

# 中山大学硕士学位论文

## 基于 Android 平台的智能手机相册 的设计与实现

### Design and Implementation of Android-based Intelligent Mobile Album

专    业：     软件工程    

学位申请人：     王华旭    

导师姓名：     朝红阳（教授）    

答辩委员会主席：     林小拉    

成员：     曾    坤    

    周晓聪    

    卢    伟    

二〇一四 年 五 月

## 论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期：        年        月        日

## 学位论文使用授权声明

本人完全了解中山大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留学位论文并向国家主管部门或其指定机构送交论文的电子版和纸质版，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、院系资料室被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，可以采用复印、缩印或其他方法保存学位论文。保密的学位论文在解密后使用本规定。

学位论文作者签名：

导师签名：

日期：        年        月        日

日期：        年        月        日

论文题目：基于Android平台的智能手机相册的设计与实现

专业： 软件工程

硕士生： 王华旭

指导教师： 朝红阳

## 摘 要

本论文主要来源于广州多玩信息技术有限公司的商业开发项目：智能手机相册。本文在 web 网络相册“云图”的基础上，利用企业已有的核心技术和架构，结合了 Android 开发、人脸检测与分类、图像分类等技术，为此项目提出了解决方案。同时，设计和实现了一个基于 Android 的智能手机相册系统。该系统为 Android 移动用户提供记录婴儿成长、一键整理生活旅游相册、网络同步备份和将照片分享到社交网络的服务，是一款拥有婴儿人脸检测、按地理信息分类、云端存储和快速分享等功能为一体的综合性 Android 手机照片管理应用软件。

本文的主要工作有以下几个方面：一是重点利用人脸识别相关技术，通过从图像集中检测含有婴儿照片的方法，实现对用户手机相册中婴儿照片的自动提取功能，帮助家长为婴儿制作专属的成长相册。二是利用图像分类相关技术，实现对用户手机中含有 GPS 的图片自动提取和分类的功能，帮助用户组建生活旅游相册。三是对基于 Android 平台的智能手机相册进行设计和开发，为实现多功能智能手机相册设计了良好的结构框架和界面，实现了照片的网络备份、社交网站分享功能和快速清理重复、模糊和网络浏览残留照片等功能。

本文的主要贡献是改进了一些和项目相关的现有技术：主要有：一是提出了利用 AdaBoost 人脸检测、提取  $C_1$ -S 特征和 SVM 分类技术综合进行婴儿人脸检测的方法，实现了复杂图像集中婴儿照片的准确提取。二是提出了可放缩的网格式地理区域分配方法，该方法可以通过从照片中提取 GPS 地理信息，对生活 and 旅游中照片的照相地区进行照片集的自适应划分，使得邻近地点的照片被置于一个照片集，并使得各照片集中照片数量相对均匀。

目前，智能手机相册系统各模块的功能已经实现，并已经在安卓市场上线使用，可以通过 Android 客户端简单快速地使用系统提供的照片管理功能。对初始用户调研证实：该系统是有实用价值的 Android 应用。该系统的有效代码约一万三千行。

**关键词：** Android, 手机相册, AdaBoost,  $C_1$ -S 特征, SVM, 婴儿人脸检测, GPS, 照片分类

Title: Design and Implementation of Android-based Intelligent Mobile Album

Major: Software Engineering

Name: Wang Huaxu

Supervisor: Chao Hongyang

## **Abstract**

The research subject of this paper mainly came from the commercial project of NASDAQ:YY: Intelligent Mobile Album. That solution has been proposed for this project in this paper, using the core technology and architecture of the enterprise on the basis of the web album named Cloud Image, which combines techniques of Android development, face detection and classification, image classification. Meanwhile, it has been designed and implemented an Android-based intelligent mobile album in this paper. The system provides for Android mobile users with services such as recording baby growth, organizing photos by one key, online synchronization backup and sharing photos to social networks, which is an integrated application for managing Android mobile phone photos, which have a variety of capabilities, such as baby face detection, classification by geographical information, cloud storage and quick sharing.

The main work is in the following areas:

(1) That is designed and implemented the function of extracting baby photos automatically in user's mobile album, using face detection and classification technologies, by the method detecting the containing baby photos from the image set, which helps parents to make exclusive growth albums for their babies.

(2) That is implemented the function of automatically extracting and classifying users' photos containing GPS information, using image classification technologies, which helps users to set up live tour album.

(3) That is designed and implemented for Android-based Intelligent Mobile Album. And a good framework and interface has been designed to realize multi-functional smart phones album, which are realized of network photos backup, quick sharing photos to social networking set, quick cleaning up duplicate, fuzzy photos and web browsing.

The main contribution of this paper is to improve a number of existing technologies and related items:

(1) That is proposed the method using integratedly AdaBoost face detection,  $C_1$ -S feature extraction and SVM classification to realize baby face detection, which is realized of the accurate extraction of baby photos from complex image set.

(2) That method has been proposed in this paper is scaling and grid-type distribution of geographic areas, which can be used to divide the life and travel photographs self-adaptable by extracting the GPS geographic information from them, so that the photos which are taken nearby could be collected in one album, and each photo album set owns relatively average number of photos.

Currently, the function of each module of Intelligent Mobile Album system has been implemented, and the system can be downloaded on line in the Android Market. Everyone can quickly and easily use the system for managing photos with multifunction on the Android client. An initial user study confirms that the developed Android application is very useful in practice. Effective code of the system is about 13,000 lines.

**Key words:** Android, Mobile Album, AdaBoost,  $C_1$ -S Feature, Baby Face Recognition, GPS, Photo Classify

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
1.1 基于 ANDROID 智能手机相册研究的背景和意义 .....	1
1.1.1 Android 手机相册应用开发的相关背景 .....	1
1.1.2 项目的研究意义 .....	2
1.2 国内外研究现状 .....	5
1.2.1 手机相册照片分类方式 .....	5
1.2.2 婴儿专属相册 .....	7
1.2.3 地理信息分类相册 .....	8
1.3 论文的主要工作和贡献 .....	9
1.4 论文结构简介 .....	10
第二章 智能手机相册相关技术和理论 .....	12
2.1 婴儿人脸检测方法 .....	12
2.2 基于 HARR 特征的 ADABOOST 人脸检测方法 .....	15
2.3 基于 BIO-INSPIRE MODEL 的人脸特征提取 .....	17
2.3.1 基于 ASM 的人脸特征提取 .....	18
2.3.2 人脸归一化 .....	19
2.3.3 提取 $C_1-S$ 特征 .....	20
2.4 SVM 分类器 .....	22
2.5 可放缩的网格格式地理区域分配方法 .....	24
2.6 SSH 框架 .....	26
2.7 本章小结 .....	28
第三章 智能手机相册系统需求分析 .....	29
3.1 系统需求分析概述 .....	29
3.2 系统功能需求分析 .....	31
3.3 系统技术需求分析 .....	31
3.4 用例分析 .....	33
3.4.1 管理婴儿专属相册 .....	35
3.4.2 管理生活旅游相册 .....	36
3.5 领域模型分析 .....	37
3.6 本章小结 .....	37
第四章 智能手机相册系统概要设计 .....	38
4.1 相册系统架构设计 .....	38

4.1.1	服务器架构设计 .....	38
4.1.2	客户端架构设计 .....	40
4.2	用例实现 .....	41
4.2.1	管理婴儿相册 .....	41
4.2.2	管理生活旅游相册 .....	42
4.3	系统静态结构设计 .....	43
4.3.1	服务器端静态结构设计 .....	43
4.3.2	Android 手机端静态结构设计 .....	45
4.4	数据库设计 .....	48
4.4.1	数据库 ER 图 .....	48
4.4.2	数据库概念模型图 .....	48
4.4.3	数据库字典 .....	49
4.5	本章小结 .....	51
<b>第五章</b>	<b>智能手机相册系统详细设计 .....</b>	<b>52</b>
5.1	智能手机相册系统的 JNI 调用 .....	52
5.2	自动检测婴儿图像功能设计 .....	53
5.2.1	人脸检测 .....	53
5.2.2	特征提取 .....	54
5.2.3	人脸分类 .....	55
5.3	地理位置分类模块详细设计 .....	56
5.4	本章小结 .....	58
<b>第六章</b>	<b>基于 ANDROID 的智能手机相册实现和应用部署 .....</b>	<b>59</b>
6.1	开发工具和运行环境 .....	59
6.2	智能手机相册系统实现与应用 .....	59
6.3	系统测试 .....	62
6.3.1	系统功能测试 .....	62
6.3.2	系统性能测试 .....	64
6.4	本章小结 .....	66
<b>第七章</b>	<b>总结和展望 .....</b>	<b>67</b>
7.1	总结 .....	67
7.2	展望 .....	68
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>70</b>
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>74</b>
<b>致谢</b>	<b>.....</b>	<b>80</b>

# 第一章 绪论

## 1.1 基于 Android 智能手机相册研究的背景和意义

### 1.1.1 Android 手机相册应用开发的相关背景

本论文主要来源于广州多玩信息技术有限公司的商业开发项目：智能手机相册应用。本文为该项目提出了具体方案和实现方法。

随着智能手机的迅猛发展和普及，基于移动终端的各种应用开发硕果累累。早在 2012 年，应用商店分析公司 Distimo 公司的报告指出<sup>[1]</sup>，Android Market 软件数量已经突破 40 万。国内，据艾媒咨询(iiMedia Research)最近一次公开发布的《2012Q3 中国移动应用市场季度监测报告》显示，2012Q3 中国 Android 移动应用下载类型分布方面，影像图像类以 12.2% 的占比排名第四。这也表明，影音图像类软件的应用开发是 Android 开发中一项重要的领域。

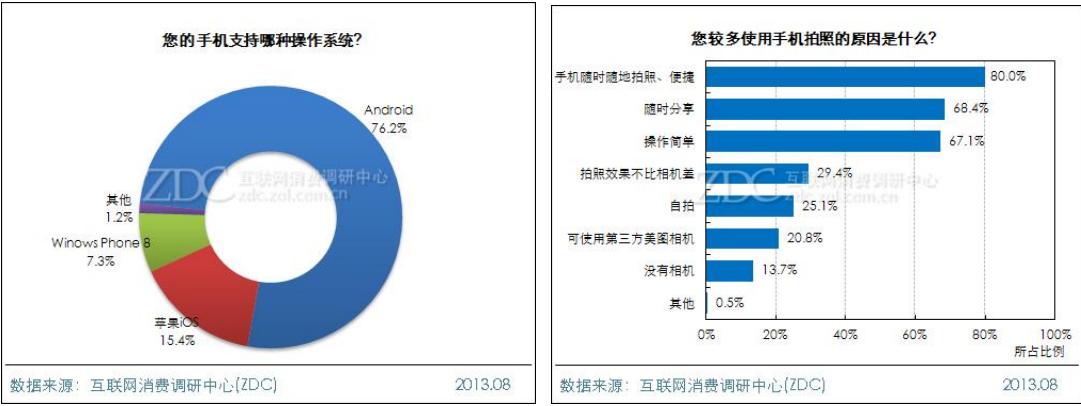
目前已在网络上的图像和照片在过去十年的爆发式增长。2012 年，腾讯宣称在八月 QQ 空间托管超过 1500 亿照片；微软在十月表示，其云存储的 SkyDrive 有 110 亿照片；在 Facebook 的月还宣布，他们超过了 2200 亿照片，并且以每天 300 万张照片的速度增加<sup>[2]</sup>。

Android 应用和网络图像整体数量的提升，也带来影像图像类软件市场规模的庞大。2013 上半年中国手机应用开发者在发行渠道的选择上面，通过手机应用商店发行依然是主流，占比高达 87.2%。目前，我国比较流行的 Android 应用发布和下载平台有安卓市场、安智、百度应用、豌豆荚、应用宝等。仅以百度应用为例，从网站统计数据结果来看，手机相册类软件已经超过 350 种，累计下载量近 11,000 万次。

Android 平台手机相册应用开发前景广阔。从 2000 年 9 月底，夏普日本移动运营商 J-PHONE 发布了第一款内置摄像头手机 J-SH04 以来，手机照相逐渐进入人们视野。时至今日，每台 Android 设备基本都具有照相和图片管理功能。人们渐渐把照相和浏览照片作为智能手机的基本功能。ZDC 推出《2013 年中国 IT 网民手机拍照行为调查报告》，调查指出中国 IT 网民 Android 系统用户占比超七成，日常生活中使用手机拍



照的网民超过九成，而较多使用手机拍照的主要原因是基于手机拍照的便捷性、及时分享性和操作简单性。如何提供较好地手机照片管理服务也成为 Android 服务商的一项重要课题。



(a) (b)  
图 1-1 ZDC 中国 2013 年手机应用调查数据图

应用智能手机拍照来记录生活的点滴已经成为网络上生活照片的主要来源，手机照片有效管理可以给用户以良好的应用体验。随着移动应用技术的飞速发展，一些以图像分类和云端存储等技术的智能相册软件相继出现，凭借其强大的功能和优质的服务，为广大智能手机用户提供了良好的照片管理服务。而照片管理服务的一项重要内容是对照片进行合理分类。

手机相册对照片的分类方式呈现多样化。按照存储地址、拍照时间、查看频率、人物信息和地理信息对图片进行图片分类的方式是现在 Android 手机相册的主要照片分类方式。然而，目前的分类方式不能并不能满足用户的照片管理需求。比如，婴儿照片的智能化管理受到广大家长的关注，而现在的 Android 市场上没有提供自动生成儿童专属相册功能的应用。随着用户个性化和多样性需求的不断提升，如对按旅游地址分类照片、记录婴儿成长、云端备份照片、将照片分享到社交网络等，单一的照片管理功能已经不能满足用户需求。因此，开发一款多功能的智能手机相册显得十分必要。

1.1.2 项目的研究意义

随着市场需求和 Android 应用开发产业的发展，手机相册的功能趋于多元性。具有特定功能和为特定人群开发的专属手机相册陆续走进人们的视野。2012 年，盛大

集团将人脸识别技术应用到了手机相册开发上，推出了盛大智能相册，这款相册软件是全球 Android 市场上首款有人脸识别功能的移动端照片管理软件。尽管如今带有人脸识别功能的相机软件逐渐兴起，但是至今仍然少有实现根据人脸识别对图像进行分类功能的应用。目前，国内 Android 应用开放平台上具有人脸识别功能的移动端照片管理软件只有不超过 10 种，而其中下载量过万的仅有盛大智能相册一种。

图像集合不断增长，视觉信息日益重要，移动设备拍照日益兴起，越来越多的图像被保存在移动设备上。然而，用户通常避免注释的图像集合，例如关键词、描述<sup>[1]</sup>。常用工具显示图像，在同一时间只能显示数量有限的缩略图像，因此需要用户来回通过改变缩略图页面查看所有图片。显然，这是一个耗时的图像检索。尤其是在较大的图像相册是不切实际的方式。此外，手机相册中的图片显示顺序多数是基于属性的，如文件名等，往往不能反映实际的图像内容，因此不能用于快速搜索。

婴儿的成长生活倾注着父母乃至祖辈的心血，一些家长们愿意记录婴儿的成长照片，并将婴儿照片分享在网络上。目前，百度搜索中婴儿的照片达到近 1260 万张。但是 Android 市场上还没有一款具有从众多风景和人物照片中智能识别婴儿人脸功能并实时分享的手机相册，手机用户只能从相册中人工找出照片进行管理，并且这些照片混杂在其它相片之中，要集中找婴儿照片也不是一件容易的事情，不能很好体现婴儿的成长历程。因此开发一款具有婴儿人脸识别功能的自动提取婴儿照片进行管理的应用具有重要价值。

如果一款手机相册能智能整理出旅游照片，生成精美的旅游专辑，将给用户带来良好的应用体验。2012 年，盛大集团推出了盛大智能相册，是国内目前具有应用 GPS 地理位置管理照片功能的下载量最多的软件，它可以使用百度地图在地图页上标记图片，让用户可以全球通用。但是这款应用的照片是基于百度地图的，要想浏览图片，必须点击地图上特定的标记才能浏览到图片，由于旅游照片基本是在某小范围区域内不同地点来拍摄照片，该软件对于分散的照片不能很好的规划，给照片的可视化带来了巨大阻碍。因此，推出一款既能根据 GPS 信息分类管理图片，又能有较好可视化界面的软件具有重要意义。

移动互联网技术不断发展，使用云服务器作为移动网络应用服务器逐渐成为广大开发者的选择。相较于普通服务器，云服务器以较低的成本管理数据，具有更好的稳定性、独享带宽的支持、占地零空间和易于硬件升级的优点。国内外许多公司提供了

云服务器功能，如谷歌云计算平台、阿里云和百度云等等。云相册是基于云平台的一种新兴网络产品，其依托云平台，将手机处理器计算任务交由云服务器处理，既实现了安全存储的功能，又能有效利用云端的计算能力，处理一些手机端难以短时间完成的复杂运算。将手机相册系统的服务器布置在云端来提供照片的备份和管理是较好的选择。

根据中国互联网络信息中心（CNNIC）社交网站应用研究报告显示<sup>[3]</sup>，移动社交网站用户应用拍照并上传照片功能的占比达 52.7%，手机上传照片到社交网站的总体基数正在不断加大，手机相册的照片分享功能需求已得到广泛认可。同时，研究数据也指出发布个人 GPS 位置到网络上的网民已占 33.4%，曾经应用网络存储照片和打算将部分照片放到互联网备份的占到调查人数的 60% 以上。开发具有照片的安全存储、快速分享和照片 GPS 信息发布功能的手机相册具有较大的市场价值。

Android 平台上现有的手机图片管理软件，主要提供快速且清晰的缩略图预览，以及流畅的浏览体验，如现居百度手机应用下载排行前列的手机相册软件《快图浏览》等。但是，这类软件只是按照文件位置、文件名和创建时间等信息顺序把图片简单罗列起来供用户浏览。在手机图片日益增多的情况下，用户在成百上千的图片中要想找到某一具体图片仍然需要逐一浏览，在想查看、管理某一类内容的图片时更需要逐一人工筛选、选定或进行修改，在用户体验上大打折扣。

欢聚时代公司项目组经过市场调研，显示 41% 的调研对象认为自己可能会用到婴儿相册功能，67% 的调研对象认为开发具有婴儿专属相册功能的手机相册有必要；85% 的调研对象认为自己可能用到照片按地理分类功能，并希望开发具有按地理分类功能的手机相册；96% 的手机用户希望图片可以云端备份和实现照片分享。

结果表明：开发一款拥有婴儿人脸检测、按地理信息分类、云端存储和快速分享等功能为一体综合性手机照片管理应用软件是十分有必要的。

广州多玩信息技术有限公司，在此调研结果的基础上，为弥补市场空白、满足用户需求和公司开发的其他应用的推广提供平台，决定在已有的 web 相册“云图相册”基础上开发一款智能手机相册。

