



五邑大学

优秀毕业论文集

(2006 届本科)

wuyidaxue youxiu biye lunwenji

刘成才 主编



华南理工大学出版社

五邑大学优秀毕业论文集

(2006 届本科)

主编 刘成才

华南理工大学出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

五邑大学优秀毕业论文集: 2006 届本科/刘成才主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2008. 3

ISBN 978 - 7 - 5623 - 2842 - 1

I. 五… II. 刘… III. 高等学校 - 毕业论文 - 汇编 - 广州市 IV. G642. 477

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 028824 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

E-mail: z2cb@scut.edu.cn <http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 谢茉莉

印刷者: 广州市穗彩彩印厂

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 22.5 字数: 562 千

版次: 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

版权所有 盗版必究

序 言

高等院校的毕业设计（论文）是本科教学最后一个重要的实践教学环节，是实现本科教育培养目标的重要组成部分。它既是对学生知识能力水平的一次全面检验，又是学生从在校学习向社会工作过渡的一次专业技术和科学研究的具体实践，更是培养学生实践能力和创新精神的重要途径之一。

五邑大学一贯重视本科毕业设计（论文）工作，采取了一系列有效措施不断提高毕业设计（论文）质量。学校制定了《五邑大学毕业设计（论文）工作规范》，建立了完善的毕业设计（论文）管理制度和质量监控机制，通过行政机构和教学督导组加强对选题、指导、中期检查、评阅和答辩等环节的管理。在选题上长期坚持“一人一题”和“教师命题与学生选题相结合”的原则，鼓励学生根据专业特点，将毕业设计（论文）选题与地方经济社会发展相结合，与科学研究、技术开发和生产实际相结合。在选题性质、难度、分量、综合训练等方面，力求全面反映人才培养目标要求。

为了展示五邑大学毕业设计（论文）的成果，学校在2006届优秀毕业论文中挑选出了60篇汇编成《五邑大学优秀毕业论文集（2006届本科）》，并公开发行，希望藉此加强与兄弟院校的交流，进一步提高我校毕业设计（论文）水平。

在本论文集编写和出版过程中得到了学校领导和各院系的大力支持，同时也得到了谭海鸥、董起俊、陈爽的指导与帮助，在此，表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中存在的缺点和错误，欢迎广大读者批评指正。

编者

2007年6月20日

目 录

网格编码调制 (TCM) 技术及其在 ADSL Modem 中的应用	汤春辉 (1)
小波变换与独立元分析在人脸识别中的应用	许伟锦 (7)
数控直流电流源的设计	陈崇辉 (13)
TD - SCDMA 移动通信中的信道编码技术研究	林兰馨 (19)
孤子自频移及其抑制	兰 芸 (24)
基于骨骼技术和蒙皮技术的模型运动引擎的研究	何浩华 (29)
基于水印的信息隐藏技术的研究与实现	王杨慧 (35)
红外接口小型 LED 点阵显示牌设计	熊士凯 (43)
遗传算法与模拟退火算法的研究	阮柏尧 (48)
多路无线数据采集与传输系统设计	李秋波 (53)
一种基于素数理论的信息安全算法及其应用	卢敬德 (61)
基于测试的数据自动生成系统	朱秀芬 (68)
个人防火墙的设计与实现	黄毅铭 (75)
数据加密通信研究——AES 算法优化和实现	蔡晓跃 (81)
数字控制电压源的设计	康赵雄 (86)
犁地机齿轮箱测试系统设计	廖景成 (91)
自动化在线检测装置的设计与研制——控制系统的研究与开发	何宇峰 (96)
多关节工业机械手设计	钟贞尉 (102)
东巴文化与现代服装设计初探	何文瑜 (109)
通花面料的设计	李如燕 (115)
论我国服饰情感美的演变及发展	曾昭琬 (120)
弹性织带的结构设计对其外观和性能的影响	唐华文 (126)
干法常用树脂与超细纤维的结合性	杨 明 (134)
改性丙烯酸树脂烤漆用聚酯树脂的合成研究	余雪婵 (139)
阳离子瓜尔胶的研制	吴 局 (145)
纳米 SiO ₂ - 丙烯酸 - 聚氨酯杂化乳液制备研究	周献荣 (150)
镨铁氧体磁性材料研磨分散工艺研究	李木兰 (157)
工程量清单计价模式下投标报价的编制与报价策略研究	黎成才 (163)
基于模糊理论和灰色系统的房地产投资风险评价模型	姜灿荣 (168)
住宅房地产估价的基准房地价修正方法研究	施月华 吴良运 (174)
建筑工程复合标底投标报价中的博弈模型	谭荣坤 (180)
密码与矩阵初探	胡鹏胜 (186)
人口管理系统	李德强 (191)
多种预测分析功能模块的设计与己内酰胺市场价格的预测	麦灿伟 (197)

