

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: 200430018

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

# H.264/AVC 实时视频编码器的研究与实现

Research and Implement of Real-Time Video Encoder

Based on H.264/AVC

薛 财 锋

指导教师姓名: 陈辉煌 教授

石江宏 博士

专业名称: 无线电物理

论文提交日期: 2007 年 4 月

论文答辩时间: 2007 年 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2007 年 4 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在年解密后适用本授权书。

2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

## 摘要

H.264/AVC 是 ITU-T 和 ISO/IEC 联合推出的最新视频编码国际标准，它包含了很多先进的视频压缩编码方法，与以前的视频编码标准相比有了明显的进步。由于其良好的压缩效率和网络适应性，H.264/AVC 必将在视频电话、数字电视广播、移动流媒体、压缩视频存储等领域得到广泛的应用。然而，高编码压缩率是以很高的计算复杂度为代价的，因此，如何降低运算复杂度，提高编码速度是实现实时编码器的关键。

本文主要研究 H.264/AVC 实时视频编码器在 Pixelworks 公司提供的以 PWBSP-16 DSP 处理器为核心的 BabelFishII 开发平台上的实现与优化。通过了解当前视频处理领域最新发展动态，本文重点研究 H.264/AVC 基本档次的结构、特点及算法原理，并以 X264 开源工程为蓝本，在 PC 机上对 H.264/AVC 编码算法进行了测试分析，同时深入研究了视频编码中消耗时间最长的运动估计算法。

在目标平台的移植优化过程中，本文从 H.264/AVC 编码算法的复杂度分析入手，进行了大量的测试分析，并针对 PWBSP-16 DSP 处理器特殊的硬件资源，采取了如下一系列的优化策略：在指令级方面，采用 FIRtree 指令集对 SAD 计算、整型变换、量化等主要耗时模块进行优化；在系统级方面，采用模块并行最大化的思想，通过改进编码流程，启用 VLx、DMA 等协处理器等方法进行优化；在算法级方面，提出后续的优化思路。虽然这些优化策略是基于 PWBSP-16 平台考虑的，但考虑和解决问题的思想同样适用于其它平台的优化。

实验结果表明，本文中采用的优化策略大大提高了 H.264/AVC 视频编码器的实时性能，充分发挥了 PWBSP-16 DSP 处理器的强大性能，最终对于 CIF 格式视频序列的编码速度可达到 38fps 左右，基本上实现了 H.264/AVC 基本档次的实时编码。

**关键词：**H.264/AVC；PWBSP-16；优化

## **Abstract**

H.264/AVC is the latest international video coding standard. It is developed by a Joint Video Team (JVT) consisting of experts from ITU-T's Video Coding Experts Group (VCEG) and ISO/IEC's Moving Picture Experts Group (MPEG). There are many advanced encoding methods given by H.264/AVC. Due to the advanced compression performance and the "network-friendly" nature, H.264/AVC will be adopted over a broad variety of applications such as video telephone, broadcast, mobile streaming, and storage, etc. However, the cost of high compress rate is higher computation. Therefore, reducing computational complexity and improving coding efficiency became very important for real-time video encoder design.

This paper mainly studies on the realization of H.264/AVC real-time video encoder on the BabelFishII platform with the core of PWBSP-16 DSP offered by Pixelworks. Through the latest development of video compression, this paper primarily focuses on the structure, character and algorithms principle of H.264/AVC baseline profile. With X264 open source project as the original version, the H.264/AVC video compression coding algorithm is test on PC, primarily research on the longest time-consuming motion estimation in video compression.

During the migrating and optimizing process of targeted platform, this paper starts with the analysis on complexity of H.264/AVC algorithms, carries on plenty of tests, uses a series of optimizing methods aiming at the special hardware resources of PWBSP-16 platform: optimizing modules including SAD Calculate, Integer Transform and Quantization in the instruction level by using FIRtree instruction set; optimizing it by improving coding process and enabling co-processor such as VLx、DMA in system level by the thinking of modules parallelism maximizing; putting forward the future optimizing mind in the level of algorithms. Although these optimizing methods are

based on PWBSP-16 platform, the thinking way is also suitable for other platform optimization.