此外，对婴儿人脸检测方法和按地理信息进行图像分类方法的研究本身对图像分类领域也具有一定的学术价值。

## 1.2 国内外研究现状

随着手机相册用户个性化需求的提升,现有的手机相册照片分类功能不能完全满足用户个性化需求。经调查显示,一部分用户对婴儿照片的智能化管理有需求。对婴儿照片的自动检测和提取是实现婴儿照片智能管理的一项重要功能,可以帮助用户有效管理婴儿照片。但目前已有的相册没有实现该功能。同时,按地理信息进行对照片分类的功能也得到大部分用户的认可。尽管目前 Android 市场上已经有该类应用,但是其由于其分类方法的对大照片集可视化效果不够好,给用户浏览照片带来不便。另外,通过网络备份和分享照片被广大手机用户所应用,缺乏这类功能将大大降低用户体验。下文对手机相册分类方式、婴儿专属相册、目前已有手机相册按地理信息分类照片方法进行简单的介绍。

### 1.2.1 手机相册照片分类方式

智能手机相册针对照片管理具体问题的解决方案,其中最重要的关注焦点在于怎样合理的将照片进行分类。照片分类的目的是实现用户有效检索和良好的可视化浏览<sup>[4]</sup>,便于用户对照片的管理(如添加、删除和分享等)<sup>[5]</sup>。通过实践调查,目前 Android 市场上,手机相册对照片的分类方式主要有 6 种:分别是按照照片在手机中的存储地址分类、按照照片的时间分类、按照照片被查看的频率分类、按照人物进行分类、按照照片的地理信息分类。对国内 Android 市场主流手机相册分类方式进行调研结果如表 1-1 所示。

表 1-1 国内 Android 市场主流手机相册分类方式

应用名称	存储地址	照片时间	查看频率	人物信息	地理信息	手动分类
快图浏览	√	√				
百度相册	√	√				
网易云相册	√		√			
图库	√	√				
索爱相册	√	√				
天天相册		√				
相册管家						√
盛大智能相册	√	√		√	√	

下面对各类分类方式的优点与缺点进行阐述：

1、按照片在手机中的存储地址分类：这种分类是绝大部分手机相册具有的功能，其优点在于实现方法简单、易于实现手动管理，但是由于拍照照片往往仅仅存储在一个文件夹内，仅仅能和部分网络下载的照片实现分离，实质上并没有实现照片自动分类服务。

2、按照片时间分类：这种分类为大多数手机相册软件所采用，这些应用普遍受到欢迎，如百度手机相册和快图浏览在国内各个 Android 应用下载平台的手机相册类下载排行榜上都位居前 5 名。该方法较好利用人对自己拍照时间的大概估计，实现用户对照片的快速检索。

3、按照片被查看频率分类：这类相册相对比较少，在国内外包括 Android Market、百度应用、豌豆荚等各个安卓应用平台上使用类似分类方法的手机相册类软件极少数下载排名前 30 名的应用中被发现，仅有如 Cloud Photo 等少数网络相册应用了该方法。网易云相册等仅对不常用的相册文件夹分类，实际上只是按存储地址分类的方式，加上了不常用的标识。该方法的实用性较差，对该分类方式相册用户评价很低。

4、按照片中人物信息分类：这种分类方式主要应用于新兴的智能型手机相册，该方法或者将照片分为含有人脸的和不含人脸的二类照片集，或者将照片分为各个不同人脸的多类照片集。随着人脸识别技术逐渐走入 Android 开发领域，一些相册采用了按照人物特征进行图像分类的方式，如由 Tamas++ 开发 Rage Face Photo 和盛大集团开发的盛大智能相册等。该方法的优点是可实现对照片内容的分类，便于用户有针对性的浏览照片。其缺点在于一是按人物信息分类会存在不可避免的技术误差，二是对较大图像集分类需要进行大量计算，而这可能对手机性能要求较高。

5、按照片的地理信息分类：主要是指通过具有 GPS 功能的拍照设备（如智能手机）拍照时自动在照片中保存的 GPS 地理信息来确定照片的拍摄地点，进而将不同范围区域内的照片整理到不同的照片集中，实现对照片分类。基于一般用户喜欢对新环境、新事物进行拍照的事实，该方法较好利用人对照片检索的需要，实现照片快速检索。其缺点在于一是依靠照片的 GPS 信息，对无 GPS 信息的照片不能实现分类；二是单一地点的照片过多或过少，使得照片分类可能出现照片积聚和照片零散等问题。

6、按照片内容场景分类：一些研究人员将基于场景的图像分类技术应用于手机相册，对照片内所表现场景进行分类，但是至今在 **Android Market** 手机相册类软件下载排名前 100 名中还没有相关应用。通过对相关文献的了解，目前该类研究 **Nguyen**<sup>[6]</sup> 等提出基于视觉的相似性来分类图片，**L Cao** 等<sup>[7]</sup> 也提出了结合 **GPS** 地理信息和场景分类技术基于上下文的方式对手机照片集进行分类和标定，并取得了较好的分类效果，但他们也同时指出，这种分类方式需要消耗大量计算力，手机端处理要花费大量的资源和时间，对于较大的照片集，消耗的时间往往是一般用户不能容忍的。另外，分类的合理性、实用性与准确性同样是制约该类分类方式实际应用的问题。

7、手动分类：该方法要求用户逐一为图像进行类别标注。其优点在于人工标注更能较为准确地体现用户的分类需要，缺点在于分类标注消耗大量的人力，尤其对较大照片集，这种标注对一般用户是极为消耗时间的，会给用户带来较差的体验。该方法可以作为人物信息、内容场景等其他分类方式的补充，提高照片分类的准确性。

以存储地址、照片时间等分类方式的相册已经在 **Android** 应用中占有较大的用户使用份额，这方面应用的开发没有特殊的优越性很难获得新用户。更重要的是，这类方法不能很好体现照片的内容，不能满足用户的个性化需求。而随着人们对智能化相册的关注，按人物信息、地理信息分类方式的手机相册更具有应用前景。尤其的，按照是否含有婴儿对照片进行分类，对家长用户有较高的需求。

### 1.2.2 婴儿专属相册

随着用户对手机相册服务的个性化需求不断提高，对于婴儿专属相册的自动组建功能受到一些养育婴儿的家长所需要。目前，**Android** 市场上没有专门提供婴儿专属相册服务的应用。家长要想在手机上整理婴儿照片，只能通过有手动分类功能的相册，进行人工分类。

实现自动检测婴儿照片功能的主要方式是通过检测照片中是否含有婴儿人脸，并对含有婴儿人脸照片组成照片集。组建婴儿照片集本质上是按照人物特征进行照片分类的一种具体方式。其关键问题是实现婴儿人脸的检测，其主要关注的是婴儿人脸检测的准确度、鲁棒性以及计算速度问题。制约婴儿专属手机相册实现的主要问题是如何准确检测婴儿人脸和如何在智能手机环境下实现该检测技术。

人脸检测相关技术的发展以及手机上网的便利性，给手机相册按人物分类管理方

式提供较大的发展空间。在内容复杂、种类繁多的照片中检测到含有人物照片或者具体某类人、某个人的照片，可以使用户更方便的管理个人相册。然而过去的很长时间，由于人脸检测复杂运算受到手机性能限制，也因为网络传输速度和成本不易将手机照片全部上传到应用服务器进行人脸检测和识别处理，使得按人物信息分类照片的方式在手机相册中应用受到限制。近几年，随着 WIFI、4G 等低成本、高速度的手机上网方式的推出，使得大运算量的人脸检测、识别和分类问题可以以较低成本通过网络服务器来实现。

婴儿人脸检测从技术层面应用到人脸检测技术和按人脸年龄特征分类技术。对于人脸检测的技术已经日趋成熟，基于年龄对人脸照片进行分类的技术已经得到一部分研究人员的注意，但是对于婴儿人脸的检测问题还没有得到广泛关注<sup>[8]</sup>。Wang 等<sup>[37]</sup>在工作中应用了生物启发特征在 FG-NET 人脸数据库中进行按 0-6 岁以及 6 岁以上的人脸二元分类的实验，取得了较好的分类效果。然而，由于受到姿态、光照和复杂背景等影响，该方法在实际手机照片中检测效果较差，需要提出一种有效的方案来实现复杂图像集中婴儿人脸的检测。

### 1.2.3 地理信息分类相册

GPS 功能在手机照相中的广泛应用，使得实现按地理位置分类手机照片成为可能。近年来，手机照片的蓬勃发展已经计算机视觉和多媒体研究团体提出了巨大的挑战：系统怎样自动产生令人满意的照片组织结构和图片注释。移动应用能够提供个人电脑上无法实现的功能，如地理位置类的功能，用户可以将拍照时的 GPS 信息存储在照片中。2010 年 12 月 Google 公司正式推出了 Android2.3，较 Android2.2 在照片 EXIF 信息上进行了改进，新增经纬度标签在 JPG 格式的 EXIF 中，同时可以使用 getLatitude() 方法获取经纬度的 EXIF 信息。Android 市场上也陆续出现了根据地理位置对图片进行管理的软件。

按地理信息分类基于一般用户喜欢对新环境、新事物进行拍照的事实，利用用户对照片拍摄地点的记忆方式找到具体照片可以帮助用户达到检索目的。该方法较好利用用户对照片检索的实际需要，实现照片快速检索。目前，应用于手机照片按地理信息分类的手机相册主要有盛大智能和 GPS photo 相册。其实现方式是引用 GPS 地图，并依照提取照片中的 GPS 经纬度信息标记到地图上，通过点击地图上的标记点来实

现图片浏览和检索。当然，并不是每个只标记点只对应一张照片，而是指定区域范围内的照片集，因而实现照片的分类，如图 1-2（a）。这种方法的优点在于较好的体现照片的地理信息特征，可以实现指定区域照片的检索和浏览。同时，该方法也存在一些缺点：一是不能对地图中的照片进行预览，降低用户的可视化体验；二是对于地图上距离较远的不同照片标记难以同时显示在手机屏幕，需要用户不断移动和放缩地图版面才能进行对指定照片集的浏览。三是由于照片集中的照片会出现某一地区较多，而某些地区只有较少的情况，使得照片标示或者不能实现对指定区域照片的分类，或者出现很多零散的照片集中，只含有较少照片，甚至只有一张照片，如图 1-2（b）。



(a)

图片文件夹	文件夹中图片数
广州大学城	389
广州白云山	3
广州岗顶	3
广州陈家祠	1

(b)

图 1-2 （a）常驻地区图片密集情况下相册导航图 （b）图像分布统计不均匀

### 1.3 论文的主要工作和贡献

本文在 Android 平台上，拟为更多 Android 用户提供便捷的相片管理服务为需求，基于 Android SDK，结合人脸检测和图像分类等技术，开发一款包括婴儿人脸识别、按拍摄地分类照片、云服务器备份图片等功能的智能电子相册软件。本文的主要工作有以下几个方面：

1、应用婴儿人脸检测相关技术，实现对照片集中照片按照含有婴儿人脸和不含婴儿人脸的分类方法，设计并实现婴儿专属相册模块。重点利用人脸检测相关技术，通过从图像集中检测含有婴儿照片的方法，实现对用户手机相册中婴儿照片的自动提取功能，帮助家长为婴儿制作专属的成长相册。

2、提出基于图像 GPS 信息的照片分类方案，设计并实现生活旅游相册模块。重点利用图像分类相关技术，实现对用户手机中含有 GPS 的图片自动提取和分类的功能，帮助用户组建生活旅游相册。



3、对智能手机相册进行了设计和实现。为实现多功能智能手机相册设计了良好的结构框架和界面，实现了 WiFi 网络环境下自动备份照片，应用云服务器照片原图自动备份功能和快速清理重复、模糊和网络浏览残留照片功能；同时，系统也实现了照片的分享机制，支持微博、腾讯 QQ 直接登录，一键微博、微信分享。

本文主要利用手机照片信息结合人脸检测和分类技术自动提取婴儿照片，为婴儿制作专属的成长相册。同时也基于图像的 GPS 信息，按拍摄地点分类生活中旅游的照片。在系统具体实现过程中，主要面临着三个难点问题：

一是婴儿人脸甄别问题。尽管人脸检测技术日趋走向成熟，目前对于相似脸的检测方法研究多种多样，但是婴儿人脸甄别不是典型的人脸检测问题，它更注重的是在检查到人脸的同时对于婴儿这一类人脸进行鉴别，因此需要专门提出一种可以在检测到的人脸图像中正确判断是否是婴儿图像的方法。

二是根据地理位置信息图像分类管理问题。在分类过程中，如果只按照拍摄地点来分类一般会出现常驻地的图片大量累积，而非常驻地的照片分散的情况，怎样根据照片的规模量来有效整理相册，取得较好的可视化效果成为一个重要问题。

三是多功能图像管理系统的交互性问题。需要针对多功能智能相册的需求，合理设计各个模块，实现良好的安全性、智能性和交互性。

本文的主要贡献是改进了一些和项目相关的现有技术，主要有：

1、提出了利用 AdaBoost 人脸检测、提取  $C_1$ -S 特征和 SVM 分类技术综合进行婴儿人脸检测的方法，实现了婴儿照片的准确提取。

2、提出了可放缩的网格格式地理区域分配方法，该方法可以通过从照片中提取 GPS 地理信息，对生活 and 旅游中照片的照相地区进行照片集的自适应划分，使得邻近地点的照片被置于一个照片集，并使得各照片集中照片数量相对均匀。

对初始用户调研证实：该系统是有实用价值的 Android 应用。

## 1.4 论文结构简介

第一章是前言部分，概述 Android 手机相册的研究背景和发展情况，阐明了项目开发的重要意义，介绍了本文的主要工作和贡献，描述了论文的体系结构。

第二章是相关技术和理论部分，主要介绍了设计和实现智能手机相册应用到的技

术及其原理。

第三章是系统需求分析部分，主要描述了智能手机软件的功能和技术性需求，说明了重要的系统用例。

第四章是系统概要设计部分，首先介绍了手机相册的整体架构，并分别介绍了服务器端和客户端的具体功能模块的概要设计，对重要用例进行业务流程分析，结合用户需求对系统的数据库进行详细的分析与设计。

第五章是系统详细设计部分，重点讲述了系统核心功能模块的详细设计，介绍了本论文实现婴儿人脸检测和特征提取算法的流程和婴儿人脸分类的实现方法，具体说明了可放缩的网格式地理区域分配方法。

第六章是部署与应用部分，简要介绍了系统的开发和运行环境，结合主要业务界面对系统的关键输入、输出进行说明，并对系统实际运行测试结果进行分析和总结。

第七章是对整篇论文的总结，并描述了论文后续工作及对此项研究未来的美好愿景。

## 第二章 智能手机相册相关技术和理论

本章介绍 Android 智能手机相册实现中应用到的技术。系统的婴儿专属相册模块主要应用婴儿人脸检测相关技术，具体是应用 AdaBoost 人脸检测技术提取图片中的人脸照片并进行了剪裁，其次对人脸图像进行  $C_1$ -S 特征提取，最后应用线性 SVM 分类器实现婴儿人脸与非婴儿人脸的分类。在生活旅游相册模块，应用了按地理信息分类照片技术。本文技术创新点和改进点有：一是提出了一种婴儿人脸检测方法，实现了在复杂照片集中对婴儿人脸的有效检测，在 2.1 节中对该方法进行了分析，在 2.2-2.4 节中对相关技术进行了具体说明；二是对按地理分类照片技术进行了改进，在 2.5 节中提出了可放缩的网格格式地理区域分配方法，可以解决地理信息分类时不同照片集的照片数量不均衡问题。此外，本章也对实现系统应用的 SSH 开发框架技术进行了简单说明。

### 2.1 婴儿人脸检测方法

对婴儿人脸进行检测主要应用于智能手机相册的婴儿专属相册模块，实现自动提取婴儿照片功能。其目的是从含有人物、风景、静物和建筑等各类照片的照片集中找到含有婴儿人脸的照片。为实现该目的，从目前的人脸检测方法中，单一的基于几何形状、肤色特征、对称特征和人脸模板等方法，由于成人和婴儿的人脸该类特征相似度较高，基本不能实现区分。完全采用统计方法从复杂图像库中提取婴儿照片也会受到成人照片的干扰，使得检测准确率和检测计算量难以达到有效的均衡。为实现问题的简化，可以基于婴儿与成人人脸照片的区别在于年龄段的不同，将婴儿人脸检测问题分解为人脸检测和按年龄对人脸照片进行二类分类问题。近年来，对人脸检测的研究相对较为成熟，按年龄进行人脸分类的研究也取得的比较好的实验结果，借助这两项技术可以有效解决婴儿人脸检测困难的问题。该方法的主要思想是，从复杂照片集中对含有人脸的图片进行检测，进而实现人脸部分图像的提取，然后通过提取能较好区分人脸对应年龄的特征来代表人脸图像，最后通过训练分类器，实现人脸按婴儿和非婴儿的分类。这种方法在实现检测目的的前提下，能有效利用现有技术，降低系统

开发难度，节省开发成本。于是婴儿人脸检测问题可以转化为三个小问题：

一是选择一种人脸检测方法，该方法要求具有较快的检测速度和较高的准确性，可以实现对图片集中含有人脸的图片进行快速检测，并对人脸部分图像进行提取。

二是选择一种人脸特征。要求该特征可以有效表征人脸，尤其包含与人的年龄有关的信息。

三是选择一种分类器。要求该分类器具有良好的分类性能，实现对提取人脸特征的有效分类。

人脸检测是婴儿人脸检测的一个重要环节。人脸图像中包含十分丰富的模式特征，如直方图特征、颜色特征、模板特征、结构特征及 Haar 特征等。人脸检测就是检测图像中的这些特征信息来判断是否存在人脸。如果存在，则返回到面部的空间位置、数目、尺度等信息。由于受到位置、姿态、尺寸、光照以及检测时间等的影响，大部分人脸检测算法都是在一定的约束条件下提出的。人脸检测算法的主要性能标准是定位准确率、鲁棒性和计算量大小。人脸检测的主要方法大致可以分为 3 类：

一是基于统计的方法。这类方法是从训练图像集中进行学习从而获得模型，并将这些模型用于人脸检测。典型方法有人工神经网络法<sup>[9]</sup>、SVM (Support Vector Machine) 法<sup>[10]</sup>、特征脸(Eigenface)识别方法<sup>[11]</sup>、独立成分分析(Independent Component Analysis, ICA)<sup>[12]</sup>、线性判决分析(Linear Discriminant Analysis, LDA)<sup>[13]</sup>、非负矩阵因子(Nonnegative Matrix Factorization, NMF)<sup>[14]</sup>和 Fisher 准则方法(Fisher Linear Discriminant, FLD)<sup>[15]</sup>、贝叶斯法<sup>[16][17]</sup>、HMM (Hidden Markov Model) 方法<sup>[18]</sup>以及 AdaBoost 方法<sup>[19]</sup>。这类方法的主要特点是人脸检测准确率高、对图像质量要求低、受光照、环境、姿态等影响较小。

