

多类 SVM 分类方法在智能像卡识别中的实现

张欣,戴永

ZHANG Xin, DAI Yong

湘潭大学 信息工程学院,湖南 湘潭 411105

College of Information & Engineering, Xiangtan University, Xiangtan, Hunan 411105, China

E-mail: skykingzx@gmail.com

ZHANG Xin, DAI Yong. Implementation of SVM multi-class classification in intelligent image card recognition. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(29): 104-106.

Abstract: SVM(Support Vector Machine) is a new machine-learning method which is developed based on statistical theory and has many applications in pattern recognition, regression analysis, function evaluation, etc. This paper proposes a method of implementation of the algorithm in Network Entrance Guard System using IIC (Intelligent Image Card). Numerical experiments on large problems demonstrate the method not only acquires classification capability of SVM, but also reduces computing tasks for IIC recognition.

Key words: Multi-class Support Vector Machines; binary tree; multi-class classification; Intelligent Image Card; Networking Entrance Guard System

摘要: 支持向量机是在统计学习理论基础上发展起来的一种新的机器学习方法,在模式识别、回归分析、函数估计等领域有着广泛的应用。论文提出在单片机系统上实现这一算法的方法,并在智能像卡联网门禁系统中得以实现。应用结果表明,该方法使像卡识别在获得 SVM 多类分类识别能力的同时,也有效降低了单片机的计算负荷。

关键词: 支持向量机;二叉树;多类分类;智能像卡;联网门禁

文章编号: 1002-8331(2007)29-0104-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

1 引言

智能像卡^[1]联网门禁系统是一种新型的多门集中管理系统。它以智能像卡为信息载体,通过锁位机识别像卡实现门禁的监控及管理。现有像卡识别方法采用的是基本距离分类法^[2],需遍历所有预存向量,计算量大,不适于联网门禁系统对锁位机子系统实时性要求。本文从智能像卡联网门禁系统的网际结构出发,结合 SVM 算法的特点,提出了一种分布式计算的新方法。该方法在上位机生成分类器,经集散网送至相应的锁位机,锁位机利用该分类器进行像卡识别,突出了联网门禁的特点。实用表明,该方法不但引入了 SVM 高效的分类能力,而且均衡了计算任务的分配。

2 智能像卡联网门禁系统简介

智能像卡联网门禁系统建立于“门-锁-匙”关系数学模型之上^[3],其系统结构如图 1。系统按四级结构构造。第一级为 PC 机(上位机),负责像卡采用、用户管理、信息发布等;第二级为 RS232/RS485 转换器,负责上位机和锁位机之间的信息传送和转换。第三级是锁位机级,负责用户像卡信息的接收、保存、识别、分门开锁、持卡信息打印等,一台锁位机控制四张门锁,一套系统可视需要带若干台锁位机;第四级为电控门执行机

构,可以是电磁驱动锁、电机驱动锁,也可以是机电兼容驱动锁等。

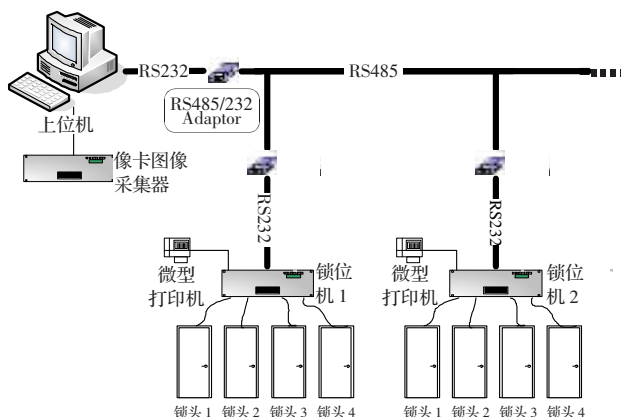


图 1 智能像卡联网门禁系统基本结构

智能像卡经上位机采样后,抽取其自画图像的特征与有关的像卡说明内容合并构成像卡描述字,通过 RS232/485 发布到相应的锁位机保存起来。持卡人在相应的锁位机上插卡采样,经提取自画图像的特征信息,与保存起来特征向量进行匹配,若成功则根据像卡说明信息打开相应的门锁,并完成一些

