维普资讯 http://www.cqvip.com

文章编号:1008-0570(2007)01-2-0204-03

基于DSP的车型检测器设计及其算法的研究

Vehicle Detector Design Based on TMS320F2812 and Its Algorithms Research

(华南理工大学)梁俊斌　徐建闽　林培群
LIANG JUNBIN　XU JIANMIN　LIN PEIQUN

摘要:车型分类是高速公路自动收费和交通流量统计的重要依据,它是智能交通(ITS)的一个重要组成部分。本文针对车型检测器硬件结构和处理算法两方面提出一些具有创新性的设计方案,介绍了由LC振荡电路和TMS320F2812处理芯片构成的车型检测器的硬件结构,为克服LC振荡电路频率不稳定的固有缺陷提出了基频更新算法。并提出了利用一维数学形态滤波方法过滤实际应用中的噪声信号的方法,最后简单介绍了基于粗糙集BP神经网络车型分类算法。

关键字:TMS320F2812;基频更新算法;数学形态滤波;基于粗糙集的BP神经网络
中图分类号:TP391.4;TN609　　**文献标识码:A**

Abstract: Vehicle classification is an important criterion for highway automatic toll collection and traffic flow statistic. And it´ s an important part of ITS as well. This paper brings forward some innovative ideas about hardware design and algorithms on vehicle detector. In this paper, the design of vehicle detector based on TMS320F2812 and LC oscillation circuit is proposed. To solve the frequency instability of LC oscillation circuit, a fundamental frequency update algorithm is introduced. And a one-dimension morphological filter method is applied into filtering the noise signal in practice. Besides, this paper is introduced a BP neural network vehicle classification approach based on rough set.

Keywords:TMS320F2812,Fundamental Frequency Update Algorithm,Morphological Filter,BP Neural Network Based on Rough Set.

技术创新

1 引言

车型分类是高速公路自动收费和交通流量统计的重要依据,它是智能交通(ITS)的一个重要组成部分。环形感应线圈检测器是车型分类中使用最广的一种,其原理是当环形线圈中有高频电流通过时,在环的周围就产生交变的电磁场,当车辆从环形线圈上方经过,由于车体一般由铁磁材料构成的,一方面,铁磁车体的介入使线圈周围空间的导磁率发生变化,使线圈的电感量增加;另一方面,交变的电磁场使车体内产生涡流效应,使线圈的电感量减少。西安公路交通大学李诚等人由实验得到,当环形线圈频率为20KHz~100KHz时,涡流效应是主导因素。因此,频率的变化与经过线圈上方的车体形状、线圈形状、车体与线圈的相对位置、车体的电导率和磁导率、线圈的激励频率等有关,由于线圈形状、激励频率、车体的电导率和磁导率是相对稳定的,而车辆经过线圈的整个过程中,经过线圈上方的车体形状以及车体与线圈的相对位置是不断变化的,从而使环形线圈中的高频电流的频率发生变化。以高频电流频率的变化特征为依据,通过模式识别方法可以得到车型信息。基于环形线圈的车型检测器就是基于上述原理识别经过车辆的车型。如图1所示,不同车型的车辆在环形线圈上方经过后,车型检测器采集到不同形状特征的时变频率曲线。

本文从车型检测器硬件结构和处理算法两方面提出一些具有创新性的设计方案。以TI公司推出的最高工作频率为150MHz的TMS320F2812为主处理芯片,通过对环形线圈振荡频率的采集和分析,并运用基频更新算法、数学形态滤波方法和BP神经网络分类算法来识别通过车辆的车型。

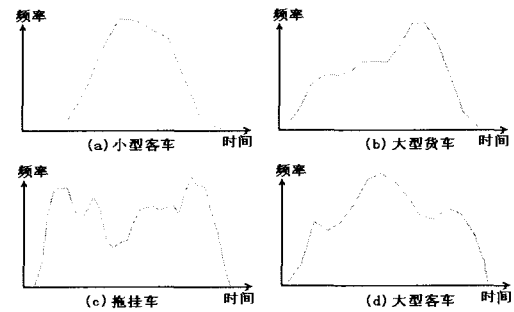

图1 不同车型对应的不同的时变频率曲线

2 基于TMS320F2812的线圈检测器的设计

TMS320F2812是TI公司的一款高性能、多功能的32位定点DSP芯片。它具有32位数据总线,最高工作频率为150MHz,单周期32×32位或双16×16的MAC功能,18K×16位的SRAM和128K×16位的片上FLASH存储器,2路16位定时/计数器,3个独立的32位CPU定时器,56个独立编程的GPIO引脚,可扩展1MB的外部存储器,并具有多种通讯接口:SPI、SCI、ECAN、MCBSP,以及16路ADC模块等。TMS320F2812具有8级流水线,专门的读、写等6条总线,频率高达150MHz。高速处理能力可以实现车辆检测和车型分类的快速运算双重功能。

