本低,安装维护方便,功耗低 (一天检测 2000 辆车时,平均电流仅为 0.075 mA) 等优势。

参考文献

[1] Haoui A, Kavalier R, Varaiya P. Wireless magnetic sensors for traffic surveillance [J]. *Transportation Research Part C Emerging Technologies*, 2008, 16(3) :294-306

[2] Zhu H, Yu F. A cross-correlation technique for vehicle detections in wireless magnetic sensor network [J]. *IEEE Sensors Journal*, 2016, 16(11) :4484-4494

[3] Kanathantip P, Kumwilaisak W, Chinrungrueng J. Robust vehicle detection algorithm with magnetic sensor [C]. In: *Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology*, Chiang Mai, Thailand, 2010. 1060-1064

[4] Ma S, Xu C, Bao X, et al. Reliable wireless vehicle detection using magnetic sensor and distance sensor [J]. *International Journal of Digital Content Technology & Its Applications*, 2014, 8(1) :112-121

[5] Zhu H, Yu F. A vehicle parking detection method based on correlation of magnetic signals [J]. *International Jour-*

表 3 多种情况下的节点寿命				
每日进出 车辆数量	电流 (mA)	时间 (s)	平均电流 (mA)	寿命 (年)
2 000	0.015	78 170	0.075	4.6
	0.647	8 230		
600	0.015	83 971	0.032	10.7
	0.647	2 429		
200	0.015	85 577	0.021	16.3
	0.647	823		
10	0.015	86 358.85	0.015	22.4
	0.647	41.15		
0	0.015	86 400	0.015	22.8
	0.647	0		

- nal of Distributed Sensor Networks*, 2015, 2015(1):101
- [6] Sifuentes E, Casas O, Pallas-Areny R. Wireless magnetic sensor node for vehicle detection with optical wake-up [J]. *IEEE Sensors Journal*, 2011, 11(8):1669-1676
- [7] Phan T, Kwan B W, Tung L J. Magnetoresistors for vehicle detection and identification [C]. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics/Computational Cybernetics and Simulation*, Orlando, USA, 1997. 3839-3843
- [8] 丁喜波, 陈晨, 张任, 等. 基于超声波相位差的气体浓度测量方法[J]. 高技术通讯, 2014, 24(2):189-192
- [9] 伦翠芬, 侯桂凤, 张淑清, 等. 智能超声波物位仪的研究[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(s1):443-444
- [10] 童峰, 许天增, 许鹭芬. 一种用于自动导引车(AGV)的超声波导航系统[J]. 高技术通讯, 2002, 12(8):47-50
- [11] 章小兵, 宋爱国, 唐鸿儒. 基于单接收头的超声波多目标测距[J]. 传感技术学报, 2007, 20(5):1167-1170
- [12] 任思源, 刘石, 宋灿, 等. 融合多物理信息的超声波测量系统研究[J]. 自动化仪表, 2015, 36(9):30-33
- [13] 徐斌. 一种考虑起振延迟的低频超声波短距高精度测量校准方法[J]. 传感技术学报, 2013, 26(5):666-669

Reliable wireless vehicle detection algorithm based on geomagnetic and ultrasonic sensors

Gu Futing, Guo Haifeng, He Defeng

(College of Information and Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023)

Abstract

Aiming at the problem that the detection accuracy of traditional geomagnetic sensors is easily interfered by adjacent vehicles, the vehicle detector has high false positive rate and poor reliability, a new type of vehicle detector combined with geomagnetic sensor and ultrasonic sensor is adopted to improve accuracy and reliability of the detection. The geomagnetic sensor is used to detect the strength of the magnetic field. When the continuous change of the magnetic field strength is detected, the state of the parking space is assumed to change. At this time, the ultrasonic sensor is awakened to perform fusion judgment to reduce the false positive rate of the purely geomagnetic sensor. The experiment results show that the vehicle detection algorithm based on dual sensor improves the accuracy of the geomagnetic parking detector by 8.3% compared with the traditional geomagnetic parking detector, and ensures the low power consumption of the detector by algorithm optimization. The research carried out innovates the vehicle detector design scheme and detection algorithm, and discusses the factors affecting the performance of the detector, which provides a reference for the development of low-power, high-reliability vehicle detectors.

Key words: geomagnetic sensors, ultrasonic sensor, vehicle detection, reliability