The results of experiments show that optimizing methods concerning in this paper highly advance the real-time capability of H.264/AVC video encoder, presents the powerful capability of PWBSP-16 DSP. Finally, the real-time video compression coding of H.264/AVC baseline profile is mostly realized, whose coding rate of CIF format sequences could reach around 38fps.

**Key Words:** H.264/AVC; PWBSP-16; Optimization

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 视频编码基础.....	1
1.2 视频编码标准的研究现状 .....	2
1.3 视频编码标准的应用现状 .....	4
1.4 本文研究的背景、意义及主要内容 .....	5
1.5 本章小结.....	6
<b>第 2 章 H.264/AVC 视频编码标准</b> .....	<b>7</b>
2.1 H.264/AVC 视频编码的结构 .....	7
2.2 H.264/AVC 的关键模块介绍 .....	8
2.2.1 帧内预测 .....	8
2.2.2 帧间预测 .....	9
2.2.3 整型变换 .....	10
2.2.4 去块效应滤波器 .....	11
2.3 H.264/AVC 标准的性能及应用 .....	13
2.3.1 H.264/AVC 标准的性能 .....	13
2.3.2 H.264/AVC 标准的应用 .....	13
2.4 本章小结.....	15
<b>第 3 章 基于 PWBSP-16 的 BabelFishII 开发平台</b> .....	<b>16</b>
3.1 PWBSP-16 视频处理器 .....	16
3.1.1 PWBSP-16 的体系结构.....	16
3.1.2 PWBSP-16 的内核.....	17
3.1.3 VLx 协处理器 .....	18
3.1.4 视频滤波 VF 协处理器和显示刷新控制器 DRC .....	21
3.1.5 数据总线 DTS 和 DMA 控制器 .....	21
3.2 BabelFishII 机顶盒评估板简介 .....	23
3.2.1 BabelFishII 的主要特性 .....	23
3.2.2 BabelFishII 的硬件组成结构及工作原理 .....	24
3.3 IMMEDIATOOLS SDK V7.0 开发工具集 .....	25
3.3.1 VLIW Core 编译器 .....	26
3.3.2 VLx 编译器 .....	27
3.3.3 FIRtree 媒体扩展 C 语言 .....	27
3.3.4 IMMEDIATOOLS SDK 的架构体系 .....	27

3.4 H.264/AVC视频编码器的开发模式 .....	28
3.4.1 硬件开发平台的搭建 .....	29
3.4.2 软件开发平台的搭建 .....	30
3.5 本章小结 .....	31
<b>第4章 H.264/AVC编码器的DSP移植 .....</b>	<b>32</b>
4.1 开源工程的选择 .....	32
4.2 运动估计算法的研究 .....	33
4.2.1 块匹配准则 .....	33
4.2.2 搜索算法分析 .....	34
4.2.3 性能分析 .....	41
4.3 DSP平台的移植 .....	42
4.4 复杂度分析 .....	43
4.5 本章小结 .....	45
<b>第5章 H.264/AVC编码器的优化实现 .....</b>	<b>46</b>
5.1 指令级优化 .....	46
5.1.1 常用FIRtree指令 .....	47
5.1.2 SAD计算 .....	51
5.1.3 整型变换 .....	53
5.1.4 量化 .....	55
5.1.5 指令集优化结果 .....	56
5.2 系统级优化 .....	57
5.2.1 编码流程的改进 .....	59
5.2.2 VLx协处理器 .....	61
5.2.3 DMA控制器 .....	64
5.2.4 其它 .....	65
5.3 算法级优化 .....	66
5.4 优化结果分析 .....	67
5.5 本章小结 .....	70
<b>第6章 总结与展望 .....</b>	<b>71</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>73</b>
<b>致    谢 .....</b>	<b>76</b>
<b>攻读硕士学位期间发表的论文及所做工作 .....</b>	<b>77</b>