二是基于模板匹配的方法。模板匹配方法是存储多种标准的人脸模式，分别用来描述人脸和面部整体特征，计算输入图像与模式之间相互关系来实现人脸检测。Brunelli 和 Poggio<sup>[20]</sup>通过对比试验，证实了基于模板匹配较之基于结构特征方法具有更好的准确度。Yuille 等人<sup>[21]</sup>提出弹性模板匹配法，基本思想是利用可变形的人脸模板(Deformable Template)和变形能量函数（与灰度和轮廓有关），动态调整位置和模板形状，计算能量函数。能量函数最小值时，模板信息与能量函数的参数可以表征人脸。该方法能够最大地消除由于小的形变带来的干扰。另外，活动轮廓模型(Active

Contour Model)<sup>[22]</sup>方法也被提出,该方法主要基于模板匹配算法,并增加了形状不确定的部件特征的提取,增强了识别的效果。Wiskott 等<sup>[23]</sup>提出了弹性束图匹配(Elastic Bunch Graph Matching, EBGM)方法,它采用拓扑结构信息的人脸弹性图表征人脸,具有较好的鲁棒性。这类方法的优点是准确性高,其缺点在于对图像的质量要求高、姿态表情影响较大,其运算量也较大。

三是基于知识匹配的方法。这类方法是基于规则的人脸检测方法,而规则来源于研究者关于人脸的先验知识。这种方法一般包括:轮廓规则匹配方法、器官分布规则匹配方法、对称性规则匹配方法、肤色和纹理规则匹配方法。Zabrodsky<sup>[24]</sup>提出通过检测图像中圆形区域的对称性来检测人脸,这种方法速度较快,但准确率较低。Riesfield 等<sup>[25]</sup>则提出了广义对称变换方法来检测局部对称性强的点,实现人脸器官定位,该类方法准确率较高,但对图像的质量要求高,姿态表情影响大,其运算量也较大。Lee 等<sup>[26]</sup>提出肤色模型方法进行人脸颜色的表征进行人脸检测,该类方法检测速度快、准确率低。Saber 等<sup>[28]</sup>综合利用颜色和形状特征来检测人脸。相比其它检测方法,这类方法具有较好的直观性、简单性、快速性和姿态不变性。

目前,在日常的人脸照片检测中,基于统计的方法的人脸检测由于其准确性、抗干扰性,应用相对较为广泛。其中 AdaBoost 方法还有运算速度较快的优点,在快速人脸检测中得到重视。

按人脸年龄特征分类技术是实现婴儿人脸识别的核心内容,这种技术目前主要应用于人脸年龄估计,根据给定的人脸图像判断其年龄范围。在过去的几年中,人脸分析已经成为计算机视觉研究和图像理解的一个重要领域,并导致新的方法的发展进行人脸识别、表情识别和人脸建模。除了在身份、性别和种族的分类中重要作用,人脸传达的年龄信息可能在生物学和社会学中得到应用,如 Web 访问控制,生物识别和视频监控。面部年龄信息的早期工作主要是起源于 Lanitis 等人的工作<sup>[29]</sup>。他在自动年龄估计的任务描述的不同的分类器的性能进行定量评估。X. Geng 等提出了图像老化的方式,即通过个人的人脸图像排序的时间顺序序列,来进行人脸年龄的估计<sup>[30]</sup>。依据灵长类动物的视觉皮层机构的原理,Serre 等人<sup>[31][32]</sup>在 2005 年提出了 BIM (Biologically Inspired Model),通过构造仿真生物视觉特征,模拟视觉皮层中队形状组建的学习,达到为特定分类任务提供有效的特征描述。Huang<sup>[33]</sup>等利用增强的 BIM

在 CalTec5 和 CalTech101 数据库上获得了 98% 以上的识别率。G.Guo<sup>[34]</sup>等利用生物启发特征（Bio-Inspired Feature）实现了人脸年龄估计，该方法目前是对人脸年龄估计准确率最高的方法。

在本章 2.2-2.4 节中，简要介绍了对人脸检测方法、人脸特征和分类器选择问题的分析和解决方案，并对相应技术和原理进行说明。

## 2.2 基于 Harr 特征的 AdaBoost 人脸检测方法

系统应用 AdaBoost 方法实现对图片集中含有人脸的图片进行快速检测，对人脸部分图像的提取。该方法以其具有检测速度较快和准确性高的优点被本文所采用，如表 2-1。同时该方法可以通过 opencv 库调用已有函数和训练好的检测器，大大减少了开发成本。

表 2-1 人脸检测方法性能对比表

算法分类	运算速度	准确率	鲁棒性	
			图像质量需求	姿态表情光照等影响
镶嵌图	慢	较低	高	大
几何投影	快			
二值化定位	快			
广义对称	慢	较高		
Snakes	慢	高	高	大
可变形模板				
ASM	较慢			
色彩模型	快	低	较高	小
神经网络	较慢	高	低	较小
PCA				
SVM				
Adaboost	较快			
概率网络	较慢	高	较低	小
DLA				较小
GWN				

基于 Harr 特征的 AdaBoost 人脸检测算法首先由 Viola 等<sup>[19]</sup>提出，是一种自适应提升算法。该方法主要思想是：首先，使用“积分图”提取人脸矩形特征。然后，基于单一矩形特征形成弱分类器，采用 AdaBoost 算法受过训练的弱分类器，再结合一

些精确的特征，以形成一个能更准确对“人脸”和“非人脸”模式之间进行区分的强分类器。最后，按照级联多个强分类“先重后轻”的原则，把这些由具有形成更简单正面人脸结构的重要特征组成的强分类器进行人脸检测。由于，级联后的强分类器过滤出众多的“非人脸”的子窗口，然后把检测重点放在这些可能存在人脸的区域，可以大大提高了人脸检测速度。

相比 2.1 节中提到的其他方法，该方法在保证准确率的同时，具有较好的检测速度。适用于在系统设计中采用该方法进行有人脸图像的初步检测，并确定人脸位置。

该方法实现人脸检测选用 haar 特征。Viola 等选用 haar 特征的动机是，该特征可以采取特点领域知识进行编码，并且给予该特征比基于像素特征的系统要快得多。可以通过如图 2-1 中黑白矩形间像素值的差来表示整个方块区域内来计算水平、竖直、对角方向的差异以及检测线条、点和轮廓。起初 viola 仅选用了(a)中的三类矩形块，后来，经过不断改进形成了更多种矩形检测块的方式，如 (b)。

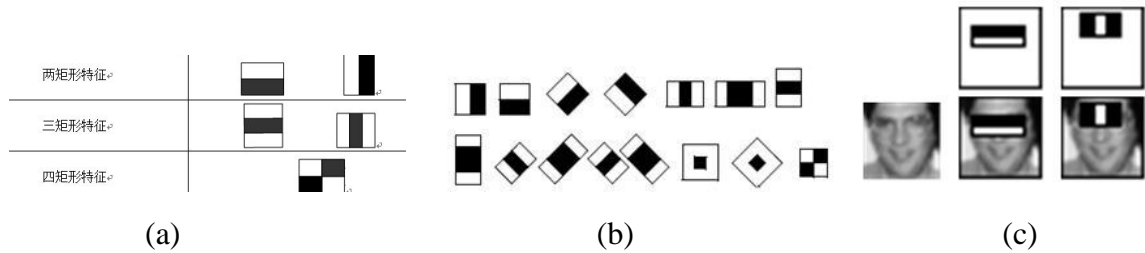


图 2-1 Haar 特征提取原理示意图

特征提取是通过滑动窗口进行的。在一个窗口内，每种矩形以任意的尺寸和位置逐个计算白黑色区间像素值的差，每次结果作为一个特征。矩形模板数固定后，窗口内特征数仅与窗口大小成正相关。理论证明特征值仅与特征矩形的积分图有关，可以用矩形端点积分图值的加减进行表示，而无需关注图像的具体像素值。在计算特征值时，引入了积分图的方法，有效优化了特征提取的速度。

特征提取后，进行弱分类器的训练。对每一个特征，计算人脸和非人脸样本特征值的平均值，得到所有特征对该类样本的平均值分布。尽管人脸和非人脸图像大部分特征值分布状态相当，但是某些特征在大于或小于特定阈值的部分分布会有明显不同。分类器就是依靠这种分布的差别实现分类的。如公式 (1) 中， $f$  为特征， $\theta$  是阈值， $p$  一般为 1 或 -1，来调节  $f(x)$  与  $\theta$  大小关系， $x$  是检测的子窗口的位置参数。目的

就是，对任一特征  $f$ ，找到一个函数  $h(x, f, p, \theta)$  使得分类器对样本分类误差最低。然而，在实际中没有单一的图像能以低错误率完成任务，在前面几轮得到的特征分类错误率一般在 10%-30% 之间，后几轮稍弱的特征错误率达到 40%-50%，得到的仅仅是弱分类器。最后，需要由多个弱分类器级联组成强分离器。

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1 & pf(x) < p\theta \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (2-1)$$

由弱分类器组成强分类器的基本方法是：当分类器正确分类一定的样本，这些样本的权重就会减少；当错误分类，增加这些错误样本的权重；这样做会得到错误样本突出的新的样本分布，然后通过对其继续进行分类训练。依次类推，得到多个弱分类器，然后根据加权投票的方式合并产生强分类器。人脸检测器训练出后，将待测图像按比例依次缩放，然后在缩放后的图片子窗口依次判别人脸。人脸检测的流程图可以表示为图 2-2。

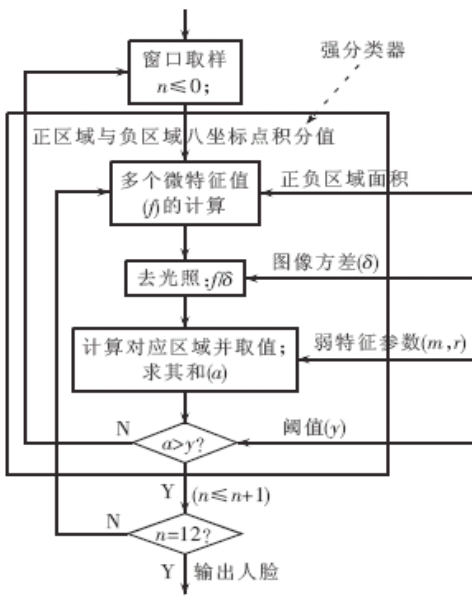


图 2-2 AdaBoost 算法人脸检测流程图

### 2.3 基于 Bio-inspired Model 的人脸特征提取

由于按年龄进行人脸分类考虑到不同人脸的细微特征，特征种类的选取对婴儿与非婴儿照片的分类效果关系重大。Wang 等<sup>[37]</sup> 在工作中应用了该特征进行按 0-6 岁以



及 6 岁以上的人脸二元分类的实验，取得了较好的分类效果，在 FG-NET 年龄数据库上达到了 90% 的婴儿人脸识别正确率，是目前在该类问题中实验效果最好的方法。智能手机相册系统采用该特征提取技术作为人脸分类的重要环节。

对检测到的人脸进行婴儿照片提取问题，可归结为婴幼儿（0 至 6 岁）和非婴幼儿（超过 7 岁）二类分类问题。系统通过提取 BIM 人脸特征，采用 SVM 方法就可以自动进行婴幼儿或非婴幼儿分类。婴幼儿与非婴幼儿的分类系统包括 4 个步骤：通过 ASM 进行面部特征提取，人脸归一化， $C_1$ -S 特征提取和 SVM 分类，如图 2-3 所示。

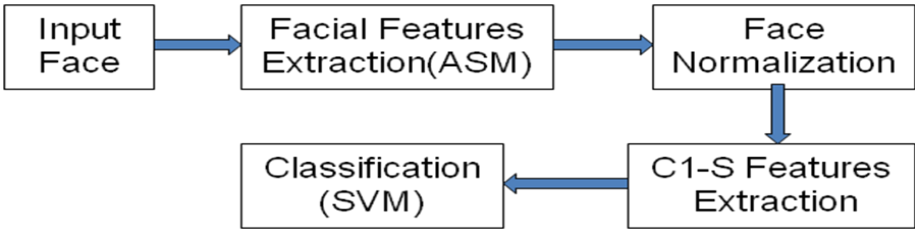


图 2-3 婴幼儿照片提取系统工作步骤示意图

下面主要介绍 ASM 特征提取、人脸归一化和  $C_1$ -S 特征提取的主要原理和方法。

### 2.3.1 基于 ASM 的人脸特征提取

ASM 特征提取是  $C_1$ -S 特征提取的一个重要环节。

为了获得面部特征点，A. Lanitis, e. Taylor 和 T.Cootes 开发了一种名为 (ASM) 主动形状模型<sup>[35][36]</sup>的统计方法。它表示从训练集参数化的统计形状模型中的靶结构，并且可以被用于获得具有不同模型参数的脸部形状不同的变化。好的特征点基本需要满足如下几点：边缘点、曲率大的、T 型连接点和以上这些点的连线上的等分点。在本文中，使用 ASM 来表示人脸的结构，并得到 58 面点，周围的眼睛，嘴巴，鼻子和面部轮廓定位。由于面对不同的规模、位置和姿势可能对 SVM 分类器的性能强烈干扰，需要以同一坐标系为基底进行人脸归一化。

一个 ASM（主动形状模型）是从含有  $n_s$  个图形的图片集中训练得到的，对齐到一个共同的坐标框架构建的。每个特征可以由一组 58 个坐标来表示。通过串联采样点的坐标，每个形状可以由一个 116 维的形状矢量  $x_i$  来表示。应用 PCA 进行降维，提取出主成分，然后定义一组与所述数据的主要方向对准的轴线。该  $i^{\text{th}}$  形状可以通过以下形式的线性模型来表达：

$$\mathbf{x}_i = \bar{\mathbf{x}} + \mathbf{P}\mathbf{b}_i = \bar{\mathbf{x}} + \sum_m \mathbf{p}^m b_i^m \quad (2-2)$$

其中， $\bar{\mathbf{x}}$  是均值形状向量； $\mathbf{P}$  是包含了前  $t$  个主成分的协方差矩阵， $\mathbf{p}$  的各列描述了一组形状变化的正交模式； $\mathbf{b}$  是一个  $t$  维的向量，用来控制特征点形状的变化， $b_i$  为形状参数为第  $i$  个形状向量。图 2-3 显示了由 ASM 方法提取的 58 个点。五官都获得后，他们可以用于面部归一化和提取的  $C_1$ -S 特征。

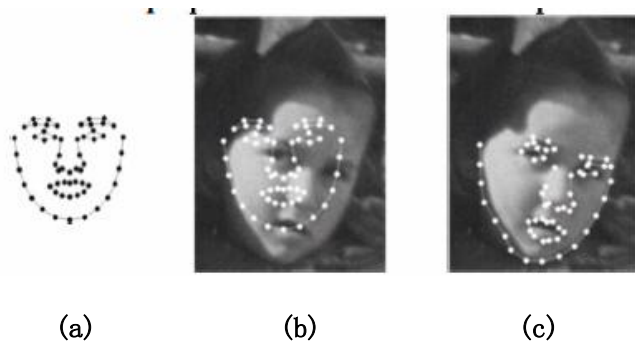


图 2-4 (a)平均脸 (b)特征匹配前 (c)特征匹配后

### 2.3.2 人脸归一化

人脸归一化是  $C_1$ -S 特征有效提取的基本步骤。

为减少平移、缩放和旋转的变化量引起的的影响，脸部图像需要被归一化为标准尺寸。本文应用归一化方法包括三个步骤：

- 1、直线 AB 连接双眼的两个中心被转换为水平；
- 2、点 O 被选择为归一化的面的中心；

3、变换脸部图像，使 O 为所剪切的脸部区域的中心，AB 的长度为 28 像素，脸部图像被归一化为大小使 64\*96 像素的图像。

其中，对脸部中心的选择主要有两种方案：一种是连接两个眼睛的轮廓的中心点 O，另一种是鼻子的尖端点。基于一个事实：由于儿童面部没有完全成长，表现出眼睛相对面部较大，而额头相对于面部较高。因此，要添加在儿童和成人的分类的头发和额头信息时，图像中心选择了 O 点而不是鼻尖。如图 2-5 所示。

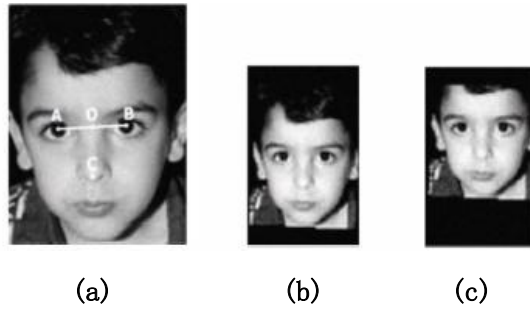


图 2-5 (a) 归一化前照片 (b) 以 0 点为中心归一化结果 (c) 以鼻尖为中心归一化结果

### 2.3.3 提取 $C_1$ -S 特征

$C_1$ -S 特征即是最终要进行婴儿人脸分类应用的特征。

$C_1$ -S 的提出来源于 T. Serre<sup>[31]</sup> 和 G. Guo's<sup>[34]</sup> 在年龄估计工作中提出的视觉皮层的定量模型。 $C_1$  特征输出的特征不仅考虑了网格尺寸，也有包含 ASM 方法提取的几何信息。通过对归一化图像的  $S_1$  层（线性求和）和  $C_1$  层（最大值操作）两大池化机制进行分析，得到  $C_1$ -S 特征。Wang 等<sup>[37]</sup> 在工作中应用了该特征进行按年龄分类的实验，取得了较好的分类效果。

表 2-2  $C_1$ -S 特征提取应用参数

Input face size		64×96							
Orientation		0°, 45°, 90°, 135°							
Scale band		1	2	3	4	5	6	7	8
S1	Filter size	7×7	11×11	15×15	19×19	23×23	27×27	31×31	35×35
		9×9	13×13	17×17	21×21	25×25	29×29	33×33	37×37
	Sigma ( $\sigma$ )	2.8	4.5128	6.3158	8.2162	10.2222	12.3439	14.5882	16.9677
		3.6456	5.4026	7.2533	9.2055	11.2676	13.4493	15.7612	18.2154
	Lambda ( $\lambda$ )	3.5	5.641	7.8947	10.2703	12.7778	15.4286	18.2353	21.2121
		4.557	6.7532	9.0667	11.5068	14.0845	16.8116	19.7015	22.7692
C1	Pool. grid	8×8	10×10	12×12	14×14	16×16	18×18	20×20	22×22
	Overlap	4	5	6	7	8	9	10	11
Dim of C <sub>1</sub> Features		16×24× 4	13×20× 4	11×16× 4	10×14× 4	8×12 ×4	8×11 ×4	7×10 ×4	6×9 ×4
Dim of S features		58×4							
Dim of C <sub>1</sub> -S		1768	1272	936	792	616	584	512	448