车型检测器的硬件设计主要包括:振荡波形发生电路、TMS320F2812的信号处理模块、存储扩展模块、通讯模块、输出控制模块以及功能设置模块等,如图2所示。振荡波形发生模

梁俊斌:博士研究生
本论文由国家自然科学基金项目资助
(批准号:50578064)

维普资讯 http://www.cqvip.com

块主要以电容三点式的LC振荡电路构成。埋设在道路上的环形线圈与检测器的一组线圈相连接形成一个闭环线圈，检测器经互感线圈把该闭环线圈的信号耦合到振荡电路，因此，当环形线圈的电感量发生变化，该变化就马上反馈到振荡电路中，导致振荡电路的振荡频率发生变化。而振荡信号经过NPN三极管和二极管的电平转换后输入到TMS320F2812的计数器的时钟输入口TCKINA上进行检测。TMS320F2812计算出即时的频率变化值，并把数据存放到外扩的SRAM中，然后对所采集到的连续的时间序列数据进行的信号滤波、特征提取以及模式识别的运算，最终得到与经过的车辆相对应的车型信息。除了车型信息外，还可以通过计算得到车速、车流量、道路占有率等交通数据信息，这些数据信息对交通数据的调查、分析、统计、交通诱导以及交通信号的分配管理是很有意义的。基于TMS320F2812处理芯片的车型检测器可以通过TMS320F2812芯片上的RS232接口或者CAN总线的网络接口把实时交通数据的发送到交通指挥中心进行上层的交通数据分析和管理。

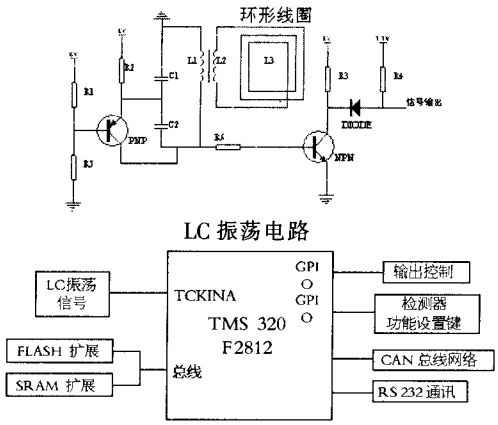

图2 车型检测器硬件设计

3 车型检测的算法处理

由上述的环形线圈检测电路，TMS320F2812芯片可以采集到的LC振荡电路的振荡频率数据。而从频率数据中识别出车型必须经过以下几个数据处理阶段：实时基频计算、频率变化值计算、形态滤波处理、神经网络车型分类算法。

3.1 基频实时更新算法

正如图2所示，车型检测器选择电容三点式的LC振荡电路的优点是电路简单，但LC振荡电路的稳定性容易受振荡回路的等效电感L和等效电容C的稳定性影响。此外，晶体管的各极间电容值又随温度、电压、电流的变化而变化，以上因素都导致了LC振荡电路的频率不稳定，尽管不少研究人员对传统的LC振荡电路提出过不少的改进方案，如克拉泼振荡器，但始终未能实现振荡电路的基频在长时间工作下稳定不变。因此，由TMS320F2812采集到的振荡频率数据不可避免地存在来自LC电路本身的固有干扰，在车辆检测过程中会因此而产生误判，影响了车型分类器的工作稳定性。为解决LC振荡电路导致车辆误判问题，笔者做了大量的实验，实验结果发现，LC电路本身基频的变化通常是连续的，不会有太大的突变，相反，因铁磁车体经过环形线圈所产生的LC电路的振荡频率变化是突变的。根据这种特性，本文提出了基频的实时更新算法如公式(1)(2)所示，其中f_b是当前检测到的基频值，f_b'是前一次检测到的基频值，t是判断是否因LC电路本身造成的噪声阈值，α是更新因子，在实际应用中取值为0.9，根据公式(2)可以求出新的基频值。

$$c=\begin{cases}1, & |f_b'-f_b|\le t\\ 0, & |f_b'-f_b|>t\end{cases} \tag{1}$$

$$f_b=\begin{cases}\alpha f_b+(1-\alpha f_b'), & c=1\\ f_b, & c=0\end{cases} \tag{2}$$

基频更新算法可以有效地判别LC振荡电路本身造成的频率变化，实现对LC振荡电路基频的快速跟踪，从而很大程度上避免因LC振荡电路本身缺陷导致车辆检测出现误判的情况。

当车辆经过环形线圈上方时，LC振荡电路的振荡频率发生变化(通常为增加)，其变化值为TMS320F2812检测到的频率与基频f_b的差值，即$\Delta f=f-f_b$。该差值就作为车型识别的有效数据源。