## Contents

<b>Chapter1 Preface</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Foundation of Video Coding</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Research Status of Video Coding Standard</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Application Status of Video Coding Standard</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Research Background Purpose and Main Contents</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5 Summary of the Chapter</b> .....	<b>6</b>
<b>Chapter2 H.264/AVC Video Coding Standard</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Structure of H.264/AVC Encoder</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Introduction of H.264/AVC Key Modules</b> .....	<b>8</b>
2.2.1 Intra-frame Prediction .....	8
2.2.2 Inter-frame Prediction.....	9
2.2.3 Integer Transform .....	10
2.2.4 Deblocking Filter.....	11
<b>2.3 Applications and Performance of H.264/AVC</b> .....	<b>13</b>
2.3.1 Performance of H.264/AVC .....	13
2.3.2 Applications of H.264/AVC.....	13
<b>2.4 Summary of the Chapter</b> .....	<b>15</b>
<b>Chapter3 BabelFishII Development Platform Based on PWBSP-16...</b>	<b>16</b>
<b>3.1 PWBSP-16 Processor</b> .....	<b>16</b>
3.1.1 Structure of PWBSP-16.....	16
3.1.2 VLIW Core of PWBSP-16 .....	17
3.1.3 Vlx Co-processor .....	18
3.1.4 Video Filter and Display Refresh Controller.....	21
3.1.5 Data Transfer Switch and DataStreamer DMA Controller .....	21
<b>3.2 BabelFishII Development Platform</b> .....	<b>23</b>
3.2.1 Feature of BabelFishII .....	23
3.2.2 Structure and Principle of BabelFishII .....	24
<b>3.3 IMMEDIATOOLS Development Kits V7.0</b> .....	<b>25</b>
3.3.1 VLIW Core Compiler .....	26
3.3.2 VLx Compiler.....	27
3.3.3 FIRtree Media Intrinsic C Extensions .....	27
3.3.4 Structure of IMMEDIATOOLS SDK.....	27

<b>3.4 Development Mode of H.264/AVC Codec .....</b>	<b>28</b>
3.4.1 Construction of Hardware Development Platform .....	29
3.4.2 Construction of Software Development Platform .....	30
<b>3.5 Summary of the Chapter .....</b>	<b>31</b>
<b>Chapter4 Migration of H.264/AVC Codec Based On DSP .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Choice of Open Source H.264 Codecs .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Research of Motion Estimation Algorithm .....</b>	<b>33</b>
4.2.1 Rule of Block Matching .....	33
4.2.2 Analyse of Motion Estimation Algorithm .....	34
4.2.3 Analyse of Performance .....	41
<b>4.3 Migration Based On DSP .....</b>	<b>42</b>
<b>4.4 Analyse of Complexity .....</b>	<b>43</b>
<b>4.5 Summary of the Chapter .....</b>	<b>45</b>
<b>Chapter5 Optimization of H.264/AVC Codec .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1 Intruction-level Optimization .....</b>	<b>46</b>
5.1.1 FIRtree Intruction Set .....	47
5.1.2 SAD Calculate .....	51
5.1.3 Integer Transform .....	53
5.1.4 Quantization .....	55
5.1.5 Result of Optimization Based on Intruction Set .....	56
<b>5.2 System-level Optimization.....</b>	<b>57</b>
5.2.1 Improvement of Coding Flow .....	59
5.2.2 VLx Co-processor.....	61
5.2.3 DMA Controller.....	64
5.2.4 Others .....	65
<b>5.3 Algorithm-level Optimization .....</b>	<b>66</b>
<b>5.4 Result of Optimization.....</b>	<b>67</b>
<b>5.5 Summary of the Chapter .....</b>	<b>70</b>
<b>Chapter6 Conclusion and Prospect .....</b>	<b>71</b>
<b>Reference .....</b>	<b>73</b>
<b>Acknowledgement .....</b>	<b>76</b>
<b>Published Paper and Research during Pursuing Master Degree .....</b>	<b>77</b>