$S_1$  层由卷积的 Gabor 滤波器在四个方向和 16 个尺度的数组创建的。Gabor 函数被定义为以下公式：

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{X + \gamma^2 Y^2}{2\sigma^2}\right) \times \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} X\right) \quad (2-3)$$

其中  $X = x \cos\theta + y \sin\theta$ ,  $Y = -x \sin\theta + y \cos\theta$ 。

$\theta$ 、 $\sigma$ 、 $\lambda$  和  $\gamma$  是方向、有效宽度、波长和纵横比。在本文中，我们定义这些参数

根据 Thomas Serre 的工作<sup>[31]</sup>。该滤波器组的开始由  $7 \times 7$  到  $37 \times 37$ ，以两个像素为步长，方向为  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$  和  $135^\circ$ 。方法中所用的参数示于表 2-2 中<sup>[31]</sup>。

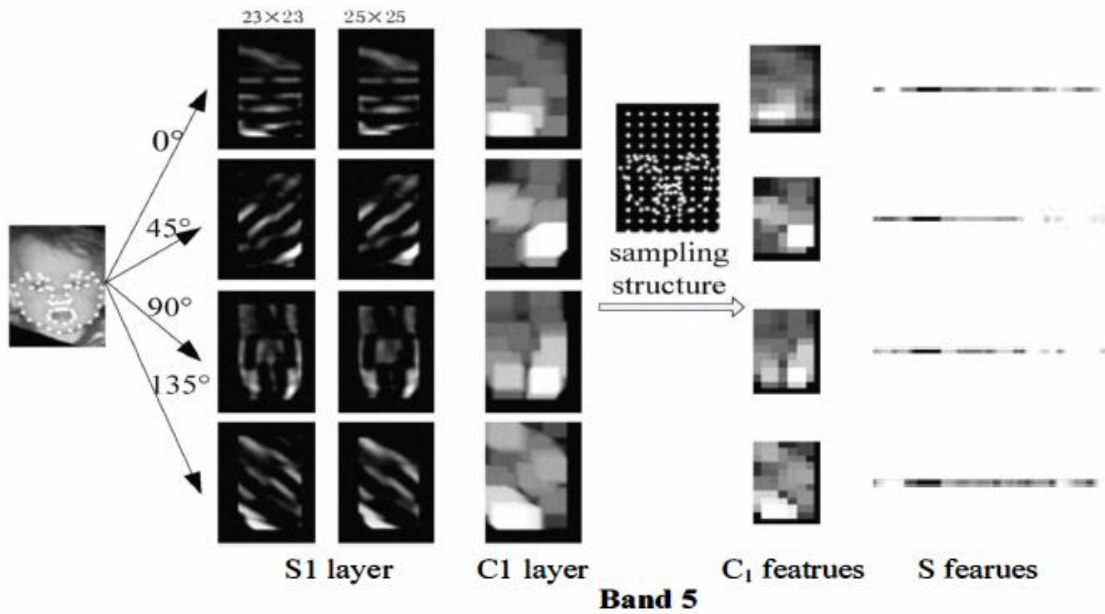


图 2-6 创建 C1 特征和 S 特征的步骤

由卷积用得到的 64 Gabor 滤波器在 16 级（8 频带）和 4 方向的正规化脸部图像，就可以得到 64 的特征图在第 1 层。C1 层对应于复杂的细胞在视觉皮层，该层从在相同频带的每个方向的两个相邻的过滤器中，创建在池化单元中的最大响应。例如，考虑到带 5 有两个过滤器： $23 \times 23$  和  $25 \times 25$ ，池化网格为  $16 \times 16$ 。图 2-6 中显示 C1-S 特征在带 5 上创建的 3 个步骤。<sup>[38]</sup>

步骤 1：用  $16 \times 16$  的网格，找到每个滤波器在 6144 ( $64 \times 96$ )位置上的 2 个最大响应。

步骤 2：取最大值滤波器响应以表示  $C_1$  特征映射的相应值。

步骤 3：为了得到该  $C_1$  特征，该  $C_1$  特征映射是使用  $16 \times 16$  大小的单元网格的子采样。为了获得 S 特征，该  $C_1$  特征映射也被采样，通过采样结构得到 ASM 结果点。频带 1、5 和 8 的取样结构被示于图 2-7。

得到  $C_1$  特征维数为 5072，s 特征维数为 1856。那么  $C_1$  和 S 特征相结合，得到的同时含有灰度和形状信息的  $C_1$ -S 特征，维数为 6928。

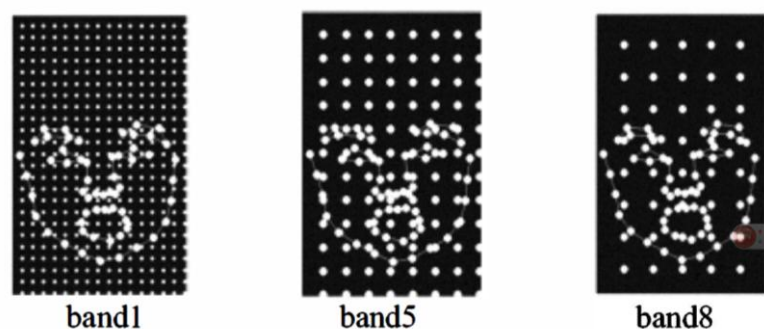


图 2-7 在频带 1、5 和 8 的取样结构

## 2.4 SVM 分类器

对给定的归一化人脸图像，及其对应的  $C_1$ -S 特征，系统目标是确定特征值对应的是婴儿还是非婴儿。它可以被看作一个二类分类任务。在二类分类方法中实际应用效果较好的有两种分类算法：**SVM** 和最近邻分类器（**Nearest Neighbor**）。在小本节中对这两类分类器进行的比较，认为线性 **SVM** 分类器对婴儿人脸检测效果较好。

**SVM**（**Support Vector Machine**）是一种监督式学习的方法，并被认为是最有效的二类分类问题方法。基本的思想是，通过将向量映射到高维特征空间后，构建分类器，使得在低维空间中难以分类的问题在高维空间得以解决。然而，为了防止向量数据升维优化中产生的维数灾难，实际中并不是直接在高维空间中进行，而是选择利用满足 Mercer 核条件的，如 **RBF**(**Radial Basis Function**)和 **Sigmoid Function** 等核函数来进行。在传统的统计性机器学习研究方法中，样本数量是保证算法有效的前提。过少的样本无法进行有效的机器学习；数量较多的样本不仅难以获得，也会产生过学习现象。**SVM** 是在统计学理论上发展起来的一种经典的小样本分类方法。**SVM** 在一定程度上解决了样本数量小的难题。有效解决了模型选择问题非线性等问题，而且 **SVM** 方法有效避免了传统学习方法的过学习问题，维数灾难问题。因为 **SVM** 具有突出的学习能力现在已经成为机器学习研究理论的热点，**SVM** 目前在统计分类、回归分析以及机器学习中有广泛的应用。

在上世纪 90 年代之后，支撑向量机逐渐成为了最重要的机器学习工具之一。1995 年，Cortes 和 Vapnik<sup>[39]</sup>首先提出支撑向量机的基本方法。**SVM** 的基本思想是，寻求一个核函数  $K(x)$ ，通过  $K(x)$  将低维空间中的线性不可分样本变换到一个高维空

间从而线性可分，在高维空间中求解其最优分类面，再选择适当的分类器进行分类。如图 2-8 中，以二维数据样本为例。在理想情况下，样本的分类如图 (a) 为二维空间下的线性可分样本，可以通过回归分析取得最优分类。然而在实际样本中常常会出现如图 (b) 的情况，SVM 主要原理就是为了能找到样本分类方法，将样本从低维空间映射到高维空间，从中找出到样本分类平面。

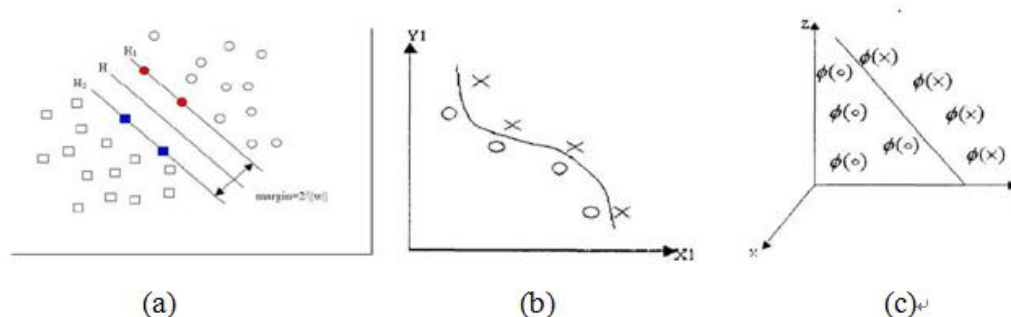


图 2-8 (a) 二维空间下的线性可分样本 (b) 二维样本在二维空间的分类情况 (c) 二维样本转化到三维空间的分类情况

目前，SVM 算法主要可以分为三种：二次规划算法、分解算法和增量算法。

**二次规划算法。**二次规划算法是一种较为成熟的算法，对它的研究已经有较长时间的历史。在数学领域中，SVM 是一种求解二次规划中条件极值的计算方法，可以采用惩罚函数法和单纯形法求解条件极值。惩罚函数法通过将惩罚数加入到目标函数中，将求解条件极值的问题转换为求解无条件极值问题，再利用共轭梯度法求解。其中的惩罚数是一个关于不满足约束条件程度的参数。单纯形法主要通过寻找合适的初值点来构造单纯型来求解问题。

**分解算法。**二次规划中，当训练样本数量达到一定程度之后，计算量将超过实际可操作的程度。为解决此问题，Corte 和 Vapnik 删除图像矩阵中 Lagrange 乘数为零的行和列，通过将计算分解成一系列的小问题，来逐步解决整个问题<sup>[39]</sup>。Platt<sup>[40]</sup>针对训练 SVM 分类器时二次规划问题求解计算复杂度高的问题，提出了 SMO(Sequential Minimal Optimization)算法。另外，SVM light 等算法也为解决这个问题而被提出。

**增量算法。**二次规划算法中训练样本过多时，常常会出现“维数灾难”问题。为解决这个问题，增量算法中采用每次只进行小部分样本的训练，然后利用结果的支撑向量与新样本进行混合训练。实验结果表明，这种方式能得出可以接受的结果<sup>[41]</sup>。



另外，相比 SVM 分类器，最近邻分类器是一种基于特征空间最近训练样本进行分类对象的一种方法，是最简单的机器学习算法之一。它的主要思想是通过相邻单元投票的方式进行分类，如果一个样本的距离最近的  $K$  个样本大多数标记为某一类，则将该样本标记为该类。它是一种简单、灵活、方便和可扩展的方法，在实践中也常常被应用。

在系统研究中发现两个问题：一是基于  $C_1$ -S 或  $C_1$  特征可能具有高维度的空间的事实，考虑线性 SVM 和非线性 SVM 哪种方法具有更好的分类准确率问题。二是与最近邻分类器相比，SVM 分类器是否具有优越性的问题。

经 Wang 等<sup>[37]</sup>有关工作研究，对线性 SVM、非线性 SVM（以多项式核为例）、最近邻分类器，应用  $C_1$ -S 特征进行人脸分类。在 FG-NET 数据集，应用 2.3 节中的  $C_1$ -S 特征利用不同分类器进行婴儿与非婴儿人脸分类，准确率结果如表 2-3 所示。结果表明，线性 SVM 具有较好的分类效果。

表 2-3 应用 SVM 和最近邻分类器成功率对比表

分类器类型	特征	分类准确率 (%)		
		婴儿组	非婴儿组	总计
线性 SVM	$C_1$ -S	95	85	90
Poly SVM		88.33	81.67	85
最近邻		76.67	70	73.33

## 2.5 可放缩的网格地理区域分配方法

可放缩的网格地理区域分配方法是本论文提出的一种方法，应用于地理生活旅游相册功能实现中，针对照片数量较多的情况下，解决了将不同地理区域内的照片均衡地分配到不同照片集的问题。

根据图片的 GPS 地理信息进行图片分类是现在手机相册中照片分类的一种新兴方式。现行的这类相册以 GPS Photo 和盛大智能相册为代表，他们采用了几乎相同的原理。以盛大智能相册为例，它是将手机中含有 GPS 的照片中的经纬度信息提取出来，结合百度地图，将地图的表定点设定为图片集浏览的入口。如图 1-2 中，显示的是基于图片的 GPS 信息将图片位置标注到百度地图，通过点击百度地图上具体标注

可以进行图片集的浏览。这种方法的优势在于，它可以清晰明了的显示图片的拍摄位置，相近经纬度的图片被聚集在一起。但是，由于这种方法在地图上只能看到具体点，并不能对图片进行预览。然而，实际上人们在图片集中寻找照片往往是先通过肉眼视觉的第一感觉进行大体判断的，并且人们对图像标题的敏感度要大于对其排列位置的敏感度<sup>[42]</sup>。

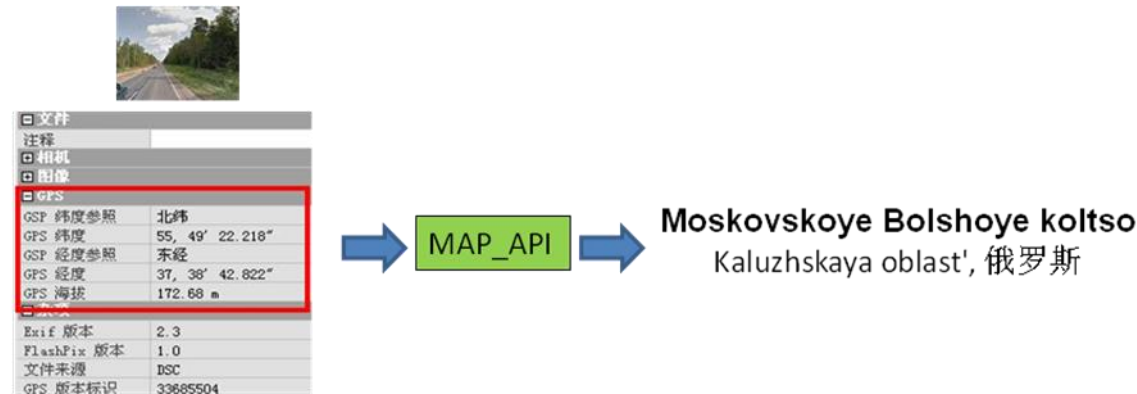


图 2-9GPS 手机照取得的地理信息

为此，本文选择应用地理位置标记照片和照片集的方式来对图片进行管理。当然，仅仅通过经纬度标记文件名显然不能使得用户满意。于是，系统采用了通过 Baidu Map 的 API 接口获得地址信息的方法，如图 2-9 所示，为图片进行标定，具有相似经纬度的图片被存储到一个照片集，并应用其地点名为照片集命名。这种方式在照片集较小时达到了较好的用户体验效果，但是当照片数量较多时，可能会出现这样一种情况，就是某一地区的图片特别多，甚至成百上千张，被整理到一个图片集内，而某些照片集合内仅有少量照片，甚至只有一张照片。这样，实质上没有达到良好视觉化的目的。如图 2-10 所示。

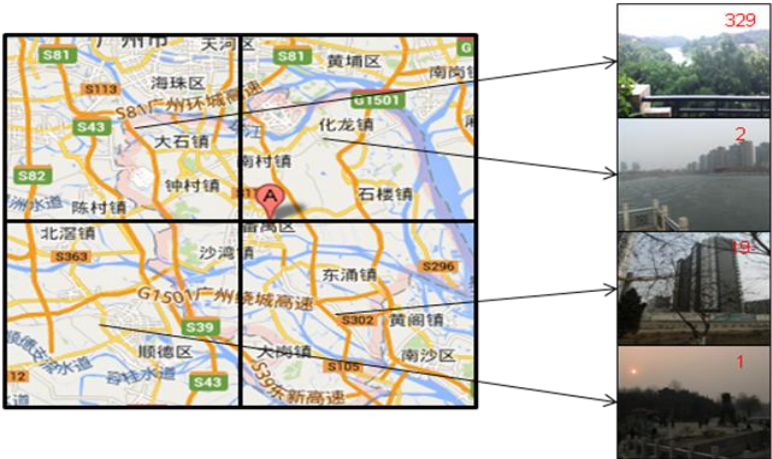


图 2-10 按照严格的经纬度划分照片集



因此，系统设计时提出了可放缩的网格格式地理区域分配方法。这个方法的主要目的是将每个图片集内的照片数量尽可能均衡，不会出现照片积聚和分散的状况。该方法的基本原理是，先通过特定网格对整个图片的分布地点进行划分成大小相同的块。统计每个块中照片数量，根据给定的一个阈值，如果图片数量大于这个阈值则对该块区域进一步四分成相同的小块，在设定次数范围内一直进行下去，直到没有块内图片数大于该阈值。然后，找到不为空的最小照片集的块同邻近它的最小的块进行合并，合并后重新寻找照片量最小的如此反复进行操作，只要合并后的图片数不超过设定的阈值。当然，这种算法也不能无限进行下去，否则会出现距离遥远的图片被放在一个图片集中，如在浙江有 2 张照片，在韶关地区也只有 2 张照片，都是较小的文件集，而在这两个地方中间不再有照片，这 4 张照片都会被置于一个文件集内，这显然不是良好的分类。所以，系统设计时必须对经纬度范围和迭代计算的次数进行限制。具体方法如图 2-11 所示。

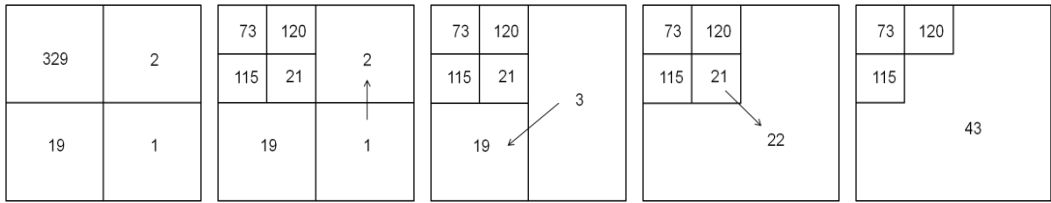


图 2-11 分块阈值  $w=125$  时，可放缩的网格格式地理区域分配方法示意图

## 2.6 SSH 框架

SSH 为 struts+spring+hibernate 的一个集成框架，是一种目前较流行的应用程序开源框架。集成 SSH 框架的系统从职责上分为四层：表示层、业务逻辑层、数据持久层和域模块层，以帮助开发人员在短期内搭建结构清晰、可复用性好、维护方便的应用程序。每一层有不同的功能，共同完成整个应用程序。系统被分成不同的逻辑模块，具有相对独立的，相互的，各模块可以根据不同的设计来实现。它可以实现对系统的并行开发，快速集成，良好的可维护性、可扩展性。图 2-12 是 SSH 的系统框架图。<sup>[43]</sup>