Taylor 公式及其应用	王燕飞 (204)
我国手机发展的专利障碍	冯 明 (209)
构建学习型企业的基本过程	唐华庚 (214)
E-mail 营销及其策略研究	周柏瑜 (219)
基于电子商务与客户关系的远程服务系统设计	孙 浪 (224)
全球银行业的变革与发展	陈卓非 (228)
广东省服装行业前景预测与分析	陈炎凯 (234)
移动电子商务系统的应用与发展研究	谭永新 (240)
提升江门城市竞争力的思路 and 对策	陈淡蓉 (246)
供应链的可靠性分析	黄育坤 (251)
基于现代数据统计技术的区域经济中心选择	何 敏 (257)
现金流量表审计方法探讨	李贺君 (263)
基于流程再造的企业组织结构优化研究	陈秀珍 (269)
伤花怒放——中国新生代电影概览	方晓枫 (274)
叶嘉莹对唐五代北宋词研究的几点贡献	曾 鸿 (279)
悲悯的人道主义情怀——贾樟柯电影研究	邝妙萍 (284)
粤剧编剧的现状、危机与出路	陈娃薇 (290)
由马致远〔双调·夜行船·秋思〕看元代文人的的人生观	林浩俊 (297)
The Promotion of Interaction in the English Classroom	蓝翠妮 (304)
Meaningful Approaches to Teaching English Grammar	徐海珍 (309)
Language Transfer in Learning English Sounds Among Chinese Middle School Students	曾金婷 (316)
Differences in Business Communication between Males and Females	阮洁文 (321)
On Symbolism in <i>The Great Gatsby</i> —Disillusionment of the American Dream ...	杨 华 (328)
Different Cultures Reflected in Cartoons of the U. S. A. , Japan and China	练敏静 (336)
The Disadvantages of Chinglish in Trans - cultural Communication	李燕菲 (341)
On Metacognitive Strategies in EFL Learning of Senior High School Students ...	司徒建华 (346)

网格编码调制 (TCM) 技术及其在 ADSL Modem 中的应用

信息学院 汤春辉 指导教师 梁钊

摘要: 在非对称数字用户环路 (ADSL) 的技术特点及网格编码调制 (TCM) 原理的基础上, 着重探讨了 TCM 的设计方法, 特别是其在非对称数字用户环路调制解调器 (ADSL Modem) 中的应用。通过 Matlab 编程对采用 TCM 与未采用 TCM 的系统进行了计算机仿真, 结果表明前者在性能上远优于后者。
关键词: 非对称数字用户环路 (ADSL); 网格编码调制 (TCM)

Abstract: In this paper the technique characteristics of asymmetric digital subscriber line (ADSL) and the principles of trellis - coded modulation (TCM) are briefly introduced. The design and construction methods of TCM, especially the application of TCM in ADSL modem are studied. Computer simulations with matlab programming are performed for ADSL systems with or without TCM. It is shown, the performance of the former is much better than that of the latter.

Keywords: ADSL; TCM

1 引言

随着 Internet 的快速发展, Internet 在商业应用和多媒体等服务方面也得以迅速推广。近年来出现了多项过渡性的宽带接入网技术, 包括 N-ISDN、Cable Modem、ADSL 等等, 其中 ADSL 便是前景最好、竞争力最强的一种技术。

TCM (网格编码调制) 技术将纠错编码和数字调制合二为一, 在不损失数据速率或不增加带宽的情况下, 通过增加调制信号集内的信号点数, 并利用集合划分映射的规则, 使最小汉明距离与信号序列之间的欧氏距离达到很好的统一, 从而在很大程度上改善传输信号的抗干扰能力。

本文主要研究 TCM 技术及其在 ADSL Modem 中的应用, 用 MATLAB 对 ADSL Modem 中的 TCM 技术进行仿真, 并对结果进行分析比较。研究表明采用 TCM 技术后系统性能得到了显著提高。

2 ADSL 概述

ADSL 技术是一种专用型的点到点公用网络接入技术, 可在本地环路的铜质双绞线中传输多种类型的数据, 如数字、语音和视频数据, 为中央办公室和用户之间、建筑物内部以及局域网之间提供高速连接。

ADSL 通过不对称传输, 利用频分复用 (或回波抵消) 技术, 使上、下行信道分开来减小串音的影响, 实现了信号的高速传送。

ADSL 技术可以应用在高速的数据接入、视频点播、网络互连业务、家庭办公、远程教学、远程医疗等方面。

3 TCM 简介

TCM 是 Ungerboeck 在 1982 年发明的。在最初的方案中, 采用了码率为 $n/(n+1)$ 的格状 (Trellis) 码, 其原理是将编码得到的结果映射为 $2n+1$ 个调制信号点集合中的某个信号, 在接收端信号解调后经反射射变换为卷积码的码序列, 再送入 Viterbi 译码器进行译码。在不增加带宽并保持相同的信息速率情况下可获得 3.6 dB 的编码增益。