辅助人性化行为,如播放开门提示音乐、打印服务小条等等。

3 基于二叉树的多类 SVM 分类方法

传统的 SVM 是针对两类分类问题设计的,为解决多类问题的分类,已经有学者提出了各种算法,如 1-v-1 方法(One-versus-one Method)^[4]、1-v-r 方法(One-versus-rest Method)^[5]、DDAG 方法(Decision Directed Acyclic Graph Method)^[6]以及基于二叉树的多类 SVM 分类方法(BT-SVM)^[7]等。

BT-SVM 首先将所有类别分成两个子类,再将子类进一步划分成两个次级子类,如此循环下去,直到所有的节点都只包含一个单独的类别为止,此节点也是二叉树中的叶子结点,这样就得到了一个倒立的二叉分类树。此方法将原有的多类问题同样分解成了一系列的两类分类问题,其中两个子类间的分类算法采用二值 SVM。

智能像卡描述字为 48 维,考虑到 SVM 算法的实现对象为单片机系统,采用 Platt 提出的 SMO 方法(Sequential Minimal Optimization)^[8]构造子分类器。

3.1 方法实现过程

(1) 每当上位机办理一张新卡,提取 48 维特征向量 $K\lambda_{new}$ 后,即应用 SVM 训练算法构建 $K\lambda_{new}$ 与锁位机其余特征向量之间的最优超平面。

(2) 通过 RS485 总线将最优超平面的描述参数, $w^T=(w_1, w_2, \dots, w_{48})$ 及 $b^{[9]}$ 发往锁位机保存。

(3) 持卡人在锁位机插卡采样,获得的特征向量,代入 SVM 分类器计算,获得分类结果。

3.2 上位机构造分类器

3.2.1 聚类过程

一张像卡对应一类,一次插卡采样获得该像卡类的一个样本。设 S_p, S_q 分别为同一房间内的任意两像卡类, S_p 与 S_q 中任意两个样本的欧式距离的最小值作为类 S_p 与类 S_q 之间的距离,即:

$$d_{p,q} = \min\{\|x_i - x_j\| \mid x_i \in S_p, x_j \in S_q\} \quad (1)$$

显然有 $d_{i,i}=0, d_{i,j}=d_{j,i}$ 。

算法 1 基于 $d_{p,q}$ 最短类距离的聚类二叉树生成
输入: 对若干张像卡分别多次采样获得的样本集
输出: 多类像卡 SVM 分类二叉树

步骤 1 根据公式(1)计算各像卡类类间距离 $d_{i,j}$, 其中 $i, j=1, 2, \dots, k$, 且 $i \neq j$ 。

步骤 2 对任一像卡类 S_i , 存在 $k-1$ 个该类与其他类的类间距离, 对此 $k-1$ 个距离值由小到大排序, 并重新编号。例如, 第 i 类与其他类的距离值为 $d_{i,j}(j=1, 2, \dots, k, j \neq i)$ 按由小到大的顺序排列为: $l_i^1 \leq l_i^2 \leq \dots \leq l_i^{k-1}$ 。

步骤 3 对 k 个像卡类按 $l_i^1(i=1, 2, \dots, k)$ 值由大到小排序。若遇到两个或两个以上的类具有相同的 l_i^1 时, 再比较其 l_i^2 的大小, 如此下去, 若其 l_i^j 的大小均相同, 则将类标号小的放前面。

步骤 4 最终获得类标号排序 n_1, n_2, \dots, n_k , 其中 $n_m \in \{1, 2, \dots, k\}$, 且 $m=1, 2, \dots, k$ 为类标号。按照该类标号序列, 生成如图 2 所示的二叉树。算法结束。

根据生成的二叉树, 在各节点处利用二值 SVM 分类算法训练算法构造二叉树的最优超平面。首先, 以第 n_1 类像卡的样

本为正样本集, 其他类的样本为负样本集, 利用 SVM 训练算法构造根节点处最优超平面; 接着, 再以第 n_2 类像卡的样本为正样本集合, 第 $n_3 \dots n_k$ 类的样本为负样本集, 构造次级节点的最优超平面。依次下去, 直到所有二值子分类器训练完, 即可得到基于二叉树的 SVM 多类像卡分类模型。