3.2 数学形态滤波方法

根据对实验数据分析，相同车型的车辆经过环形线圈时，车型分类器得到的时变频率曲线具有一定的规律。根据这些稳定的规律，可以识别出相应的车型。在实际应用中，相邻车道的车辆和环境磁场微小变化等因素产生的噪声会影响车型识别的精度。而且由于干扰信号与原始信号的频段相近，所以，一般的滤波方法如小波滤波等通过频域分析手段不能有效滤除这些噪声信号，而且会导致原始信号的失真。有鉴于此，本文采用数学形态滤波方法，构造相应的结构元素，通过开-闭，闭-开运算的平均组合来滤除车型检测器在实际应用中的噪声。

数学形态学是一门新兴的图像分析学科，是基于集合论的数学分支。由于该技术只取决于局部的信号特征，是一种有效的非线性滤波技术，其基本思想是用一个结构元素去探测一个图像，同时验证在图像中填放结构元素的方法是否有效，从而得到关于图像结构的信息。腐蚀和膨胀是最基本的形态学运算，开运算和闭运算是由腐蚀和膨胀推演出来的两种运算。通常数学形态滤波器用于二维信号的处理。在一维信号处理中，f(x)关于g(x)的腐蚀、膨胀、开运算、闭运算的定义为：

$$(f\oplus g)(x)=\max\{f(x-z)\mid z\in g\} \tag{3}$$

$$(f\ominus g)(x)=\min\{f(x+z)\mid z\in g\} \tag{4}$$

$$f\circ g=f\ominus g\oplus g \tag{5}$$

$$f\cdot g=f\oplus g\ominus g \tag{6}$$

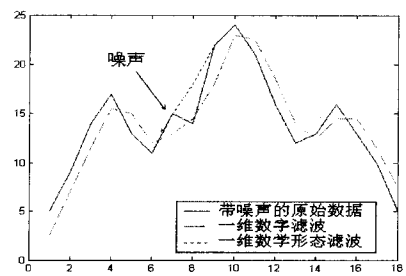

图3 一维数字滤波与一维形态滤波的效果比较

如图3所示，在时变频率数据中间有一个小的噪声信号与原始信号叠加在一起，导致波峰数从原始的3个变成现在的4个，由于这种错误的训练样本数据的存在，对后面的神经网络分类算法而言是一种很大的干扰。图中虚线为一维数字滤波的效果，可以看出数字滤波算法虽然也能去除该干扰信号，但是同时也造成原始信号的失真。而形态滤波方法，先通过对该类噪声信号的统计，得到噪声波形的形状特征，选择合适的结构元素，而后对采集到的频率数据进行开-闭、闭-开运算，并取两

维普资讯 http://www.cqvip.com

者的平均值,从图中点线为形态滤波的效果,它成功地去除噪声信号,而原始信号的特征波形被很好地保留。

3.3 车型分类算法

由于本文的篇幅有限,关于车型分类算法,笔者在之前所写的《BP神经网络算法在车型识别中的应用》和《多分支BP网络模型及其在车型分类中的应用》[7]中有详细的介绍,以下图4为该识别算法的流程框图。

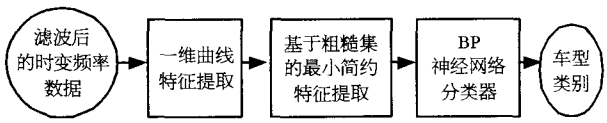

图4 车型分类算法流程框图

形态滤波处理后的时变频率数据,可以通过简单的数学计算(如求导运算、极大极小值的求解)提取出时变频率曲线的特征参数如:波峰值、波谷值、曲线宽度、波峰数、平均值、"山"字特征、"凸"字特征、波峰斜度等的一维曲线特征。这些特征能较好的描述时变频率曲线的外形轮廓和一些具体参数,而对于某一车型来说,其有用的特征(即有别于其它车型的特征)仅为这些特征中的一部分,其余特征是冗余的。冗余的输入特征不利于分类器的模式识别,增加了分类器的结构复杂度以及车型分类的计算时间,特征的冗余甚至会造成分类器的过度拟合现象,降低了车型识别的准确率。为提高分类器的识别效果,在进行BP神经网络的车型分类之前,笔者插入了基于粗糙集的最小简约特征的提取环节,该环节通过对训练样本的分析,得到各种特征对不同车型类别的贡献程度,针对不同车型提取出相应的最小简约特征组。而且该特征组是在不影响分类精度前提下有效特征的最小组合。最小简约特征的提取有利于提高BP神经网络分类器的识别效果,缩减BP神经网络分类器的训练和运算时间。基于粗糙集的改进BP神经网络模型如图5所示。该BP神经网络模型的输出对应不同的车型类别,输出值均为"1"和"-1","1"代表输入样本属于相应的车型,"-1"代表输入样本不属于相应的车型。