TCM 技术将编码器和调制器作为一个统一的整体进行综合设计, 使编码器和调制器级联后产生的编码信号序列具有最大的欧氏距离, 从信号空间角度看, 这种最佳编码调制的设计实际上是对信号空间的最佳分割。

TCM 具有广阔的应用前景, 适用范围覆盖了诸多通信领域, 如高速数据传输系统、移动通信、卫星通信、微波通信等。

4 TCM 编码在 ADSL MODEM 的应用

ADSL 调制技术主要有三种: QAM (quadrature amplitude modulation)、CAP (carrierless amplitude-phase modulation)、DMT (discrete multitone)。下面我们以 16QAM 为例, 说明 TCM 技术在 ADSL MODEM 的应用。

4.1 TCM 编码调制器的结构

TCM 实现方法可用图 1 所示的 TCM 编码调制器结构来解释。根据这个结构, TCM 信号是通过如下的方式产生: 当每个调制间隔传送 m 个 bit, 其中 $m_1 \leq m$ 比特通过一个速率为 $m_1/(m+1)$ 的二进制卷积编码器, 扩展成 m_1+1 编码比特, 这 m_1+1 个编码比特用来选择 2^{m_1+1} 进制调制信号集的 2^{m_1+1} 个子集中的一个, 剩下的 $m-m_1$ 个未编码比特用来选择传送该子集的 2^{m-m_1} 个信号中的某一个。

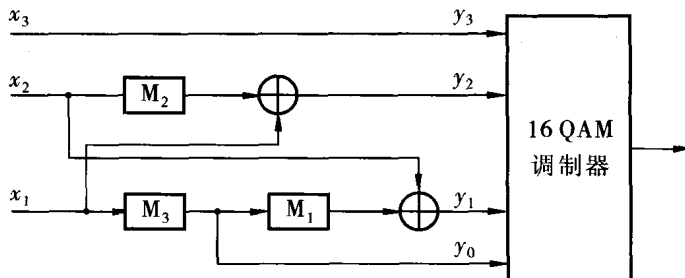


图 1 TCM-16QAM 编码调制器

4.2 TCM 集分割原理

集分割原理是 TCM 方案构造的核心, 它是将一个信号集分成较小的子集, 并使分割

子集内信号点之间的最小空间距离得到最大的增加。每次分割都是将一个较大的信号集分割成较小的两个子集，每经过一次分割，子集内信号点的距离亦增加，用 i 表示， $i = 0, 1, \dots$ 这样分割持续 $m + 1$ 次，信号点之间的距离等于或大于 TCM 方案设计所需的自由距离。

TCM 码的自由欧氏距离表示为：

$$d_{\text{free}} = \min [\Delta_{m+1}, d_{\text{free}(m)}] \quad (1)$$

其中， Δ_{m+1} 表示并行转移之间的最小距离， $d_{\text{free}(m)}$ 表示 TCM 格状图中非并行转移之间的最小距离。

每次集分割时将一个较大的信号集分割成较小的两个子集，这样就得到一个表示集分割的二叉树。在集分割树中，令始于 k 级同一结点的两个分支所对应的编码比特为 $Z_n^k = 0$ 或 1。

在共有 $m + 1$ 级的集分割树中， 2^{m+1} 个子集对应不用 $m + 1$ 个编码比特： Z_n^m, \dots, Z_n^0 。所以，此 $m + 1$ 个编码比特 $Z_n = \{Z_n^m, \dots, Z_n^0\}$ 将唯一地确定对应的子集，故可以将 Z_n 看做是该子集的标值。

集分割原理建立在这种赋予子集标值的方法之上，其内容如下：如果两个子集的标值的最末 q 位相同，但 Z_n^q 位不同，则两子集的信号是集分割树上第 q 级的同一子集的元素，因此两个子集的任两个信号之间的最小距离至少是 Δ_q 。

4.3 Viterbi 译码

Viterbi 译码算法是由 Viterbi 于 1967 年提出的一种最大似然译码方法，它通过计算累积码距，在相应的卷积码格状图上寻找唯一的最大似然路径，再根据这条路径所通过的延时寄存器的状态，来重构发送的数据。

Viterbi 译码分为硬判决和软判决两种。在硬判决译码过程中信号之间的差别用汉明距离来表示，而在软判决译码中用欧氏距离来表示。由于软判决充分利用了接收信号的信息，因而可比硬判决得到额外的 $2 \sim 3\text{dB}$ 的增益。

TCM 中 Viterbi 译码使用的是软判决，其特点是网格图上的每一状态转移分支并不是对应一个码组，而是一个子集。这样，分支量度计算该接收信号点与状态转移所对应的子集中各信号的欧氏距离，然后比较选择一个最小的距离作为该分支的量度，并以此距离对应的信号点作为该分支对应的信号点，子集中的其他各信号及对应的距离则被淘汰。