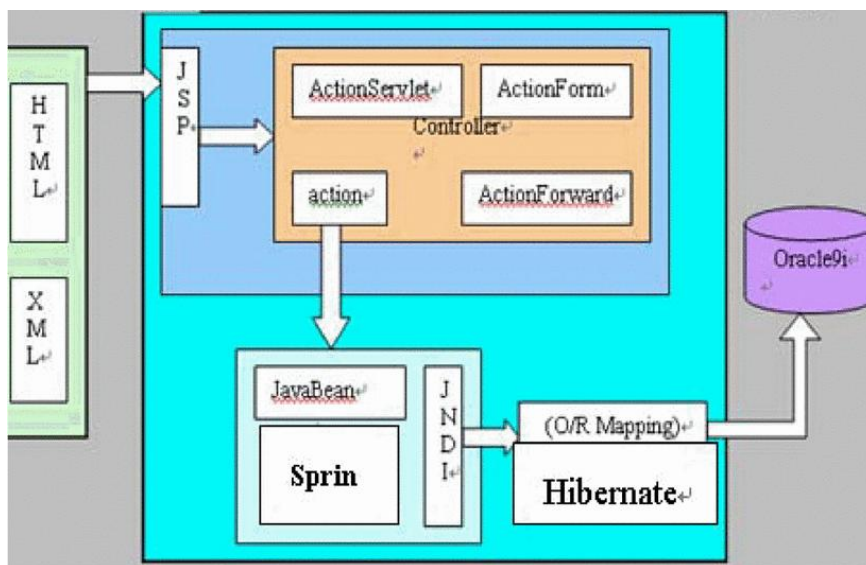


图 2-12 SHH 框架的系统架构图

在基于 B / S 结构的应用中，Struts 框架是用来实现表示层，和 Hibernate 用来实现持久层，Spring 是该系统的核心，来管理 struts 和 hibernate。Spring 集成的 Struts MVC 框架向上和向下集成了 ORM 框架。实现步骤是首先通过需求建模形成 Java 对象，在设计基本的 DAO(Data Access Objects)接口，并继承 BaseHibernateDao 来实现 DAO，采用 Hibernate 架构实现的 DAO 类来实现 Java 类与数据库之间的转换和访问，最后由 Spring 做管理，管理 struts 和 hibernate。Struts 框架实现了表示层的 MVC 设计模式。在表示层，控制器通过 ActionServlet 的 ActionMapping 实现的功能。ActionServlet 接受来自客户端的请求，并且每个 ActionMapping 实现请求和特定的操作之间的映射。视图由 JSP 页面的标签库实现。模型通过 Action 和 ActionForm 来实现。Action 对象调用业务逻辑模块的接口，并提交应对正确的视图组件。Action Form 的组件对象为客户端实现良好的数据封装，并实现了视图和模型之间的相互支持。通过 JavaBean 类业务层实现，包括 Action 调用接口。这些 JavaBean 还封装了 Hibernate 的关系。业务层通过数据转换和持久层实现互动与数据库资源。持久层实现由 Hibernate。Hibernate 将 Java 类转换成 HQL 语句到 SQL 语句和用 JDBC 驱动程序操作数据源，完成数据操作，如添加，删除，修改。底层是一个关系型数据库<sup>[44]</sup>。

## 2.7 本章小结

本章中主要介绍了实现这一婴儿识别所采用的人脸识别技术，着重描述了本系统最终选择实现的婴儿人脸检测算法。其次，介绍了本文提出的可放缩的网格式地理区域分配方法。此外，对实现系统应用的开发 SSH 框架技术进行了简要说明。

## 第三章 智能手机相册系统需求分析

系统需求分析是信息系统的最初设计和最后实现的基础和前提，也是开发信息系统最重要的阶段之一。本章通过对用户需求的分析，描述了基于 Android 的智能手机相册功能业务的操作流程，以及系统的功能性需求和技术性需求。

### 3.1 系统需求分析概述

应用 Android 智能手机拍照来记录生活，已经成为一种社会时尚，手机照片有效管理可以给用户以良好的应用体验。随着移动应用技术的飞速发展，一些以图像分类和云端存储等技术的智能相册软件相继出现，凭借其强大的功能和优质的服务，为广大智能手机用户提供了良好的照片管理服务。然而随着用户个性化和多样性需求的不断提升，如对按旅游地址分类照片、记录婴儿成长、将照片分享到社交网络等，单一的图像管理功能已经不能满足用户需求。该系统是一款拥有自动生成婴儿成长相册、智能按地理信息管理照片、允许网络备份和快速在主流社交网站上分享照片、重复照片清理等功能为一体综合性手机照片管理应用软件。系统应具有较好的适应性，可以在当下所有主流的 Android 手机上应用。基于 android 的智能手机相册基本需求分析如表 3-1 所示。

本系统的主要设计思想:首先，系统构建于一个手机相册的基础上，设计一款拥有婴儿人脸识别、按地理信息分类、网络存储和分享等功能为一体综合性手机照片管理应用软件。考虑到进行图像识别和分类对计算能力要求较高，因此将婴儿人脸识别和照片分类在服务器端进行。对于用户备份的每一张照片，都会要求对其进行人脸检测，用检测到的人脸缩略图进行对齐、特征提取和匹配。同时，服务器给予照片按地理信息分组的方案等，系统会将这些结果发送到手机。根据这些结信息，手机端完成照片的分类管理。

表 3-1 android 智能手机相册基本需求分析表

基于 android 的智能手机相册	
项目简介	开发基于 Android 的智能手机相册，实现手机上生活旅游和婴儿照片管理以及照片网络备份和分享服务。
功能性需求	<p>1、具有婴儿专属成长相册功能。能够自动提取手机中的婴儿图片；可以为婴儿设置姓名、出生日期等基本信息；可以按照照片时间排序，体现是婴儿出生多久时的照片。</p> <p>2、具有旅游相册功能。能够自动为手机中含有地理信息的图片进行分类整合和标注，要求相册具有良好的可视化效果。</p> <p>3、具有在云端备份本地手机照片的功能。</p> <p>4、具有查看、添加及分类照片和管理照片集的功能；</p> <p>5、具有通过 QQ 等账号登陆并绑定私人网络相册的功能。</p> <p>6、具有对手机内照片查重和重复照片快速清理功能；</p> <p>7、具有网络照片和手机照片的分离功能，可以快速清理手机中的网络照片。</p> <p>8、网络通畅时提示进行照片自动备份功能。</p>
技术性需求	<p>1、在 Android2.3 以上手机上 安装卸载通过率 99.9%</p> <p>2、UI 适配性通过率超过 95%</p> <p>3、系统平均可用率 99.9%</p> <p>4、最大启动时间低于 5s。</p> <p>5、通过遍历测试率 95%</p>
其他限制条件：开发环境、实验平台、开发语言、数据库、编译器等限制条件	<p>开发环境：Android SDK2.3.3、ADT</p> <p>开发平台：Eclipse、Microsoft Visual Studio 2010、Matlab7</p> <p>开发语言：Java、C++、JSP、JavaScript、Matlab</p> <p>数据库：SQLite \mySQL</p>
其他要求	<p>文档要求：需求说明书、概要设计说明书、详细设计说明书、QA 文档、项目总结；</p> <p>测试要求：通过逐个测试单元用例，检测功能实现，初期可用率达到 90% 以上；通过百度云测试的整体性测试，确保在 90% 以上的 Andorid 手机上可以应用。</p>

## 3.2 系统功能需求分析

根据前面所介绍的系统设计思想，本系统可分为婴儿专属相册、旅游相册和图片备份三个主要部分。婴儿专属成长相册部分，主要是能够自动提取手机中的婴儿图片，组合成一个网络上的照片集，只要建立照片集的人的许可，可以让其他家人共同完善照片集，通过其他手机终端的本应用可以随时向照片集添加照片。照片集的建立者可以为婴儿设置姓名、出生日期等基本信息，按照照片时间排序，体现是婴儿出生多久时的照片，方便家人共享浏览。旅游相册部分是能够自动为手机中含有地理信息的图片进行分类整合和标注，地点相同和相近的照片被规整到一个照片集内，使得相册具有良好的可视化效果。图片备份部分是前面提到的两种功能的基础，它不仅可以为用户完整安全的将照片本分到网络磁盘上，同时婴儿专属照片集建立和旅游照片集的建立都是通过服务器端来具体运算实现的。此外，基于人脸图像的检测和分类作为本系统的一个特色功能，应用于婴儿照片集的建立。

其他功能还包括具有查看、管理、共享及分发照片的功能。为满足客户自由快捷分享照片的要求，可以对网络备份的照片直接进行分享，而无需再次进行照片上传，尽可能的减少网络传输带来的系统消耗，照片要可以分享到微信朋友圈、腾讯微博等 SNS 社区；为了能够基于用户身份来浏览、管理网络备份的相片，进入专属的婴儿相册和旅游相册，需要对用户身份进行验证，系统要能够通过授权及认证来绑定 QQ 或微信账户，实现直接访问；此外，智能手机相册系统应具有对手机内重复照片和网络临时照片快速清理功能。

## 3.3 系统技术需求分析

智能手机相册系统的设计不仅要求其实现具体的功能，而且需要一定的性能作保障。系统在设计中要求具有良好的启动性能、可靠性、易用性和适用性，同时也要注重可扩展性和安全性等。其中部分内容已经在表 3-1 中体现，下面对具体指标和要求进一步说明：

### 1、性能需求分析：

吞吐量要求：服务器系统能同时支持 50 个客户端并行使用的能力。

处理性能要求:服务器端要求在计算力大于 4GB 的云处理器、云端磁盘容量 50G,内存容量 4GB 的云服务器上运行。客户端要求可以在主频大于 128MB、存储容量大于 1GB 的 Android 手机客户端上运行,系统响应容忍时间为 10 秒,系统数据更新容忍时间为 3 分钟。

管理要求:服务器系统对客户端系统接入要具有实时的监控和管理功能。

压力测试要求:50 个客户端同时在一分钟内对服务器数据库进行 500MB 数据更新操作,系统处理速度在容忍范围内。50 个客户端同时对服务器数据库进行 50 小时数据更新操作,系统正常运行,磁盘及数据系统安全。

## 2、可靠性需求:

- (1) 初期可用率:系统应用初期一周内实现功能可用状态达到 90% 以上。
- (2) 平均可用率:系统初期过后运行任何时刻可用状态的概率达到 99.9% 以上。
- (3) 平均实效恢复时间:系统异常恢复平均时间不得高于 5 分钟。
- (4) 初期故障率:系统投入使用 3 个月内,每 200 次使用出现故障数不大于 3。
- (5) 偶然故障率:系统投入使用四个月,每 200 次使用故障数不大于 1。
- (6) 缺陷密度 (FD):每千行中低于 15 个无注解源代码隐藏缺陷。

## 3、易用性和适用性需求:

系统应易学习、易操作、好管理和维护。

应用界面框架设计要求:系统总体布局合理,符合视觉流程 and 用户使用心理。界面简洁明快,尽量少用无谓的装饰,保持各界面的风格一致。

在输入输出设计时尽量减少用户的记忆负担,加强提示功能,防止输入出错。

系统信息的反馈要及时、清晰明了。需要通过迅速的、易理解的反馈,让用户知道自己的操作结果。确保信息反馈无歧义性,并具有指导性。

## 4、可扩展性需求:

尽量减少业务信息的调整对于代码模块的影响。系统构架设计时注重系统模块间的高内聚和低耦合,有预见性的设计未来可能用到的功能接口,尽量排除照片等数据对系统功能和照片管理流程的制约。

5、安全性需求

数据完整性需求：除对用户身份加以鉴别外，在建立通信时采用信息鉴别技术，确认信息的来源的可靠性，验证双方身份的合法性。

数据可得性需求：用户可以顺利调用被授权访问的数据。

用户权限控制要求：系统应提供基于角色的数据对象访问控制能力，保证数据存储和访问的安全性，保证数据不被非法拷贝、传播。

3.4 用例分析

根据对系统的功能需求分析，整个系统分为手机管理子系统和服务器管理子系统。在手机管理子系统中，包括用户登录、管理婴儿相册、管理旅游相册、浏览相册、照片网络备份、分享照片、清理照片、查看相册动态八个用例。服务器管理子系统分为用户认证、生成备份照片集、生成婴儿相册、生成旅游相册和分享备份照片这五个用例。用例图如图 3-1 所示。

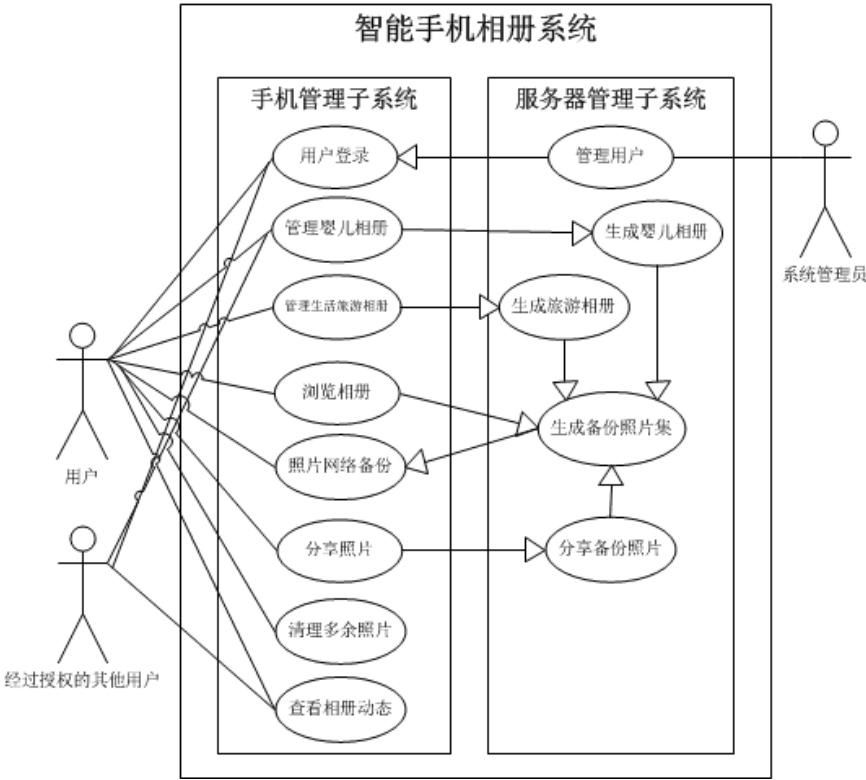


图 3-1 系统用例图

为了更加清楚描述用例，下面采用用例列表的形式对每一个用例进行简要说明，如表 3-2。



表 3-2 系统用例列表

用例号	用例名称	用例描述
UC1	用户登录	使用社交网络平台账号、密码登录系统以使用相关管理功能，操作完成后注销退出系统
UC2	管理婴儿相册	可以在系统已经生成的婴儿相册中浏览婴儿照片，对婴儿进行姓名、生日设置，手动添加和删除照片。可以通过授权的方式让其他人通过网络共同管理婴儿相册。
UC3	管理生活旅游相册	可以在系统已经生成的生活旅游相册中浏览不同地点对应的各个生活照片集和旅游照片集，对已经系统生成的照片集手动添加和删除照片和重命名。
UC4	浏览相册	对手机中和网络备份的所用照片进行浏览。
UC5	照片网络备份	自动识别 WIFI 网络，对手机中没有备份的照片进行自动备份。
UC6	分享照片	对相册中包括手机和网络备份的所有照片均可以选择性的分享到社交网络（如腾讯微博）上。
UC7	清理照片	自动识别对相册中相同照片和网络临时照片，提示用户选择性一键清理。
UC8	查看相册动态	可以查看自己和其他被授权的用户管理婴儿相册时产生的添加照片记录。
UC9	管理用户	对用户输入的社交网络账户进行认证，对恶意上传照片用户进行限制。
UC10	生成备份照片集	自动接受用户备份的照片并进行服务器保存。
UC11	生成婴儿相册	对备份的用户照片进行婴儿检测，提取含有婴儿的照片 ID，自动发送到手机端。
UC12	管理生活旅游相册	对备份的用户照片进行地理信息，为照片提供智能分类，将分类列表自动发送到手机端。
UC13	分享备份照片	自动接受用户的分享请求，如果该分享照片已经备份，则通过服务器将照片发送到分享端。

下面，使用用例规约对用例的具体流程以及相应的扩展点细节进行详细地描述。  
由于系统用例较多，在此不全部列举，仅选取其中相对重要用例进行详细说明。

### 3.4.1 管理婴儿专属相册

管理婴儿专属相册用例主要面向婴儿的父母亲友等手机用户，他们可以将婴儿的照片整理成相册，可以共同分享婴儿的照片，也可以共同管理和完善相册，来记录婴儿的整个成长经历。同时，本系统会自动的从相册中提取婴儿的照片，解决用户需要从相册中逐个筛选的问题。另外，系统也可以为相册的管理者提供分享照片和相册的功能。表 3-3 说明了该用例的用例规约：

表 3-3 管理婴儿专属相册用例规约

用例编号	UC2
用例名称	管理婴儿相册
级别	用户目标
用例描述	用户对相册进行管理，从手机相册中提取所有的婴儿照片集，来记录婴儿的成长经历。
参与者	普通用户
前置条件	用户必须登录并通过身份验证
后置条件	婴儿的基本信息和照片存储到数据库中，同时对照片进行特征提取存储到特征索引库中
基本流程	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 用户选择婴儿相册管理功能</li><li>2. 系统显示用户所需填写的基本信息表单，包括婴儿的出生日期、性别和姓名或乳名以及用户和婴儿的关系。</li><li>3. 用户选择添加婴儿照片。</li><li>4. 系统自动从备份的手机照片中检测和提取含有婴儿的照片的信息，并将照片汇聚在一个照片集内，显示在用户的手机上。</li><li>5. 用户可以邀请婴儿的其他家长，如母亲、爷爷、奶奶等希望了解婴儿最新动态的亲友们共同管理婴儿相册，这些用户通过认证后可以添加、编辑、评论以及点“赞”相册里的所有婴儿照片。</li><li>6. 所有用户可以进入消息页面查看关于婴儿相册的消息。</li></ol>

扩展点	<p>2a. 如果婴儿信息需要更改可以随时对信息进行编辑。</p> <p>4a. 系统会提示用户预计将哪些照片存入婴儿专属相册，用户可以选择。</p> <p>4b. 如果部分婴儿照片在手机中有存储而没有被纳入婴儿专属相册，用户可以选择手动添加照片。</p> <p>5a. 用户通过扫描二维码的方式，或者通过微信好友邀请的形式让其他用户共同管理相册。</p>
补充说明	<p>1. 管理婴儿相册时婴儿照片自动检测和提取需要通过服务器端的生成婴儿相册功能，因此需要手机端和服务端端的网络通信。</p> <p>2. 用户邀请婴儿关注人共同管理相册需要对方也安装了本系统，并且也通过了验证，同时要求网络通畅。</p>