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 第1章 绪论

近年来,多媒体技术随着人类进入信息时代而得到迅猛发展,其中与数字视频相关的应用场景也不断拓宽,如视频会议、Internet流媒体、移动流媒体、远程监控、数字视频点播等。据统计人类接受的信息大约70%来自视觉,因此视频信息具有直观、形象、准确、高效和应用广泛等特点。然而,未经压缩的原始视频数据,其数据量之大对于当前有限的传输带宽或存储空间都是难以承受的。例如:对于CCIR-601格式的视频材料,当帧率为25fps,每采样点8比特量化,色差格式为4:2:2时,每秒数据量为165.9Mbits。若直接在容量为4.7GB的DVD光盘中保存,则只能保存不到4分钟的内容。对于高清晰度数字电视(ITU-R 709)每秒数据量更高达884.7Mbits,而地面广播系统的传输带宽仅有6M到8M<sup>[1]</sup>。因此无论是存储还是传输,数字视频都必须经过极大的压缩才能具有实际意义,这就使得视频压缩技术成为多媒体技术的关键所在。

在过去几十年的时间里,国际上已经成功地制定了面向各种应用的视频编码标准<sup>[2]</sup>,主要包括用于VCD存储的MPEG-1标准;用于数字视频光盘(DVD)和数字电视广播(DVB)的MPEG-2标准;用于视频会议的H.261/H.263标准;以及允许对任意形状的对象进行编码的MPEG-4标准;尤其是最新发布的H.264/AVC视频编码标准,与以往任何编码标准相比,其压缩效率都至少提高了一倍以上,这已得到各研究机构和多媒体工业界的高度重视,并将引发多媒体产业中一场新的变革,因此对新的视频标准在不同条件下的实现研究,具有十分重要的理论与现实意义。

### 1.1 视频编码基础

视频编码的目的是实现对视频的压缩。根据香农信息论的观点,数据的信息由其信息熵来表征,其余信息均为冗余。而视频数据中同样存在大量冗余,如空间冗余、时间冗余、结构冗余、知识冗余、视觉冗余及纹理的统计冗余等<sup>[3-5]</sup>,视频编码技术正是将这些冗余去除以达到压缩数据量的目的。根据冗余的不同,人们提出了多种视频编码方法,经典的有三大类:预测编码、变换编码和统计编码<sup>[6]</sup>。

## 1、预测编码

预测编码是根据图像在时域中存在的相关性来消除时域冗余的编码方法，它对原始图像数据进行估计之后得到原始数据的预测值，然后将原始数据与其预测值作差得到残差，通过仅对残差的编码来达到减小数据量的效果。预测编码有线性预测和非线性预测两种方法。

## 2、变换编码

变换编码是利用数学变换来消除图像的空间冗余。它将图像的时域信号通过一个正交变换映射到变换域。正交变换是影响编码效率的关键。当前常见的正交变换有：K-L 变换、离散余弦变换（DCT）、小波变换、哈尔变换和整数变换。

## 3、统计编码

统计编码是根据信息码字出现概率的特征进行压缩编码。根据信息论的原理，数据压缩的极限是信息熵。在保证码字的信息熵的基础上尽可能压缩码字的长度就是统计编码，统计编码是一种无失真编码。当前统计编码的方法有：游程编码、可变长编码和算术编码。