5 仿真实现

为了比较采用了 TCM 技术与未采用 TCM 技术的 ADSL 系统在性能上所获得的改善，我们用 MATLAB 对这两个系统进行了计算机仿真。

5.1 仿真流程

假设信道为加性高斯白噪声 (AGWN) 信道，仿真系统框图如图 2 所示。

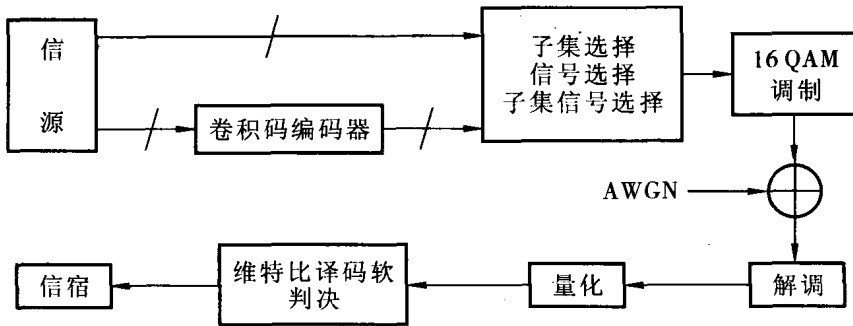


图 2 仿真系统框图

5.2 编程思路

5.2.1 调制端

(1) 首先对信源发出的信息序列进行处理。TCM 编码调制器的结构决定了输入比特数必须满足一定的关系，对不满足其关系的信息进行补零。

(2) 将信息分成两路，调用 `convenc` 函数对其中一路进行编码。

(3) 进行子集选择，信号映射。

(4) 用调制程序对信号进行 16 QAM 调制。

5.2.2 高斯信道

用 `agwn` 函数将调制后的信号加上加性高斯白噪声。

5.2.3 解调端

(1) 用解调程序对接收信号进行解调。

(2) 将解调后的信号进行量化。

(3) 用 `viterbi` 函数对接收序列中经过卷积编码的那一路比特流进行译码。

(4) 输出信息序列。

5.3 编程细节

假设卷积码一共有 N 个比特，约束长度为 m 。信息序列通过 `convenc` 函数编码和 `vitdebi` 函数译码后，译码后的信息序列不会和原信息序列相同，原信息序列的前 $(N - m)$ 个比特和译码后信息序列的第 m 个比特与第 N 个比特相同。因此为了保证原比特流最后的 m 个比特能够得到译码，必须在调制端给原比特流加上冗余码；同时在解调端还原比特流时，要除去冗余码。

因为直接调用 Matlab 中的调制和解调是不符合 TCM 原理中规定的最大欧氏距离原则，所以不能直接调用 Matlab 中的调制和解调，必须制订符合 TCM 原理中规定的最大欧氏距离的调制和解调方案。

为此，我们设计了两种不同的调制解调方案，并通过 matlab 编程加以实现，得到两个相关函数。

方案一：首先，利用 `ddemodce` 函数调制出 0000, 0001, ..., 1110, 1111 等十六种状态的信号。每一个调制后的信号都是十六个复数组成的矩阵，由此可以做出一张查询表。

所要调制的信号均从表中查询, 这样完成信号映射的功能。在解调端我们利用 `ddemodce` 函数解调接收到的信号, 再通过查表就能得到未调制前的二进制比特。

方案二: 首先, 根据 TCM-16QAM 的星座图做出一张查询表, 0000, 0001, ..., 1110, 1111 分别由不同的复数表示, 实数部分代表星座图中的 X 轴, 虚数部分代表星座图中 Y 轴, 这样完成信号映射的功能。在解调端, 计算出接收到的信号点与查询表中每一个点的距离, 取出距离最小的那个点, 查表就能得到未调制前的二进制比特。

5.4 仿真结果及分析

5.4.1 第一种调制方案进行仿真

图 3 是用第一种调制方案进行仿真的结果, 图中对未采用 TCM 的 16QAM 和采用 TCM 的 16QAM 的性能 (误码率 (P_b) - 信噪比 (SNR)) 进行了比较。