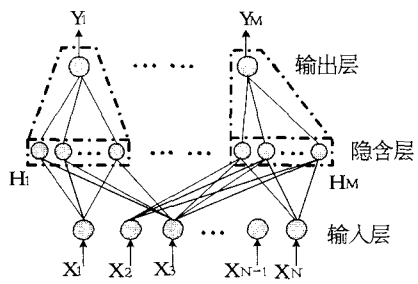

图5 基于粗糙集的改进BP神经网络模型

4 总结

车型检测器的设计主要分为硬件结构和处理算法两方面,本文就这两方面提出了一些具有创新性的设计方案,介绍了由LC振荡电路和TMS320F2812处理芯片构成的车型检测器的硬件结构,针对LC振荡电路频率不稳定的固有缺陷提出基频更新算法,并提出了利用一维数学形态滤波方法过滤实际应用中的噪声信号,最后简单介绍了基于粗糙集BP神经网络车型分类算法。基于TMS320F2812的嵌入式车型检测器具有广泛的应用前景,是ITS系统中不可或缺的设备之一。

本文创新点:

1. 基于TMS320F2812的车型检测器设计,利用TMS320F2812的150MHz频率和8级流水线的高速处理能力,丰富外部资源,实现车辆检测信号的采集和信号处理、分类算法。

2.提出一种基频更新算法,克服由于LC振荡电路本身频率不稳定而导致的车辆误检的缺陷。

3. 运用一维数学形态滤波算法代替一般的数字滤波算法,确保在原始有效数据不失真的情况下有效去除噪声。

4.提出基于粗糙集的BP神经网络的分类算法及其网络结构,并运用到车型分类中。

参考文献:

[1]Y.Xiao,"Research on Vehicle Classification with Loop Sensors," Journal of SSSRI,Dec.2004,vol.27,no.2,pp.1942-1948.

[2]李诚.环形线圈车辆传感器的研究,西安公路交通大学学报,1995, no. 2,pp.56-59.

[3]苏奎峰,吕强,耿庆锋等. TMS320F2812原理与开发.北京:电子工业出版社,2005.

[4]叶树亮,李东升.改进型高稳定度LC振荡电路的研究.中国计量学院学报,2003,no.3,pp.174-177.

[5]龚炜,石青云等. 数字空间的数学形态学——理论及应用[M].北京: 科学出版社, 1997.

[6]林培群,徐建闽,梁俊斌等.多分支BP网络模型及其在车型分类中的应用[J].微计算机信息,2005,12:183-185.

作者简介:梁俊斌(1980-):男,汉,博士研究生,主要研究方向为人工智能控制、嵌入式系统. Email: jbscut@tom.com. 徐建闽(1960-):男,汉,教授、博士生导师,主要研究方向为智能交通系统。

Biography: Liang Junbin (1980-),male,doctoral candidate.Mainly researches on artificial intelligent control,embedded system.Email: jbscut@tom.com.

(510640 广东省广州市华南理工大学交通学院)梁俊斌 徐建闽 林培群

(College of Traffic and Communication,South China Univ.of Tech.,Guangzhou,510640,China)Liang Junbin Xu Jianmin Lin Peiqun

通讯地址:(510640 广东省广州市五山路华南理工大学交通学院326室)梁俊斌

(收稿日期:2006.9.25)(修稿日期:2006.10.22)

(上接第279页)

[4]F.Arambula Cosio,M.A.Padilla Castaneda.Autonomous Robot Navigation Using Adaptive Potential Fields.Mathematical and Computer Modeling,2004:1141-1156.

[5]贺伟,梁昔明.未知环境中移动机器人SLAM问题的研究进展[J].微计算机信息,2005,3:183-184.

作者简介:王睿(1971-),女,黑龙江齐齐哈尔人,硕士研究生,研究方向为智能移动机器人导航与控制.E-mail:wrzjy1971@163.com;戴学丰(1962-),男,河北乐亭人,教授,博士后,研究方向为机器人控制;刘树东(1965-),男,山东青岛人,教授,博士,研究方向为通信系统仿真,机器人。

Biography: Wang rui (1971-), female, native place is qiqihar in Heilongjiang province,graduate student,the direction of research is the intelligent robots navigation and the control.

(161006 黑龙江齐齐哈尔 齐齐哈尔大学)戴学丰 刘树东 王 睿

通讯地址:(161006 黑龙江省齐齐哈尔 齐齐哈尔大学44号信箱)王睿

(收稿日期:2006.9.28)(修稿日期:2006.10.26)