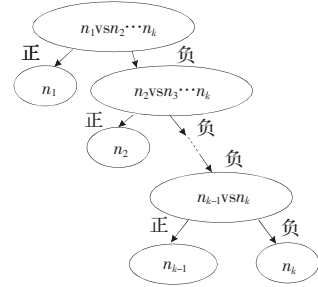


图 2 基于聚类的多类 SVM 分类二叉树模型

3.2.2 子分类器训练算法

Platt 提出的 SMO (Sequential Minimal Optimization 序贯最小优化) 的是 Osuna 分解算法^[10]的一个特例, 主要思想是把一个大型 QP 问题分解为一系列最小规模的 QP 子问题, 每次仅处理包含 2 个 Lagrange 乘子的优化问题, 从而完全避免了迭代算法。其优点是收敛速度快, 不需大的核矩阵存储空间, 特别适合稀疏样本。

SMO 的实现流程如下:

- (1) 选择两个待优化支持向量 α_i, α_{i+1} 。
- (2) 优化 α_i, α_{i+1} 。
- (3) α_i, α_{i+1} 经优化成功后, 即时更新 E_i, F_i 及 b 的值。
- (4) 判断 l 个乘子 (l 为训练样本数, 样本数=乘子数) 均优化完否, 若否, 则转(1); 若是, 则转(5)。

(5) 计算 $w^T=(w_1, w_2, \dots, w_{48})$, 其中 $w_j = \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i x_{ij}, x_{ij}$ 为 48 维特征样本 x_i 的第 j 个特征项。

(6) 算法结束, 并将 w^T 发往相应锁位机。

3.3 锁位机分类

锁位机获得持卡人提供的像卡信息后, 提取特征样本 $x=(x_1, \dots, x_{48})$, 并与预存的 w^T 序列及参数 b 一起, 代入分类器计算公式 $y=w^T \cdot x+b$, 若 $y \geq +1$, 则匹配开锁, 否则不开锁, 并播放拒识音乐。具体的实现算法描述如下:

算法 2 基于 SVM 的锁位机像卡分类

输入: 插卡采样提取的特征样本

输出: 匹配结果 y , 且 $y \in \{+1, -1\}$

步骤:

- (1) 计算 $w_i^* x_i$, 并将结果累加到临时变量 $temp$, 即 $temp += w_i^* x_i$;
- (2) 判 $temp \geq +1?$ 是, $y=+1$, 转(5); 否, 继续;
- (3) 判计数变量 $i \leq 48$ 是, 转(1); 否, 继续;
- (4) 计算 $temp += b$, 判 $temp \geq +1?$ 是, $y=+1$; 否, $y=-1$;
- (5) 算法结束。

4 实验

(1) 建立如图 3 所示的 5 张实验像卡, 分别记为 I、II、III、IV、V 号。

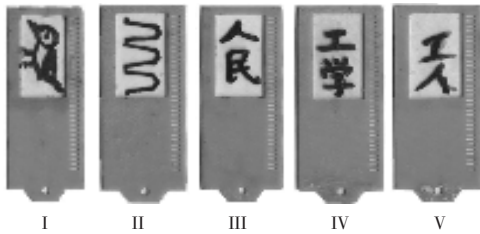


图3 实验像卡

(2)分别以“ $I-II-III-IV-V$ ”、“ $V-IV-III-II-I$ ”、“ $IV-III-I-I-I-V$ ”、“ $II-III-I-IV-V$ ”、“ $IV-V-III-I-II$ ”的顺序在上位机登记办卡,训练分类器;获得的分类器描述参数发往相应锁位机;针对上述每一种顺序,将5张卡在锁位机上各插10次,即样本数 $l=50$ 。实验中,考虑到单片机的计算能力,本文的SMO算法采用线性核函数,且KKT停止条件的容许误差设为0.01。上位机X86 PC的主要配置为P4 2.4 G、512 M RAM,Windows XP操作系统,各种算法均采用C++实现,二值SVM分类算法在Platt的SMO伪码上修改实现;锁位机核心器件为AT89S51,算法采用ASM51编程实现。

表1列出了匹配结果,其中最后一列显示50次插卡的匹配成功率。

表1 实验匹配结果

分类器	卡号					Rate
	I	II	III	IV	V	
	匹配次数					
$I-II-III-IV-V$	7	10	10	10	9	0.92
$V-IV-III-II-I$	7	10	10	9	9	0.90
$IV-III-I-II-V$	8	10	9	10	10	0.94
$II-III-I-IV-V$	7	10	9	9	9	0.88
$IV-V-III-I-II$	6	10	10	10	10	0.92