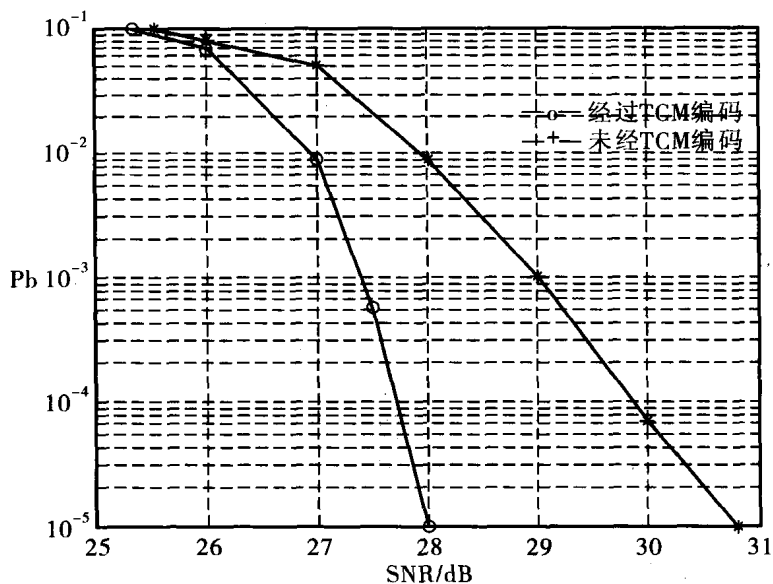


图 3 第一种调制方案性能比较图

由图可见, 在第一种调制方案下采用 TCM 编码的 16QAM 系统与无 TCM 编码的 16QAM 系统相比, 性能要好 3.1dB。

5.4.2 第二种调制方案进行仿真

图 4 是用第二种调制方案进行仿真的结果, 图中对未采用 TCM 的 16QAM 和采用 TCM 的 16QAM 的性能进行了比较。

由图可见, 第二种调制方案下采用 TCM 编码的 16QAM 系统与无 TCM 编码的 16QAM 系统相比, 性能要好 2.8dB。

5.4.3 两种调制方案比较

对上述两种调制方案的性能做一比较就可以看出, 方案一的系统增益比方案二高出 4.5dB, 可见方案一明显优于方案二。

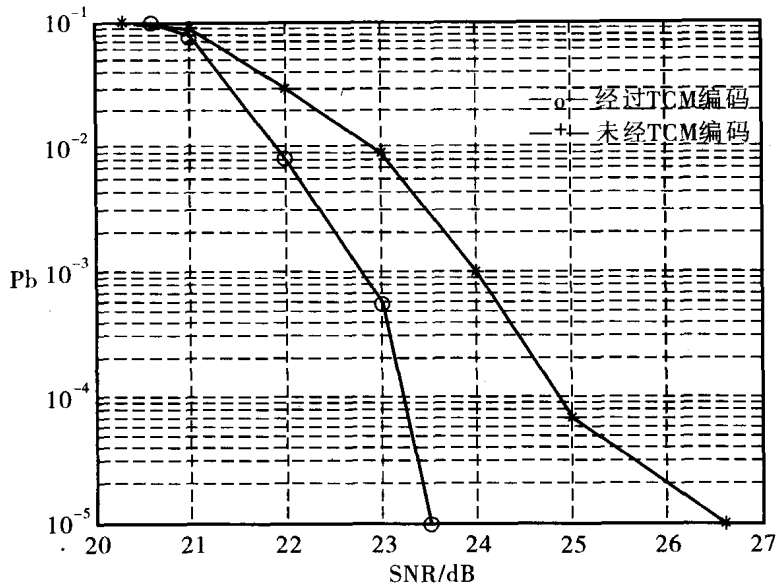


图4 第二种调制方案性能比较图

6 结束语

本文研究了 TCM 的集分割原理及网格图构造原则,在此基础上研究了网格编码调制在 ADSL Modem 中的应用。最后用计算机仿真了采用 TCM 的 ADSL 系统和未采用 TCM 编码的 ADSL 系统,对两者的性能进行了比较分析。结果表明,采用 TCM 的系统相对于未采用 TCM 编码的系统具有较高的编码增益,把 TCM 技术引入 ADSL 能够有效地提高系统性能。

为了使系统的误码率进一步降低,在 ADSL 中还可以采用交织技术及其他差错控制编码,如 CRC 码、RS 码,特别是采用可逼近香农限的 Turbo 码或 LDPC 码,这些都是值得我们进一步研究的课题。

文中我们假设信道中只存在加性高斯白噪声,但实际情况下信道中还存在着其他噪声,如来自其他双绞线的串音、脉冲噪声等,因此还需要深入分析信道中的噪声干扰,建立一个比较接近实际的 ADSL 信道模型。

参考文献

- [1] 曹志刚. 现代通信原理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [2] 王立宁. Matlab 与通信仿真 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [3] 杨威. ADSL/VDSL 原理 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [4] 邓华. Matlab 通信仿真及应用实例详解 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [5] Ungerboeck G. Trellis-coded modulation with signal sets [J]. IEEE communication Magazine, 1987, 25 (2).