上述三种编码的组合构成了当前绝大多数视频编码标准的基础。无论是 MPEG 还是 H.26X 系列编码标准都采用了预测估计、DCT 变换和熵编码于一体的混和编码方法。上述三种编码技术在 Torres 和 Kunt<sup>[7]</sup> 等人的著作中，被称为第一代编码技术。第一代编码技术还包括：脉冲编码调制<sup>[8-10]</sup>、矢量量化<sup>[8-11]</sup>以及子带和小波编码<sup>[8-10,12]</sup>。而第二代编码方法进一步考虑了视频数据中的知识、视觉和结构冗余，通过减少这些冗余提高更高的压缩比。它建立在图像分析和合成、计算机图形学、计算机视觉以及人工智能的基础上，包括了基于分割的编码方法，基于模型的编码方法和分形编码等。

## 1.2 视频编码标准的研究现状

国际上有两个负责音视频编码的标准化组织，一个是 MPEG（Motion Picture Expert Group），为国际标准化组织(International Standardization Organization, ISO)下的运动图像专家组。另一个是 VCEG（Video Code Expert Group），为国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)下的视频编码专家组。多媒体技

术的飞速发展,正是归功于ITU和ISO推出的一系列针对不同应用领域的数字视频编码标准。其中国际电信联盟ITU的H.26x系列,主要应用于实时视频通信领域,如视频会议和可视电话等;而国际标准化组织ISO的MPEG系列,主要应用于视频存储(如VCD和DVD等)、广播电视及因特网或无线网上的流媒体等<sup>[2]</sup>。

经过几十年的发展,MPEG2,H.263,MPEG4已成为目前主流的视频压缩编码技术,而新兴的编解码标准H.264/AVC、AVS及VC-1代表着第三代视频编码技术,必将是未来发展的主流方向。

### 1、H.264/AVC

H.264/AVC<sup>[13]</sup>是MPEG联合VCEG成立的联合视频组(JVT)制定的最新一代的视频编码标准,其主要目的是提高压缩效率,并且为实时应用(视频电话)和非实时类应用(存储、广播或者流媒体)提供一个优良的视频压缩编码通用工具。H.264/AVC仍基于经典混合编码算法的基本结构,在变换编码,熵编码和运动估计等方面采用了一系列先进技术,是视频编码技术和图像工程的最新研究成果,其性能超越了以往所有的视频编码标准,具有光明的应用前景,下一章将进行详细介绍。

### 2、AVS

为了适应国内多媒体产业发展的要求,中国于2002年6月份成立了AVS工作组,专门负责为国内工业界制定自己的视音频编解码标准。至今AVS工作组已成功地制定了第一阶段面向高清数字电视广播、高密度光存储媒体的视频编码标准,通常称为AVS 1.0;及面向新一代移动通信的视频编码标准,称为AVS-M,可应用于交互存储媒体、宽带视频业务及多媒体邮件等多个领域<sup>[14]</sup>。AVS的性能较MPEG-2大为提高,且复杂度较H.264低,但其编码效率不及H.264。

### 3、VC-1

Windows Media是提供网上音乐与视频预订服务与视频流的主要格式<sup>[14]</sup>。微软公司于2002年推出了Windows Media Video 9系列编解码器,实现了视频压缩效率的显著提高。WMV9另外还作为VC-1(Video Codec 1)在美国的电影电视工程师协会(Society of Motion Picture and Television Engineers, SMPTE)中实现了标准化。VC-1在性能方面与MPEG-2和MPEG-4简单类相比有显著提高,在高分辨

率影片上表现出色，但在低码率下，压缩效果不及H.264。

### 1.3 视频编码标准的应用现状

时至今日，最新视频编码技术已逐步应用于人们的日常所熟知的视讯产品中。如在上海进行的IPTV试点就采用了H.264 标准，而大连则采用AVS标准；龙晶微电子、宏景微电子及芯晟微电子均提供了AVS解决方案；对于高清晰度电视应用领域，BCM7411（Broadcom公司）、CX2418X（Conexant公司）、SMP8630（SignalDesigns公司）等解码芯片，均支持H.264 解码；华为海思半导体公司推出的Hi3510 则支持H.264 编解码；VC-1 在好莱坞和独立制片业正日益受宠，多部电影的发行开始采用VC-1 进行编码，以实现PC DVD上的高清晰播放<sup>[14]</sup>。