### 3.4.2 管理生活旅游相册

管理生活旅游相册用例主要面向普通手机用户，用户可以一键快捷的整理手机中的照片。照片的分类方式以手机中照片的 GPS 信息为基础，地理位置相近的照片被整理到一个照片集。同时本系统也会根据图片 GPS 信息为图片和图片集进行初步的命名。表 3-4 说明了该用例的用例规约：

表 3-4 管理生活旅游相册用例规约

用例编号	UC3
用例名称	管理生活旅游相册
级别	用户目标
用例描述	用户对相册进行管理，对手机相册中所有含有 GPS 地理信息的照片进行按地点和照片时间进行分类，来记录生活和旅游经历。
参与者	普通用户
前置条件	用户必须登录并通过身份验证
后置条件	各个照片集的名称和对应其中的照片 ID 存储到数据库中，同时对照片地理信息进行提取到地理信息索引库中
基本流程	<p>1. 用户选择生活旅游相册管理功能</p> <p>2. 用户选择添加生活旅游照片，并设置用户的常驻地。</p> <p>3. 系统自动从备份的手机照片中检测和提取照片 ID 及对应的 GPS 地理信息和拍摄时间信息，并将照片以地理区域和拍摄时间分别分配到不同的照片集中</p>

	<p>4. 系统按照照片的主要地理信息自动为照片集命名，并将各照片集显示在用户的手机上。</p> <p>5. 用户打开各个照片集来分类查看照片。</p> <p>6. 用户将照片分享到社交网络平台上，可以选择分享某个照片集，也可以分享照片集中某一天拍摄的照片，或者某些单张照片。</p>
扩展点	<p>3a. 用户如果对系统分配的照片集不满意，可以以手动的方式为照片集添加和删除照片。</p> <p>3b. 如果网络不畅或相册的照片中不包含 GPS 地理信息，系统不能有效对照片地理位置进行分析和分类，系统将提示用户。</p> <p>3c. 如果用户之前已经通过本系统得到了分类的相册，系统将不执行此步骤，而仅仅检测新照片，并将照片置入合适的照片集内。</p> <p>3d. 如果新增的照片较多，可能使得某照片集的照片过多，系统将重新对照片进行分类整理。</p>
补充说明	<p>管理生活旅游相册时照片地理信息的提取和照片的分类方案需要通过服务器端的生成生活旅游相册功能，因此需要手机端和服务器的网络通信。</p>

### 3.5 领域模型分析

通过分析系统需求，在系统边界与约束范围内，来明确参与者与系统的交互。构建领域模型图，如图 3-2 所示。

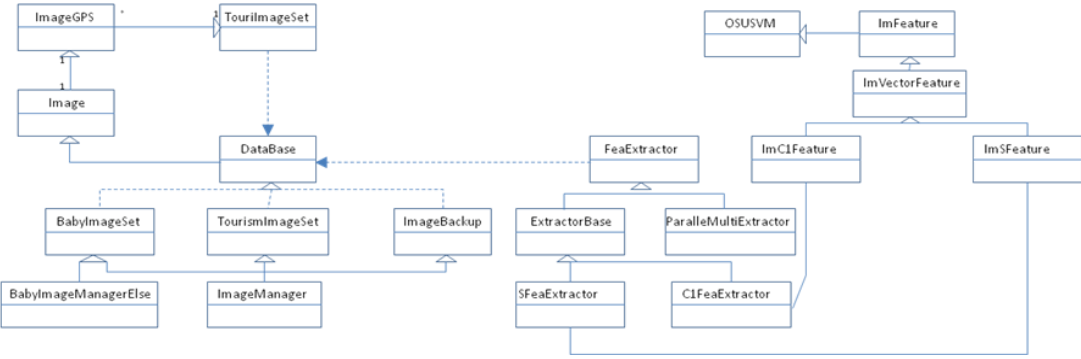


图 3-2 系统领域模型图

### 3.6 本章小结

本章分析了基于 Android 的智能手机相册系统的需求，对系统的功能和性能等需求作了简要分析，并且对主要用例作了详细分析。最后对系统进行领域模型分析，为后面系统的概要设计提供了基础。

## 第四章 智能手机相册系统概要设计

前一章已经对系统各方面需求和总体功能进行明确。本章首先介绍智能手机相册系统实现的总体架构设计，阐述了系统各模块的设计和模块间的协作关系，其次采用顺序图描述系统中主要用例的实现，再次结合领域模型构建系统静态结构，最后对系统的数据库设计进行了说明。

### 4.1 相册系统架构设计

智能手机相册在总体上主要由相册备份及管理服务器端和 Android 移动手机相册终端两个子系统组成。相册备份及管理服务器端主要对用户的相册提供备份的存储资源，并提供相册中婴儿人脸检测、按地理信息整理相册和照片上传等功能的计算资源，这部分主要由用户管理模块、地理信息分类模块、婴儿人脸检测模块、资源共享模块和资源存储模块等部分组成。Android 移动手机相册终端主要负责直接服务于用户，提供照片浏览、管理和分享等功能。该部分主要由生活旅游相册、婴儿专属相册、图片备份、图片分享、用户验证以及照片评论和交互模块等部分组成。本文所研究的智能手机相册系统网络结构示意图如图 4-1 所示。

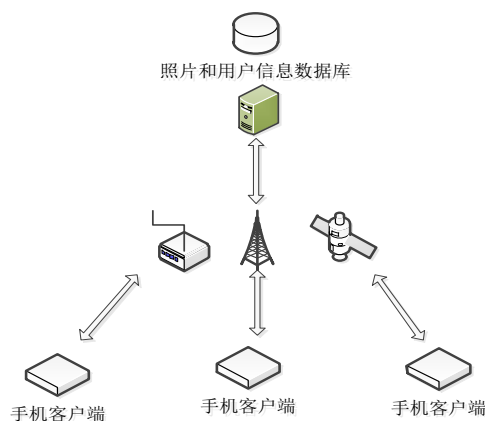


图 4-1 智能手机相册系统网络结构示意图

#### 4.1.1 服务器架构设计

服务器端采用 SSH 框架，struts2 集合了 JSON 插件，服务器和客户端的信息交互采用的 JSON 来传输，由于在服务器端用了 Struts2，所以需要安装 JSON 插件，这样，把服务器端的信息用 JSON 的形式发送到了手机端。服务器端用目前流行的三层架构

设计,分别是表示层、业务逻辑层和数据持久层。系统每一层都有着明确的分工,上层借助于下层提供的接口和服务来实现自身的功能。为降低层与层之间的耦合度,使整个系统具有良好的可维护性和可扩展性,系统各层之间采用面向接口的编程方式衔接。服务器架构设计示意图如图 4-2 所示。

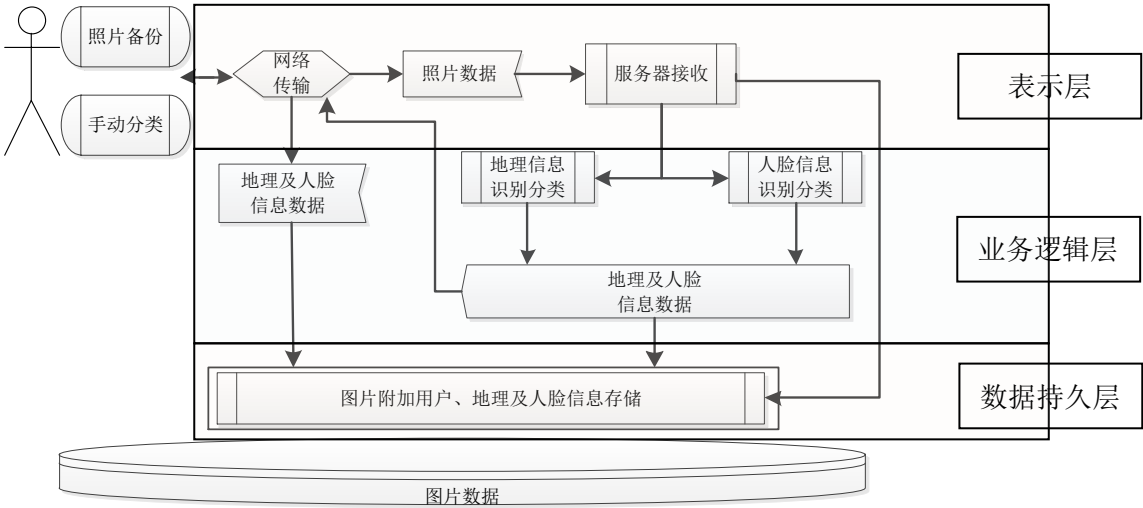


图 4-2 服务器架构设计示意图

表示层,负责逻辑层与表现层的交互。调用业务逻辑层,并将业务数据返回给表现层作组织表现,该部分采用 Struts 框架的 Action 处理。具体负责监听客户端信息,对客户端的服务请求进行响应,传输用户信息、备份照片,并负责将服务器业务逻辑层的计算结果传输和分发到客户端。

业务逻辑层以 DAO 为基础,通过对 DAO 组件的模式包装,实现业务层组件与具体的数据库访问技术分离。具体对照片和地理信息的逻辑运算,主要功能有对照片的地理信息的提取和计算,并按照地理信息进行照片分类;对照片进行人脸检测、人脸对齐、特征提取和特征匹配和分类等。同时该层可为网络传输提供功能接口,便于调用数据计算结果。

数据持久层,负责与持久化对象交互。该层封装了数据的增、删、改、查的操作。持久化对象,通过实体关系映射工具将关系型数据库的数据映射成对象,采用 Hibernate 作为框架。用户使用 Android 终端对手机的照片进行备份,照片网络传输至服务器,服务器对照片进行持久化的同时,对照片进行地理信息识别分类和人脸信息识别分类,将照片所属用户信息连同照片得出的地理及人脸数据信息也存储到图片信息数据库中,进行备份。同时,将这些含有包括生活旅游照片分配策略和婴儿照片 ID

通过网络传输到 Android 终端。当用户进行手动分类照片时，系统将该照片标定分类，分类数据通过网络传输至服务器，并对服务器中该照片的信息进行加工和存储。

### 4.1.2 客户端架构设计

智能手机相册由于系统主要应用在 Android 手机上，其系统设计是主要注重系统 Activity 功能及关系设计和 XML 界面设计。客户端通过 Activity 跳转、本地数据管理和 Internet 数据调用实现系统功能。手机相册客户端 Activity 示意图如图 4-3 所示。

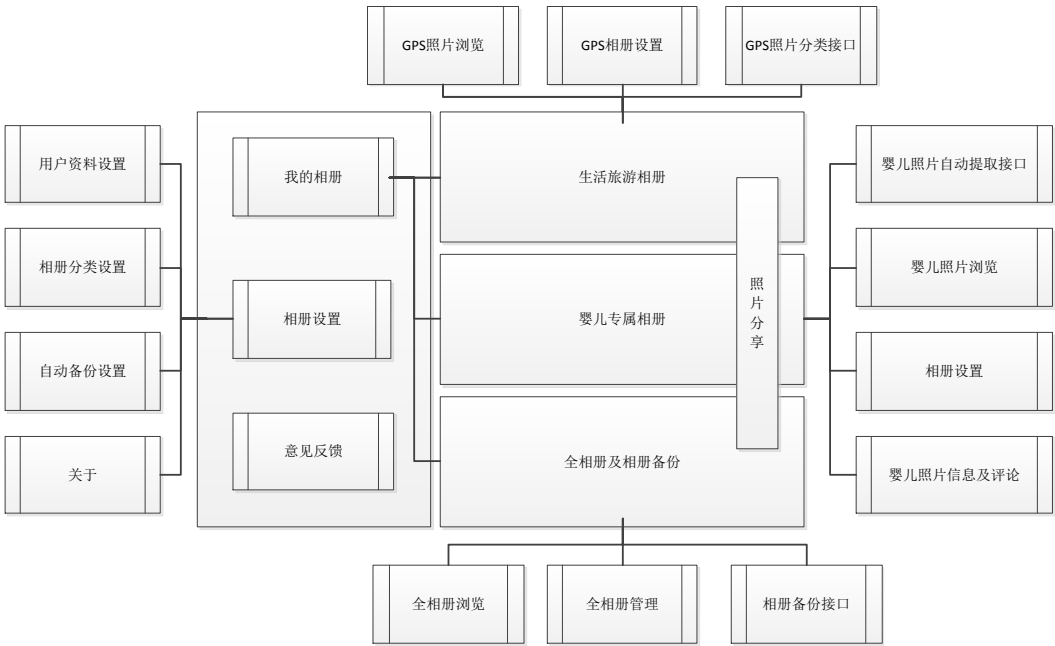


图 4-3 智能手机相册 Android 客户端 Activity 交互示意图

客户端界面设计遵循以层次清晰、界面简洁、便于使用为原则，在设计中主界面采用线性布局，分别接入生活旅游相册、婴儿专属相册和相册图库，每种相册管理方式在客户端实现分离。设置模块对系统的基本信息进行控制，包括用户设置、自动备份选项和整理相册分类功能的选择。用户可以对网络照片和重复图片进行查找，并根据自己的选择进行一键清理或部分清理。在进入生活旅游相册后，可以对该相册进行设置，包括设置相册名和添加、删除相册内的照片等。原则上，新添加进的照片按照其地理信息进入对于地理区域内的文件夹，除非用户应用手动和重新应用照片自动整理功能。在进入婴儿相册后在系统自动检测的照片的基础上，可以进行手动的照片添加和删除。同时，也可以将选定的照片发送给微信好友、分享到微信朋友圈。也可以通过进入相册消息页面，查看婴儿照片的最新信息，包括新添加照片的信息、亲友对

照片评论的信息。进入婴儿专属相册设置页面，可以设置包括婴儿的姓名、出生日期等信息，用户可以通过微信邀请其他相册成员共同管理相册，进入相册空间上传、下载、评论、点“赞”婴儿照片，为便捷面对面的用户邀请，婴儿的其他亲友也可以通过扫描二维码信息加入成为相册成员。同时，对用户的建立者也可以对婴儿相册进行删除。进入完整相册以后，用户可以按照照片的拍摄日期浏览照片，可以通过设置，在 WIF 或 2/3/4G 网络环境下自动对图片进行服务器端备份保存。用户可以对单个照片也可以对按照日期分类的照片集进行添加和删除管理。

## 4.2 用例实现

本节介绍管理婴儿相册用例实现和管理生活旅游相册用例实现。鉴于系统中的用例较多，鉴于篇幅有限，这里主要针对主要的两个关键用例实现的核心场景进行详细描述。

### 4.2.1 管理婴儿相册

婴儿相册管理分为照片自动提取、手动添加、删除和管理相册信息、发布相册消息以及管理相册成员等，下面主要介绍照片自动提取用例。如图 4-4 所示。

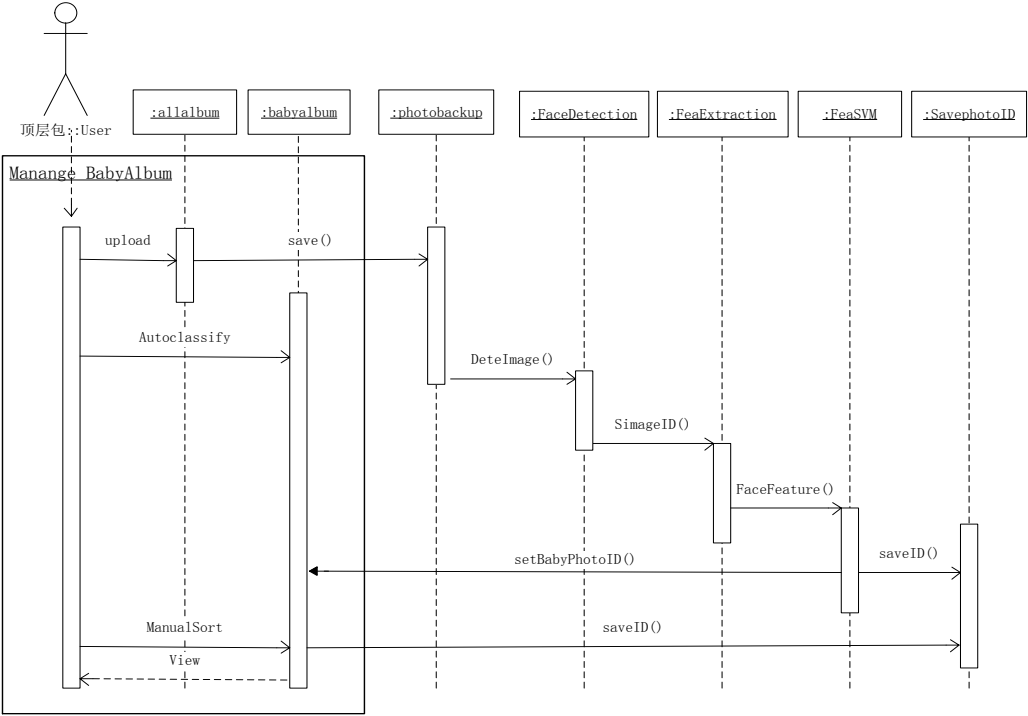


图 4-4 生成婴儿相册时序图



管理婴儿照片的整个处理流程比较复杂，本节选用自动和手动提取婴儿照片信息构建婴儿相册的具体流程，该流程进行的前置条件是用户已经登录，用户手机中已经存在照片，并且手机连接互联网。

- (1) 将手机中照片载入相册。
- (2) 利用网络备份接口 `save()`，并本地图片上传到云端服务器。
- (3) 图片预处理，包括人脸检测、提取和光照补偿，并暂存已经预处理的图片
- (4) 对暂存图片人脸特征提取，并把提取的人脸特征和图像 ID 传递给分类器。
- (5) 通过分类器对人脸特征分类，将有婴儿图像 ID 存储到用户图片信息库中。
- (6) 将有婴儿图像 ID 传递给手机端，按照图片 ID 给出组建婴儿相册建议。
- (7) 用户手动调整相册图片，为相册添加选定的图片。
- (8) 最后返回婴儿相册给用户。