小波变换与独立元分析在人脸识别中的应用

信息学院 许伟锦 指导教师 甘俊英

摘要: 结合小波变换 (wavelet-transform, WT) 与独立元分析 (independent component analysis, ICA) 的原理, 首先利用小波变换将人脸图像分解成不同的频率分量, 对其中的低频分量采用主元分析 (principal component analysis, PCA) 降维后, 再运用独立元分析进行特征提取; 然后, 将训练样本和测试样本分别对特征向量张成的子空间进行投影; 最后利用最近邻法完成识别。基于 ORL (olivetti research laboratory) 人脸数据库的实验结果表明, 该方法能够取得较满意的识别结果。

关键词: 人脸识别; 小波变换; 独立元分析; 主元分析

Abstract: Combined with the principles of wavelet-transform (WT) and independent component analysis (ICA), wavelet transform was used in two-dimensional face images, which were decomposed into sub-bands with different frequencies. Then sub-bands with low-frequency component were decreased by principal component analysis (PCA). ICA was used to extract the features from face images. Training samples and testing samples were separately projected onto the feature space. Finally the method of the nearest neighbor distance was used to finish recognition. Experimental results on ORL (olivetti research laboratory) face database demonstrate the method of face recognition presented in the paper can get satisfied results.

Keywords: face recognition; wavelet-transform; independent component analysis; principal component analysis

1 引言

人脸自动识别是模式识别和图像处理等学科研究的一个热点课题, 它在身份鉴别、信用卡识别、护照的核对以及监控系统等方面有广泛的应用。由于受光照、表情以及姿态等因素的影响, 使得同一个人的脸像矩阵差异较大。因此, 人脸识别中所选取的特征必须对上述因素具备一定的稳定性和不变性。目前存在的主要研究方法包括主元分析方法 (principal component analysis, PCA)、独立元分析方法 (independent component analysis, ICA)、线性鉴别分析 (linear discriminant analysis, LDA), 以及最近引起广泛研究的核方法等。

Sirovich 和 Kirby 首先用 PCA 算法来表示人脸, 而 Turk 和 Pentland 提出了一个著名的人脸识别算法称为“特征脸”, 但是它只考虑了二阶统计信息。Bartlett 提出了基于 ICA 的人脸识别新方法, 是 PCA 方法的高阶扩展, 考虑了高阶的统计信息。其目的是把混合信号分解成相互独立的成分, 它强调分解出来的各个分量之间统计独立, 但特征提取是基于整幅人脸图像, 计算数据量大, 收敛速度较慢。

本文的方法弥补了上述方法的不足。首先, 利用小波变换提取人脸图像的低频分量, 降低了运算的复杂度; 然后, 通过 PCA 去二阶相关和降维处理, 运用 ICA 获取特征分量; 最后将训练样本和测试样本分别投影到基于特征分量张成的子空间中, 用最近邻法完成识别。基于 ORL (olivetti research laboratory) 人脸数据库的实验结果表明, 所提出的方法获

得了较好的识别效果。

2 基于 WT-ICA 的人脸识别方法

2.1 人脸图像的小波分解

在小波变换中,只要使用尺度合适的小波函数,则可以任意尺度观察信号。同时,信号可分解成近似分量与细节分量。近似分量代表信号的低频分量,细节分量代表信号的高频分量。

小波多分辨率分析是图像处理和模式识别的有效工具,它是我们将图像进行低维表达的数学基础。一维小波变换可以推广到二维小波变换,二维小波变换在图像处理中有广泛的应用。在人脸识别中,人脸图像进行一层二维小波变换后,可以分解成四个子带图像,各个子带图像分别从不同角度描述了原人脸图像。如图 1 所示,LL 子带表示低频子带,它是原图像的低维近似;LH 子带描述了原图像的水平边缘特征;HL 子带描述了原图像的垂直边缘特征;HH 子带表示高频子带,它描述了原图像的斜边缘特征。如对子带图像 LL 进行小波分解即可获得第二层小波分解图,如图 2 所示,同理可进行多层小波分解。

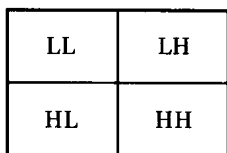


图 1 一层小波分解示意图

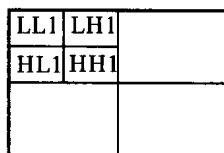


图 2 二层小波分解示意图

2.2 人脸识别算法

假设样本类别数为 p , 每类样本的样本个数为 pics , 训练样本数和测试样本数分别为 ctr 和 cts , 则训练样本总数和测试样本总数分别为 $\text{ptr} = \text{ctr} \times p$ 和 $\text{pts} = \text{cts} \times p$ 。

首先,利用小波变换把训练样本图像进行两层分解预处理,获取分解后的低频分量 LL1。其中, $\text{LL1} \in R^{\text{row} \times \text{col}}$ 。然后,将所有训练样本的低频分量进行 PCA 降维和白化处理。