随着 CMOS 技术的进步与发展，DSP 技术突飞猛进，专用 DSP 媒体处理器（Media Processor）成为了视频处理的主流处理器，此类方案具有良好的适应性和可扩展性，便于代码的移植和系统的升级。飞利浦、ADI、TI 等半导体供应商都十分看好媒体处理器市场，并推出了具有竞争力的产品。目前主流的专用 DSP 芯片主要有 Philips 公司的 Trimedia 系列，TI 公司的 DM6x 系列，ADI 公司的 Blackfin 系列，Pixelworks 公司（原为 Equator 公司，现已被 Pixelworks 公司收购）的 BSP-15, PWBSP-16 系列等。它们集成了丰富的多媒体信号接口，针对多媒体信号的特点优化了处理器结构，甚至内嵌了特殊协处理器用于进行专门操作，以缓解通用处理器的压力。

将视频编码算法在专用DSP平台上实时实现是目前多媒体信号处理及图像通信研究领域的一个热点问题，对于获得一种低成本、便携、高效的多媒体通信终端平台具有重要的意义，并有很好的市场应用潜力。国内许多高校及研究机构均在此方面做了大量研究，如浙江大学的陈光华等人在BSP-15 平台上实现了AVS全I帧编码器<sup>[15]</sup>，编码效率为 15fps/cif；华侨大学的李杰等人在TMS320C6416 平台上实现了H.264 解码器<sup>[16]</sup>，解码效率为 26fps/qcif。可见，新标准带来高效编码的同时也增加了计算复杂度，这不仅对DSP平台的性能提出了很高的要求，也大大增加了实时实现的难度。

## 1.4 本文研究的背景、意义及主要内容

本文的实际应用背景是 3GPP 移动流媒体监控系统，由于此系统是基于无线网络的应用，在传输带宽及抗误码上有较高要求，因此本文选择 H.264/AVC 标准作为算法研究对象，并借助于 Pixelworks 公司生产的 PWBSP-16 DSP 芯片的强大并行处理能力和信号处理功能，来实现低码率下高效压缩及实时编码的目标。本文在全面了解 H.264/AVC 标准的基础上，重点研究 H.264/AVC 基本档次的结构、特点及算法原理，并在 PC 机上对 H.264/AVC 编码算法进行了测试，对视频编码中消耗时间最长的运动估计算法进行了重点研究，进而根据 PWBSP-16 DSP 的结构特点对 H.264/AVC 算法进行移植优化，以降低算法复杂度，完成实时 H.264 编码器的设计。

本文的研究意义在于掌握了 H.264/AVC 不同于其他视频标准的独到之处，而且本文中所采用的移植优化方法可适用于其它专用 DSP 平台上，特别对于 H.264/AVC 算法的实时实现有很好的借鉴作用。

根据研究工作的内容，论文全文共分六个章节，具体如下：

第 1 章，绪论，简要阐述了视频编码基础理论、视频编码标准的研究与应用现状以及本文的研究背景、意义与主要内容。

第 2 章，H.264/AVC 视频编码标准，对 H.264/AVC 标准的结构、关键模块及其性能与应用作了简单介绍。

第 3 章，基于 PWBSP-16 的 BabelFishII 开发平台，简要介绍本文采用的开发平台的软硬件资源及开发模式。

第 4 章，H.264/AVC 编码器的 DSP 移植，详细介绍本文在编码器的 DSP 移植、运动估计算法研究等方面的工作，并进行复杂度分析，为优化工作提供参考数据。

第 5 章，H.264/AVC 编码器的优化实现，详细介绍本文的优化实现方法，主要从指令级、系统级和算法级三方面进行阐述，并给出优化结果。

第 6 章，总结与展望，总结主要工作及本文的研究成果，并提出进一步的研究工作。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库