4.2.2 管理生活旅游相册

生活旅游相册管理分为照片自动提取、手动添加、删除和管理相册信息等，下面主要介绍照片自动提取用例。如图 4-5 所示。

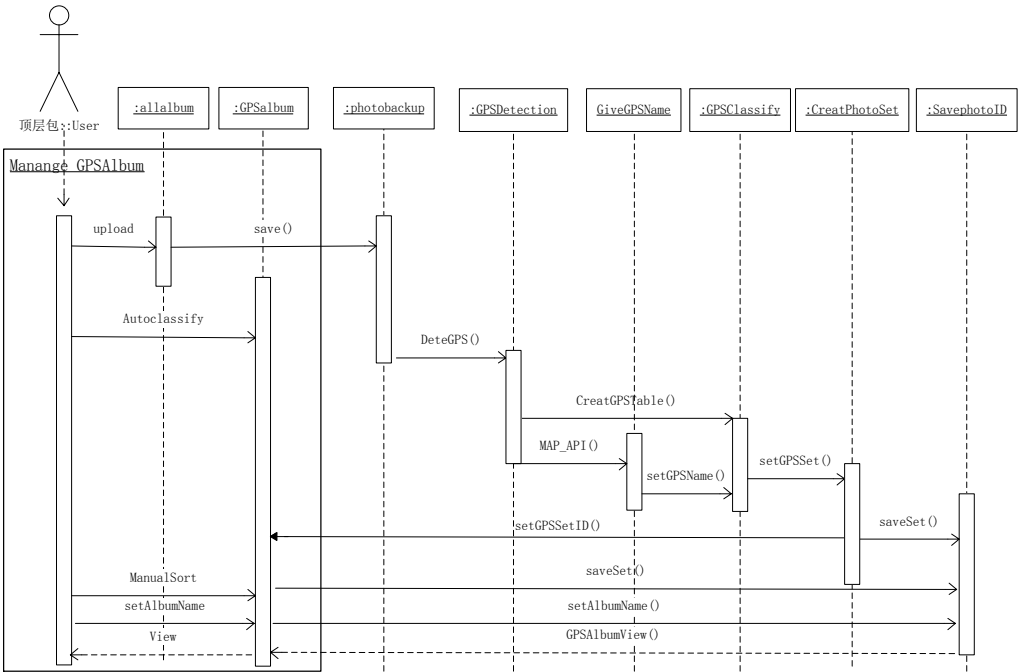


图 4-5 生活旅游相册管理时序图

该流程进行的前置条件是用户已经登录，用户手机中已经存在含有 GPS 信息的

照片，并且手机连接互联网。管理生活旅游相册的具体流程如图 4-5 所示：

- (1) 将手机中所有 GPS 照片载入相册。
- (2) 利用网络备份接口 save()，并本地图片上传到云端服务器。
- (3) 通过 DeteGPS()接口，提取图片 GPS 信息。
- (4) 通过 MAP\_API()接口得到照片的拍摄地，为照片进行命名。
- (5) 通过 GPSClassify 分类器对图像进行分类，生成图像和对应图像集的二元表。
- (6) 通过 SetGPSSet()接口，对上步生成的二元表分析整合，组建多个图像集的地理相册，并生成相册信息。
- (7) 将组成的相册信息传递到手机端，手机端组建生活旅游相册；同时也发送到系统数据库，进行数据持久化。
- (8) 用户手动调整相册图片，为相册添加选定的图片，通过 saveSet()接口修改网络数据库中照片集与照片的对应关系。
- (9) 用户对各个图片集名称等信息进行设置，并进行网络同步。
- (10) 最后返回完整的生活旅游相册给用户。

## 4.3 系统静态结构设计

系统静态结构部分设计分为两个部分，分别是服务器端和 Android 客户端。下面分别对其进行描述。

### 4.3.1 服务器端静态结构设计

智能手机相册服务器端顶层包如图 4-6 所示。其中，beans 包中包含普通 JavaBean，系统应用 Hibernate 将 JavaBean 对象映射到数据库中；utils 包中主要放置系统工具类，例如 CreatPhotoSet.java、GPSClassify.java、FeaExtraction.java 类、FeaSVM.java 类等；在 web.action 包中放置系统所有 Action 类，处理前端的各类请求，如登录和接收客户端信息等操作将被提交到包中的 action 来处理；service 包中放置系统所有 service 接口，定义必要的业务逻辑接口；serviceImpl 包中放置的是系统 service 实现类，实现所有业务逻辑方法；dao 包中放置系统数据访问的数据持久化方法接口；daoImpl 包中放置系统 dao 接口的实现类，直接操作数据库数据。

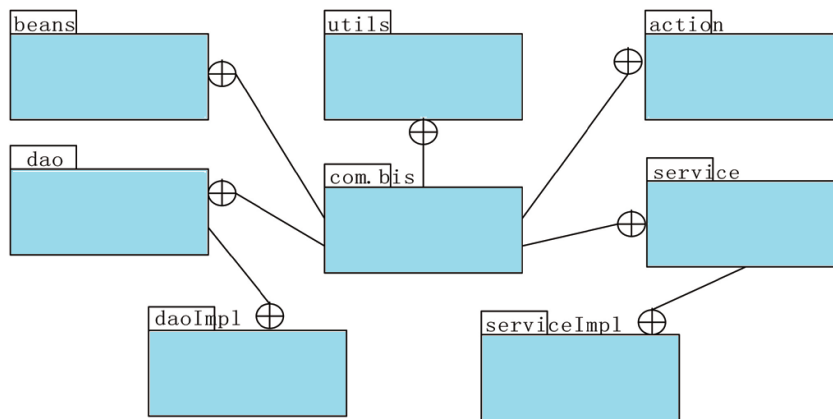


图 4-6 服务器顶层包图

类是面向对象系统中最重要构造块。在 UML 的静态机制中类图是一个重点，它是连接系统设计和实现的关键部分。为了实现系统用例，除了原有领域实体类外，还需要加入相关辅助技术类，如数据访问对象、特征提取服务以及数据持久化类等。下面将对系统最终的类结构进行精简描述，并且阐述他们之间的关系。系统主要类图如图 4-7 所示。其中 allalbum 类是负责管理系统与手机信息的交互，babyalbum 和 GPSalbum 继承 allalbum 类，分别加入了婴儿属性信息和照片集分类方式信息管理和传输的函数与参数。photobackup 类负责不同用户照片的各自备份，FaceDetection、FeaExtraction、FeaSVM 共同负责含有婴儿人脸照片的检测。GPSDetection、GPSClassify、CreatPhotoSet 负责生活旅游照片集的生成。GiveGPSName 类包含根据照片 GPS 信息为照片命名的类。

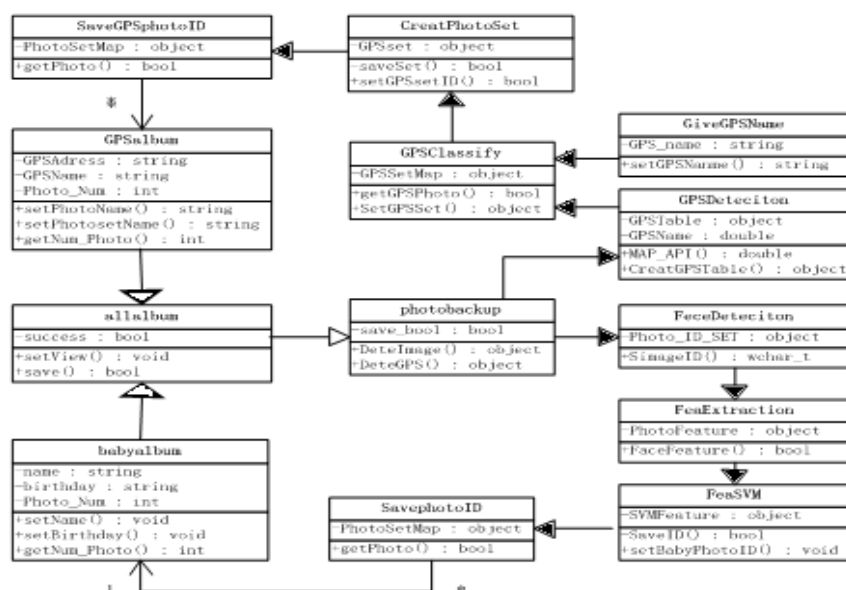


图 4-7 系统服务器端主要类及其主要函数

### 4.3.2 Android 手机端静态结构设计

智能手机相册 Android 手机端顶层包如图 4-8 所示。其中 framework 用于控制系统的整体框架下的一些操作,如手机按钮菜单功能、对不同手机屏幕的适应性控制等。main 包主要负责系统启动和各功能调用,guide 包负责系统导航,setting 负责系统设置。magcwand 是图片查重、模糊图片和网络图片清理功能包,feedback 是系统反馈包,backup 是图片备份功能包,travel 包中存放生活旅游相册功能实现的相关类,baby 包和 faces 包共同负责婴儿专属相册功能。protocol 包存放应用与服务器,以及其他如腾讯 QQ、新浪微博的互联协议。在该协议下,实现系统登录 login 和照片分享 share。在手机端的数据通过 data 包功能提供的不同接口,将数据存储到手机端的数据库中。

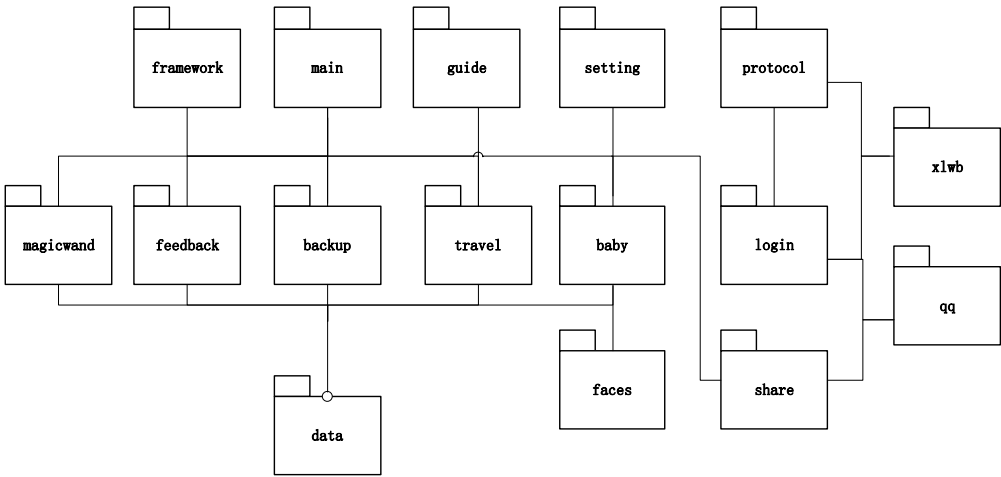


图 4-8 系统 Android 手机端顶层包设计图

如图 4-9 所示,为系统 main 包、travel 包和 baby 包的主 Activity 类的类图。其中 MainModule 类作为 travelMainModule 和 babyMainModule 的父类被继承,提供活动创建、暂停、销毁和调取状态信息等基本功能。travelMainModule 扩展了调用生活旅游相册相关类和活动功能的函数,babyMainModule 则加入了调用婴儿专属相册活动功能的函数。SlidingMenu 类部分包含系统菜单控制的函数。mainPhotoGalleryActivy 类负责主界面照片浏览和显示控制等功能函数,同时也提供调用系统照片备份、本地保存、照片分享功能的相关函数,而这部分类的具体实现则分布在具体的功能包中。PhotoGalleryPager 类包含主界面显示照片的调取功能函数。PhotoGalleryPageAdapter 中则包含主界面状态对型号和屏幕大小不同手机的适配功能函数。

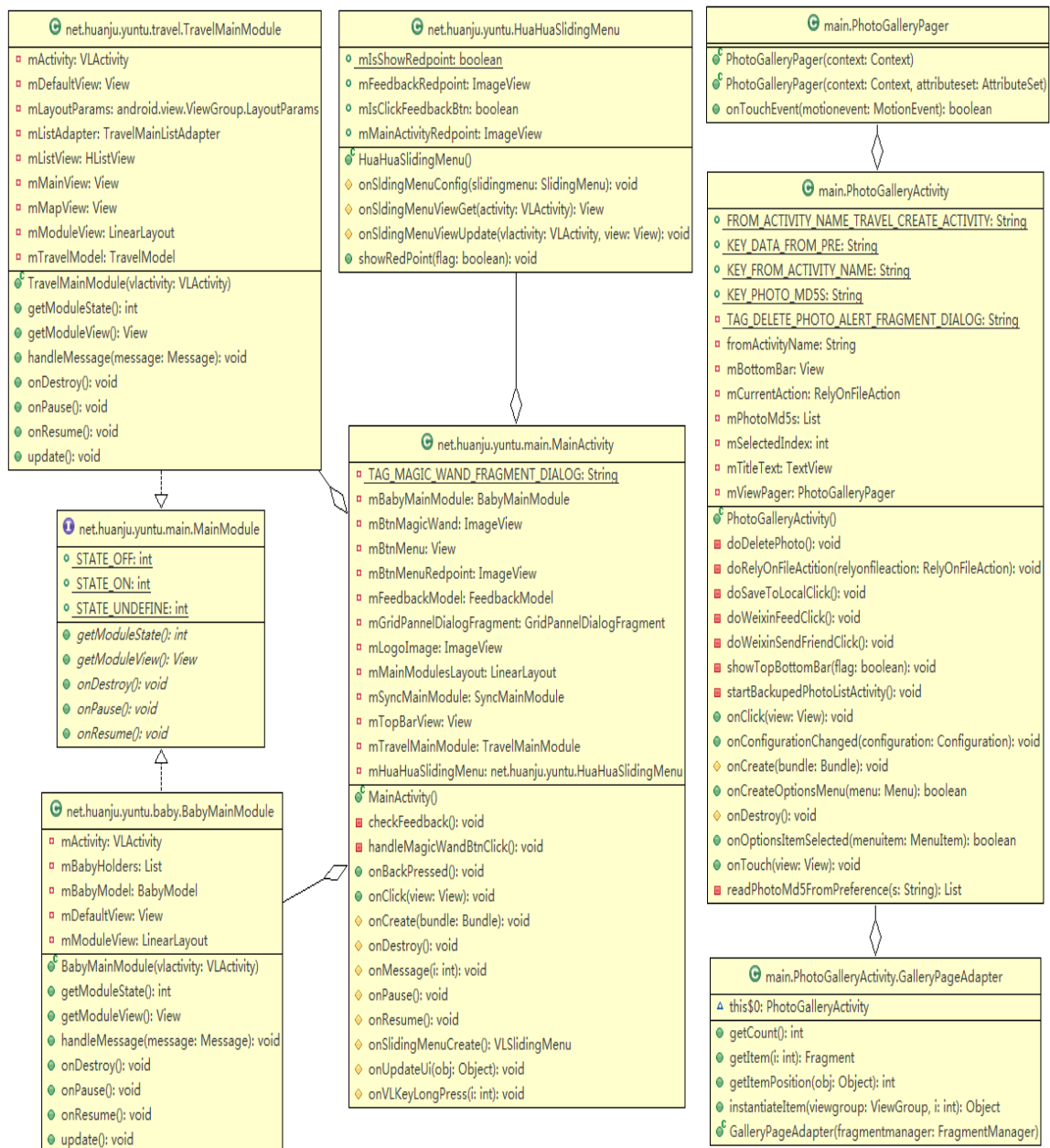


图 4-9 客户端主控制类设计图

由于系统类图复杂性较高，篇幅原因，在此仅再对婴儿专属相册相关的类图进行描述，其中包含完整的 baby 包以及部分 faces 包和 protocol 包中的类。其中 BabyAlbumActivity 类为婴儿相册的 Activity 控制类，BabyModel 类负责相册及相册中婴儿照片管理。BabyModel 类包含创建相册函数 createBabyAlbum()、删除相册函数 deleteBabyAlbum()，婴儿相册二维码信息函数 getBabyQRCodeInfo()、婴儿相册信息 getBabyGroupPhotoInfo()、婴儿人脸缩略图函数 babyFacesGetAndMark()、婴儿照片按时间排序函数 sortPhotos() 和获取婴儿相册用户信息函数 getBabyUsers() 等等。

BabySetting 类包含相册中婴儿信息设置的函数。BabyGalleryLargePhotoActivity 类包含婴儿照片的大图浏览功能函数。另外 BabyInfoDayListAdapter 是控制系统中显示婴儿年龄的时间适配器功能类。婴儿专属相册相关的类图如图 4-10 所示。



图 4-10 婴儿专属相册相关类设计图

## 4.4 数据库设计

基于 Android 的智能手机相册系统包含服务器端和客户端两个部分，本节重点对数据库表的结构设计进行描述。

### 4.4.1 数据库 ER 图

由于客户端相册注重随时为用户提供照片管理功能，而服务器端注重为用户提供数据备份和复杂计算。由于两端关注重点不同，需要的数据存储结构也会有所不同。如客户端需要实现照片预览，而服务器端不需要；服务器端需要存储图像人脸识别运算中产生的数据，这部分数据没有必要存在于客户端。虽然在数据库的结构设计上两部分略有不同，但是基本保持一致。为避免二次设计带来的时间浪费，系统数据库设计时采用包含所有可能出现的数据组成的数据库表结构，保证服务器端和客户端都能应用该数据库设计，仅仅在部分数据内容上某一端口会出现全部为空的情况。智能手机相册系统数据库设计如图 4-11 所示。