PCA 降维过程是先把每幅训练样本分解后的低频分量 $\text{LL1}_i \in R^{\text{row} \times \text{col}}$ ($i = 1, 2, \dots, \text{ptr}$) 转化成一列向量, ptr 幅图像则可得到矩阵 $\text{AA} \in R^{(\text{row} \times \text{col}) \times \text{ptr}}$ 。把 AA 进行归一化处理,然后利用 PCA 方法进行降维,为了与白化时矩阵维数相匹配,PCA 取 col 个特征向量得到降维后“特征脸”矩阵 AA1 , 其中, $\text{AA1} \in R^{\text{col} \times \text{ptr}}$ 。PCA 降维的具体过程可参考“特征脸”方法。

接着进行白化处理,把每幅训练样本 $\text{LL1}_i \in R^{\text{row} \times \text{col}}$ ($i = 1, 2, \dots, \text{ptr}$) 进行归一化,得矩阵 A_i , 其中, $A_i \in R^{\text{row} \times \text{col}}$ ($i = 1, 2, \dots, \text{ptr}$), 即

$$A_i = \text{LL1}_i - \frac{1}{\text{ptr}} \sum_{i=1}^{\text{ptr}} \text{LL1}_i \quad (i = 1, 2, \dots, \text{ptr}) \quad (1)$$

通过 A_i ($i = 1, 2, \dots, \text{ptr}$) 可求得训练样本的协方差矩阵 G , 即

$$G = \frac{1}{ptr} \sum_{i=1}^{ptr} A_i^T \times A_i \quad (i=1, 2, \dots, ptr) \quad (2)$$

其中, $G \in R^{col \times col}$ 。训练样本的特征值和特征向量求解为

$$GT = AT \quad (3)$$

其中, $A \in R^{col \times col}$ 表示特征值组成的对角阵, T 为特征值对应的特征向量组成的矩阵。设协方差矩阵 G 的特征值表示为 λ_i ($i=1, 2, \dots, col$), 且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_{col}$, 对应的特

征向量表示为 t_i ($i=1, 2, \dots, col$), 则 $A = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & & 0 \\ & \lambda_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \lambda_{col} \end{bmatrix}$, $T = [t_1, t_2, \dots, t_{col}]$ 。

选择前 d 个较大特征值对应的特征向量 t_i ($i=1, 2, \dots, d$) 来构造特征子空间, 其

中 $d \leq col$ 。此时, $A_d = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & & 0 \\ & \lambda_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \lambda_{col} \end{bmatrix}$, $T_d = (t_1, t_2, \dots, t_d)$ 。白化矩阵 M 的计算为

$$M = A_d^{-\frac{1}{2}} T_d^T \quad (4)$$

其中, $M \in R^{d \times col}$, $A_d \in R^{d \times d}$, $T_d \in R^{col \times d}$ 。降维处理后矩阵的白化为

$$AA_{all} = M \times AAI \quad (5)$$

其中, $AA_{all} \in R^{d \times ptr}$, $AAI \in R^{col \times ptr}$, AA_{all} 为白化后矩阵。

然后, 对白化后的训练样本 AA_{all} 利用 FastICA 算法可获得独立向量矩阵 WT , 其中, $WT \in R^{d \times d}$, 则独立基子空间 S 为

$$S = WT \times M \quad (6)$$

其中, $S \in R^{d \times col}$, $WT \in R^{d \times d}$, $M \in R^{d \times col}$ 。每幅预处理后的训练样本 $A_i \in R^{row \times col}$ ($i=1, 2, \dots, ptr$) 朝独立基子空间 S 投影后, 得

$$Y_i = A_i \times S^T \quad (i=1, 2, \dots, ptr) \quad (7)$$

其中, 投影后矩阵 $Y_i \in R^{row \times d}$ ($i=1, 2, \dots, ptr$)。

样本测试时, 将每幅测试样本进行两层小波变换和归一化处理, 得到矩阵 B_j , 其中, $B_j \in R^{row \times col}$ ($j=1, 2, \dots, pts$)。朝独立基子空间 S 投影, 则

$$YY_j = B_j \times S^T \quad (j=1, 2, \dots, pts) \quad (8)$$

其中, 投影后矩阵 $YY_j \in R^{row \times d}$ ($j=1, 2, \dots, pts$)。

最后, 利用最近邻法实现人脸识别。最近邻法的原理是将每个测试样本的投影 YY_j ($j=1, 2, \dots, pts$) 分别与所有训练样本的投影 Y_i ($i=1, 2, \dots, ptr$) 进行欧氏距离比较, 最后把测试样本判为与其欧氏距离最小的训练样本所属的类别。

3 实验结果和结果分析

实验对象采用 ORL 人脸数据库。该数据库有 400 张图像, 共 40 个人, 每个人有 10 种不同的姿态与表情的人脸图像, 人脸面部表情 (睁着眼睛或者闭着眼睛、笑、非笑)