从表1中可以看出,依5种顺序训练的分类器分类能力相近,同一张卡在不同分类器下匹配情况也较为稳定,由此证明二叉树聚类算法具有很好的鲁棒性;同时注意到,I卡的识别率较低,这主要与该卡图案蒙尘有关。

另将BT-SVM实验结果与应用二级匹配机制的实验结果进行横向比较。考虑当训练样本的类别数 n 递增的情况下,锁位机匹配耗费时间 t 的上升幅度,如图4所示。当 $n=3$ 时,两种方法的耗费时间相近。但当类别数 $n \geq 11$ 的时候,二级匹配机制的耗费时间逐渐远大于应用BT-SVM的匹配耗费时间,且二者走势随类别数增加而相差越大。由此证明,本文的分布式BT-SVM方法对大样本数据集分类识别的速度较快,而当样本类别较少时,速度则与二级匹配机制相近。

5 结束语

将SVM分类算法引入模式识别领域,目前已有许多成功的应用。但是,这些应用都只局限于单机模式,无法满足日益复杂的应用需求。该文在对常用的多类SVM分类方法进行研究之后,就联网门禁系统的网际结构进行讨论,提出了一种在单片机系统中分布式应用BT-SVM的新方法,解决了如下关键问题:

(1)上位机多类SVM分类器训练算法的实现。

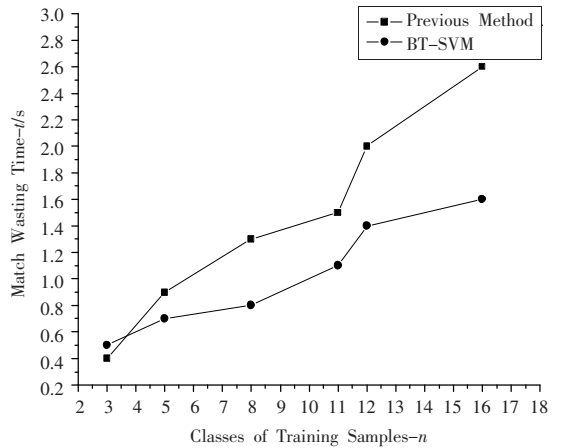


图4 BT-SVM与二级匹配机制耗费时间比较

(2)上位机PC与下位机单片机系统的异步串行通信。

(3)异地训练、使用分类器的分布式机制。

针对这一类集散控制系统,该方法显著特点为:SVM分类器的训练与使用异地发生,既引入了SVM的分类能力,也减轻了下位机的计算负担。该方法虽就联网门禁系统进行了讨论,但其基本原理也可借鉴于其他模式识别的单片机系统,从而使多类SVM分类方法的应用范围更为广泛。

(收稿日期:2007年4月)

参考文献:

- [1] 戴永.基于用户可自画图形的图象特征信息卡研究[J].中国图象图形学报,2003,8(10):1183-1188.
- [2] 戴永.智能像卡门禁系统映象机制[J].计算机工程与应用,2003,29(8):74-77.
- [3] 戴永等.钥匙图像识别的“门-锁-匙”系统[J].湘潭大学自然科学学报,2003,3(25):17-20.
- [4] Knerr S, Personnaz L, Dreyfus G. Single-layer learning revisited: A stepwise procedure for building and training a neural network[C]// J Fogelman ed. Neurocomputing: Algorithms, Architectures and Applications. New York: Springer-Verlag, 1990.
- [5] Bottou L, Cortes C, Denker J, et al. Comparison of classifier methods: a case study in handwritten digit recognition[C]// Proc of the International Conference on Pattern Recognition, 1994: 77-87.
- [6] Platt J, Cristianini, Shawe-Taylor. Large margin DAGS for multi-class classification[C]// Advances in Neural Information Processing systems, 2000: 547-553.
- [7] 唐发明.一种新的二叉树多类支持向量机算法[J].计算机工程与应用, 2005, 41(7): 24-26.
- [8] Platt J. Fast training of support vector machines using sequential minimal optimization[M]// Advances in Kernel Methods - Support Vector Learning. Cambridge, MA: MIT Press, 1999: 185-208.
- [9] 支持向量机导论[M]. 李国正, 王猛, 曾华军, 译. 北京: 电子工业出版社, 2004: 164.
- [10] Osuna E, Freund R, Girosi F. Improved training algorithm for support vector machines[C]// 7th IEEE workshop on Neural Networks for Signal Processing, NNSP 97. IEEE, 1997: 276-285.