及面部修饰 (戴眼镜或者不戴眼镜) 都是变化的。此外, 这些图像分别从不同角度拍摄, 分辨率为 112×92 , 灰度级为 256。

预处理部分是人脸识别系统中一个重要的部分, 预处理可以减少数据量, 降低数据的复杂度, 也可以用于去除对识别无关的背景部分以提高最终的识别率。本实验的预处理是采用小波变换, 提取样本的低频部分, 减少数据量, 降低数据的复杂度。

实验时, 分别选择不同的小波函数 (Bior6.8、Db2、Db4、Db6、Db8、Haar) 进行二层小波变换预处理实验, 得到表 1 的识别效果。

表 1 基于不同小波函数的人脸识别结果

单位: %

小波 样本数	Bior6.8	Db2	Db4	Db6	Db8	Haar
3 幅训练	87.9	89	91.7	94.2	88.2	81.4
5 幅训练	92	92	93.5	90	92	79.5
7 幅训练	97.5	95	95	93.3	93.3	86.7
9 幅训练	95	97.5	97.5	95	97.5	90

从表 1 的实验结果可知, 当训练样本为 3 幅时, 采用 Db4 和 Db6 小波函数处理效果较好, 正确识别率达到了 90% 以上。当训练样本增加到 7 幅以上时, 采用 Bior6.8、Db2 和 Db4 小波函数处理效果比 Db6、Db8 和 Haar 都要好, 正确识别率都达到了 95% 以上。从整体上可知, 采用 Db4 小波函数处理效果最好, 对正确识别率的提高最有效。因此, 本文的人脸识别算法选择 Db4 小波函数进行小波变换。

表 2 表明采用小波变换 (Db4) 和无小波变换进行预处理的实验结果。模型中有无小波变换预处理过程, 对识别率有较大的影响。当训练样本为 5 幅以下时, 采用小波变换的正确识别率明显比无小波变换时高, 最大高出 13%。而当训练样本达到 5 幅以上时, 两者识别率差距有所缩小, 但前者正确识别率仍比后者高, 一般高出了 3%~5%。因此说明了小波变换预处理对最终正确识别率的提高起到了较大的作用。

表 2 有无小波变换的人脸识别结果比较

单位: %

预处理 样本数	有小波变换 (Db4)	无小波变换
1 幅训练	73.3	61.1
2 幅训练	84.6	71.6
3 幅训练	90.7	87.1
4 幅训练	85.8	88.3
5 幅训练	94	87.5
6 幅训练	95.6	90.5
7 幅训练	95.8	92.5
8 幅训练	96.2	92.5
9 幅训练	97.5	97.5

特征提取部分是整个模型的核心部分,特征提取的效果直接影响到最终的识别率。表3表明了WT-ICA方法与传统的2DPCA方法用于人脸识别的识别结果,其中 d 表示选取的特征向量个数。从表3实验结果可知,当训练样本分别采用1~9幅时,WT-ICA方法的识别效果明显比2DPCA方法好,正确识别率高达97.5%。可见WT-ICA方法对人脸特征提取更加有效,构造的特征空间能更好地表示原图像信息,识别效果更好。

表3 WT-ICA与2DPCA方法的人脸识别结果比较

单位:%

方法 样本数	WT-ICA方法 ($d=15$)	2DPCA方法 ($d=15$)
1幅训练	73.3	65
2幅训练	84.6	79
3幅训练	90.7	84.2
4幅训练	85.8	85.8
5幅训练	94	89
6幅训练	95.6	87.5
7幅训练	95.8	90
8幅训练	96.2	93.8
9幅训练	97.5	92.5

从表1~表3的实验结果得出以下结论:

(1) 当选择Bior6.8、Db2、Db4小波函数时,人脸正确识别率相差不大,都比较好;而Haar小波函数处理效果最差;Db6、Db8小波函数处理效果一般。因此,选择合适的小波函数对正确识别率非常重要的。从整体上看,Db4小波函数效果最好,所以本实验选择Db4小波函数进行小波变换。

(2) 人脸图像经过小波变换后,低频部分保留了原图像的大部分信息。人脸识别预处理过程有没有用小波变换对正确识别率有较大的影响,采用小波变换正确识别率明显要高。

(3) 本文所提出的人脸识别方法有较好的识别效果,特别是当训练样本在5幅以上时正确识别率较高,可达到了95%以上。也说明了FastICA算法对特征提取相当有效。

(4) WT-ICA方法与2DPCA方法相比,在正确识别率上有明显的提高,说明WT-ICA方法在人脸特征空间中能更好地表示人脸,有更好的分类性能。

4 总结与展望

人脸图像获取过程中存在许多不确定性,如光照的强度、光源方向、是否戴眼镜、是否化妆,以及不同的表情、姿态等,使得人脸识别过程必然受到各种外界因素的干扰。本文采用小波变换进行预处理,减少数据量和降低数据复杂度,减少表情和姿态的干扰,有效地提高了正确识别率。而特征提取环节能否很好地揭示原人脸样本中的本质信息,在很