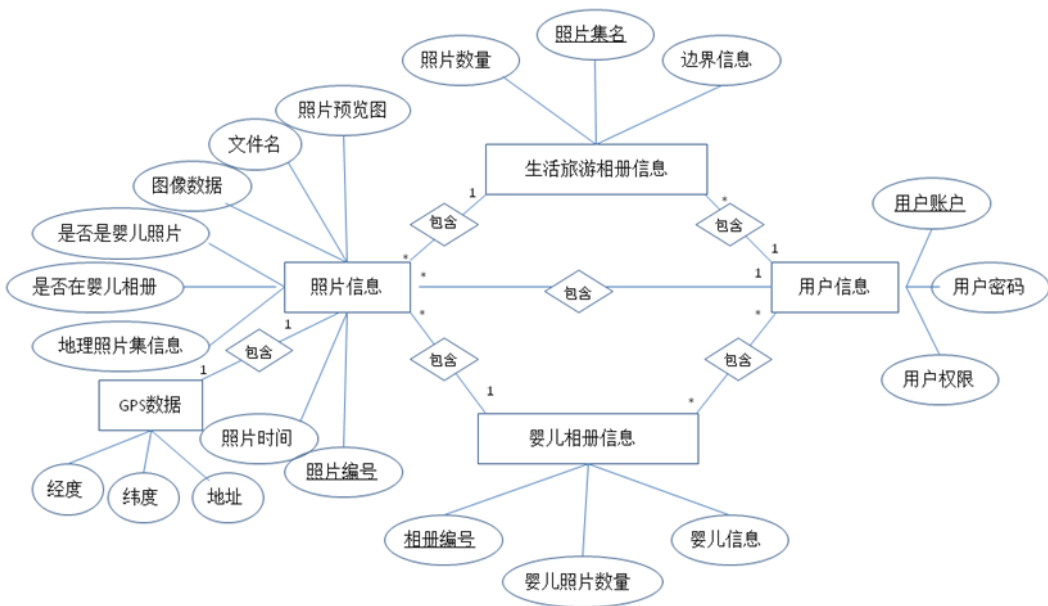


图 4-11 智能手机相册系统数据库 ER 图

### 4.4.2 数据库概念模型图

为了把现实世界中的具体事物抽象、组织为某一数据库管理系统支持的数据模型，设计中采用了数据库概念模型图的方式，具体如图 4-12 所示。

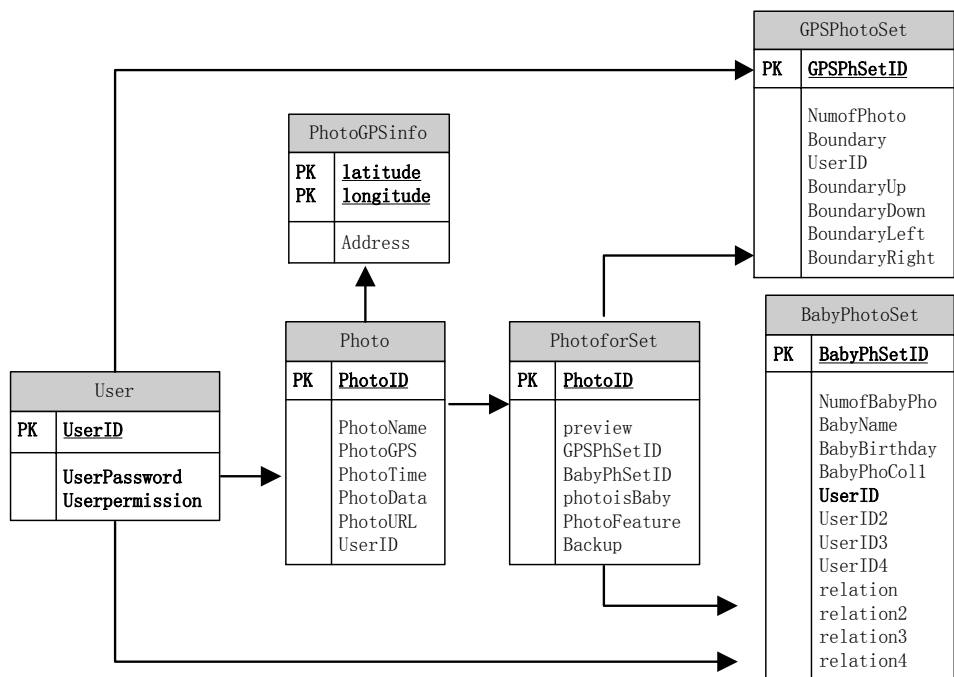


图 4-12 数据库概念模型图

### 4.4.3 数据库字典

系统数据库里面分别有用户信息、图片信息和相册集等信息，由于系统针对的是照片和照片集的管理，在数据的持久化存储中主要包括照片和照片集的属性，下面介绍在智能手机相册系统应用中数据库表的设计。系统数据库表设计如表 4-1 到 4-6 所示：

表 4-1 用户数据表

User				
字段名	数据类型	长度	说明	描述
UserID	varchar	18	非空，主键	用户名 ID
UserPassword	varchar	18	非空	用户密码
Userpermission	permission	4	非空	用户权限

表 4-2 图片数据表

图片数据表 photo				
字段名	数据类型	长度	说明	描述
PhotoID	int	11	非空，主键	照片 ID
PhotoName	varchar	18		照片名
PhotoGPS	GPS	30		照片 GPS 信息
PhotoTime	Time	8		照片拍摄时间
PhotoData	longlob		非空	照片数据
PhotoURL	varchar	60	非空	照片地址
UserID	varchar	18		用户名 ID



表 4-3 照片与照片集关系表

PhotoforSet				
字段名	数据类型	长度	说明	描述
PhotoID	int	8	非空，主键	照片 ID
preview	longlob			照片预览
GPSPHSetID	varchar	18		对应生活旅游照片集 ID
BabyPHSetID	varchar	18		对应婴儿照片集 ID
photoisBaby	bool	1	非空	图像是否含有婴儿
PhotoFeature	longlob			图像特征
Backup	bool	1	非空	是否已经备份

表 4-4 GPS 信息表

PhotoGPSInfo				
字段名	数据类型	长度	说明	描述
latitude	double	4	主键	经度
longitude	double	4	主键	纬度
Address	varchar	40		地址

表 4-5 生活旅游相册数据表

GPSPhotoSet				
字段名	数据类型	长度	说明	描述
GPSPHSetID	varchar	18	非空，主键	生活旅游照片集 ID
NumofPhoto	int	8	非空	照片集中照片数量
Boundary	longlob			GPS 边界数据
BoundaryUp	double[]			GPS 上边界
BoundaryDown	double[]			GPS 下边界
BoundaryLeft	double[]			GPS 左边界
BoundaryRight	double[]			GPS 右边界
UserID	varchar	18	非空	生活旅游照片集所属人 ID

表 4-6 婴儿专属相册数据表

BabyPhotoSet				
字段名	数据类型	长度	说明	描述
BabyPHSetID	varchar	18	非空，主键	婴儿相册 ID
NumofBabyPho	Int	12	非空	照片集中数量
BabyName	varchar	18		婴儿姓名
BabyBirthday	time	8		婴儿生日
BabyPhoCol1	text			系统消息记录
UserID	varchar	18	非空	婴儿照片集创建人 ID
relation	varchar	8		创建人与婴儿的关系
UserID2	varchar	18		婴儿照片集其他管理人 2 的 ID
relation2	varchar	8		管理人 2 与婴儿的关系
UserID3	varchar	18		婴儿照片集其他管理人 3 的 ID
relation3	varchar	8		管理人 3 与婴儿的关系
UserID4	varchar	18		婴儿照片集其他管理人 4 的 ID
relation4	varchar	8		管理人 4 与婴儿的关系

## 4.5 本章小结

本章首先从整体上介绍了系统的架构设计,并分别对服务器端和手机终端系统的设计进行了分析。然后,采用顺序图描述了系统中关键用例的实现,并对系统的静态结构和数据库表的设计进行了具体说明。

## 第五章 智能手机相册系统详细设计

本节详细介绍 Android 平台下手机智能相册中婴儿专属相册模块和生活旅游相册模块的详细设计,介绍了本论文实现的婴儿人脸检测和特征提取算法的流程和实现方法,并对提出了可放缩的网格格式地理区域分配方法的具体实现进行说明。

### 5.1 智能手机相册系统的 JNI 调用

OpenCV 提供了大量关于人脸识别相关类库和方法,在系统实现中调用该数据处理库可以减少开发的时间成本。在 Android 的智能手机相册系统中,本文通过采用了 JNI (Java Native Interface) 技术调用第三方开发的数据处理库 OpenCV 进行程序的实现。由此,本系统图像处理部分应用 Visual Studio 2010 和 opencv2.0 编译环境,对人脸特征提取选法编译为动态链接库,为 Java 程序调用提供接口。如图 5-1 所示。

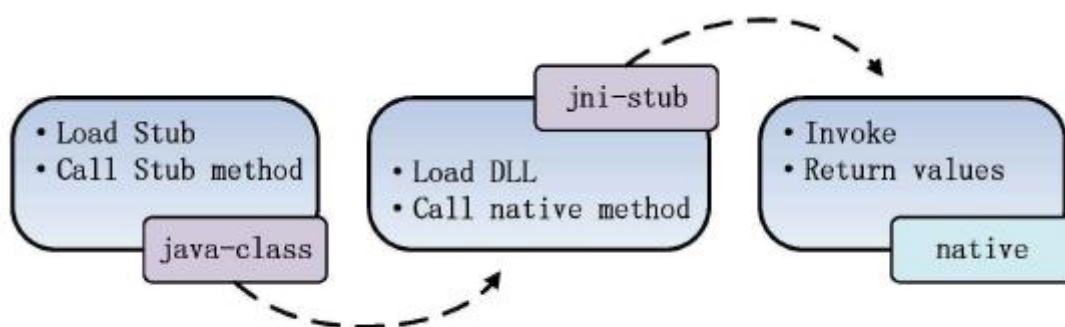


图 5-1: JNI 调用过程示意图

Java 通过 JNI 进行调用的方法如下：

```
package lveyo.bcndyl.jni.opencv;

public class JNIOpenCv extends JNIBase{
    public JNIOpenCv (String libraryName){
        super(libraryName);
    }
    public JNIOpenCv(){
        System.loadLibrary("jniOpenCV");
    }
    public native int[] detectFace(int minFaceWidth, int minFaceHeight,
        String cascade, String filename);
}
```

## 5.2 自动检测婴儿图像功能设计

自动检测婴儿图像功能实现是婴儿专属相册模块的重要部分和技术难点，其具体实现分为人脸检测、人脸对齐和特征提取以及 SVM 分类三个大的步骤。

### 5.2.1 人脸检测

英特尔公司在 2000 年发布的开源项目 OpenCV 库，其目的是提供一个工具来解决计算机图像的问题。该库是用 C/C++ 中，因此它可在多个操作系统支持多核通用 CPU 处理、GPU 处理和 CUDA (Compute Unified Device Architecture)。尽管 OpenCV 也可以使用某些外部库，但其拥有包括数百个 C 函数的跨平台的中、高层 API，基本不需要依赖于其它的外部库。基于 OpenCV 的默认脸检测模块实现了一个修改的 Viola-Jones 算法，是结合了图像处理与基于 AdaBoost 改进的机器学习算法。本文应用该算法和分类器进行人脸检测，其具体工作包括 4 部分：

- 1、加载分类器：应用 CascadeClassifier ("haarcascade\_frontalface\_alt.xml") 加载分类器。
- 2、加载检测图像：读取图像，并用 cvtColor 函数进行灰度类型转换。
- 3、多尺度检测：应用 detectMultiScale 函数进行多尺度检测，如果人脸被发现则确定一个位置 Rect(x,y,w,h)，把这个位置作为感兴趣区。
- 4、剪裁：去掉感兴趣区（可以适当扩大区域，使得整个面部都在图像内）以外的图像，对圈定的区域进行剪裁并返回人脸图像。剪裁的图像作为人脸特征提取部分的输入图像。

负责该功能的 FaceDetection 类其主要函数如表 5-1 所示。

表 5-1 FaceDetection 类主要函数列表

函数名	函数功能
cvCvtColor(img,gray,CV_BGR2GRAY);	图像格式转换
cvResize(gray,small_img,CV_INTER_LINEAR)	图像大小调整
cvEqualizeHist(small_img,small_img)	直方图均衡
cvHaarDetectObjects(.....)	Haar特征人脸检测
imgcropping(img)	图像剪裁

在实现中，首先对输入图像应用 cvCvtColor( ) 函数将图像从 RGB 色彩格式转换到灰度格式，再应用函数 cvResize( ) 函数重新调整源图像或其感兴趣区 (ROI)，

使它精确匹配目标图像或其 ROI，并通过 cvEqualizeHist(small\_img,small\_img)进行直方图均衡，然后在应用 cvHaarDetectObjects(img, cascade, storage, scale\_factor, min\_neighbor, cvSize(s1,s2)) 函数实现人脸检测，并图检测出的人脸通过 imgcropping(img)进行剪裁，为下一步婴幼儿与非婴幼儿人脸分类作准备。其中，人脸检测主要用的函数数据如下：

```
CvSeq* cvHaarDetectObjects(  
    const CvArr* image,           //一个灰度图像  
    CvHaarClassifierCascade* cascade, //读入的分类器特征级联  
    CvMemStorage* storage,        //算法的工作缓存  
    double scale_factor CV_DEFAULT(1.1), //两个不同大小窗口之间的尺寸关系  
    int min_neighbors CV_DEFAULT(3), //控制检测次数和误检测  
    int flags CV_DEFAULT(0),       //分类器跳过平滑区域  
    CvSize min_size CV_DEFAULT(cvSize(num1,num2)), //寻找人脸的最小区域  
    CvSize max_size CV_DEFAULT(cvSize(num3,num4)) //寻找人脸的最大区域  
);
```

5.2.2 特征提取

特征提取分为 ASM 特征提取、人脸归一化和 C1-S 特征提取三个步骤。在设计中， 本文分别按照不同作用为 faceExtraction（人脸特征提取）功能定义了 3 个类：ASMMModel、Normalization 和 CSFeaExtraciton。

ASMMModel 类主要定义了 ASM 特征提取方法，其主要函数如表 5-2 所示。

表 5-2 ASMMModel 类主要函数列表

函数名	函数功能
buildModel(const string& shapeDefFile, const string& ptsListFile)	创建 ASM 模型
buildLocalDiffStructure()	创建差异结构
findParamForShape(const ShapeVec &Y, ASMFitResult & fitResult)	用于发现 ASM 特征

设计中借鉴了 Subversion 提供的 asmlib-opencv 的 ASM 特征提取具体方法<sup>[45]</sup>，实现对面脸特征的初步提取。它的输入是在人脸检测中提取的人脸图形，经过灰度处理，将图像从 RGB 空间转化为灰度图。在通过 ASM 方法，首先标定图像中脸部的

58 个点，作为人脸的 ASM 特征。

表 5-3 Normalization 类主要函数列表

函数名	函数功能
normalize(point[] ASMresult)	图像归一化
cut(image normal )	图像剪裁

Normalization 类主要功能是实现检测图像提取人脸部分的归一化。表 5-3 所示，normalization(point[] ASMresult)函数，通过对人两只眼睛中心 O 点，以双眼为水平线对图像进行旋转，通过缩放，使得眼部中心间标定距离为 28。cut(image normal )函数对产生的结果进行剪裁，使它成为以 O 点为图像中心，大小为 64\*96 的人脸图。

表 5-4 CSFeaExtraciton 类主要函数列表

函数名	函数功能
creatS1Layer(int Filtersize,double Sigama,double Lambda)	创建 S <sub>1</sub> 层
creatC1Layer(int poolgrid,int Overlap)	创建 C <sub>1</sub> 层
C1SFeature(image x,orientation y,int Scaleband)	求图像 C <sub>1</sub> S 特征

CSFeaExtraciton 类主要功能是提取 64\*96 人脸图的 C<sub>1</sub>-S 特征，它包含 3 个函数，creatS1Layer 函数作用是通过调整 Garbor 滤波器参数实现对图像 S<sub>1</sub> 层的创建，creatC1Layer 函数作用是通过调整网格和重叠，基于图像 S<sub>1</sub> 层的数据求得图像 C<sub>1</sub> 层数据。C1SFeature 函数主要是针对已经得到 C<sub>1</sub> 特征和 S 特征进行整合，实现图像 C<sub>1</sub>-S 特征的提取。如表 5-4 所示。

### 5.2.3 人脸分类

实现婴儿人脸检测模块，需要有针对的收集一些婴儿人脸图像。为此，本论文针对婴儿人脸识别具体的应用场景，通过爬虫软件从网络上获得婴儿照片作为照片集进行训练。通过网络汇集的照片有部分整体清晰度不高，或者人脸部分模糊得无法使用，本论文选取其中较为优良的图片来建立数据库，共有婴儿照片 520 张，成人照片 520 张。按照前面脸特征提取的办法，对婴儿人脸库和成人人脸库的照片进行人脸特征提取。ASM 用于每个图像以获得 58 面部标志和我们归一化的图像中的位置，大小和方向。最终图像的大小为 64\*96 像素，每个像素 8 位的灰度级。该图像是作为一个 6982 维向量 (C<sub>1</sub> -S 特征)，并且没有进一步降维 (例如 PCA)。然后通过使用 OSU SVM<sup>[46]</sup>

应用  $C_1-S$  特征对图像进行分类。本文从 1040 幅图像中分别找出 400 张婴幼儿图像和非婴幼儿图像用于 SVM 训练，每组剩余的 120 张进行 SVM 检测。最后，把提取出来的特征保存到数据库，后面用户上传照片时可同时对人脸库已有的人脸特征进行分析比对，判断是否符合婴儿面部特征，实现人脸分类器。

### 5.3 地理位置分类模块详细设计

按照地理位置进行图片分类的功能实现是生活旅游相册模块的技术核心和难点。为此，本文提出了可放缩的网格格式地理区域分配方法，具体实现方法遵循 2.4 节中的原理。该方法也是本文的一个创新点。

如表 5-5 和 5-6 所示，为该模块主要类和函数的设计。GPSDetection 类中主要包含对图像 GPS 信息提取和整理的函数。GPSClassify 类中主要包含对含有 GPS 信息的照片集进行分类的函数。

表 5-5 GPSDetection 类主要函数列表

函数名	函数功能
MAP_API(img image)	提取图片的 GPS 信息
CreatGPSTable(double[], img[], userID[])	创建照片 GPS 信息表
setPhotoSet(double lati, double longi, int id)	用 GPS 信息划分初始照片集

表 5-6 GPSClassify 类主要函数列表

函数名	函数功能
getGPSPhoto(GPSlable lab, int userID)	获取照片 GPS 信息表
setGPSSet(GPSSetMap x, int userID)	地理照片分类
sort (GPSSetMap[])	按照片数量对照片集排序
setDivFour(GPSSetMap x)	对照片集按 GPS 信息分解
Connect(GPSlable x1, GPSlable x2)	邻近照片集合并

可放缩的网格格式地理区域分配具体实现方法是：首先，取得图像的经纬度信息，通过 Map API 取得照片对应的图片地址，并为图片进行命名。然后，对已有 GPS 范围内进行等大小分块，分块的原则是仅对已有照片的区域进行，使得任何图像集中总数不超过图像集大小阈值的  $4 \times \text{DivTimes}$ （方法中的最大分解次数）倍的情况下，图像集中的图像数量达到最多。以此保证能进行区域分解的正常进行，并不会使得区域分布得过多。其中，经实践检验 DivTimes=3 时，图像分类的效果和计算效率达到较好水平。然后逐个对每个块的图像集中图像数量进行检测，如果大于图像集最大阈值，

则将其分解，如此进行下去。具体方法伪代码如下：

```
ImgInfoBean imgInfoBean = printImageTags (file,  metadata);
imgInfoBean.setLatitude (pointToLatlong (desc));
for: i=0; i<n ; i++
    latitude[i] =imgInfoBean.getLatitude();//经度
    longitude[i] = imgInfoBean.getLongitude();//纬度
    GpsAdress[i]=Exif(latitude[i],  latitude[i]).getAdress ();//地名
    Photo[i].setName(GpsAdress[i]+i);//为图片命名
    Photo[i].setPhotoSet(latitude[i],  longitude[i]);//将图片置于图片集
for : u = 0 ,   u < DivTimes 1 ,   u ++ //DivTimes 为最大分解次数
    for : v = 0 ; v < 4 * u ; v++
        if  PhotoSet[j, k, u, v].getNum( ) < size;
            PhotoSet[j, k, u, v].setDivFour( );
```

最后，将所有分解的图像集的数量 PhotoNum 和图像集的参数（j，k，u，v）制成表 MapPhotoNum，按照 PhotoNum 大小的顺序排列，对其中最小的图像集邻接的图像集进行遍历，取其中最小的进行合并，然后进行迭代，直至图像集中没有合并后超出图像集中图片数量阈值为止。其伪代码表示如下所示：

```
MapPhotoNum.Sort( );
PhotoSetID  Photo_set ;
do:
    Photo_set = MapPhotoNum.getMin( );//图像最少单元
    for : m = j - u ,   n = v - k ; m < j + u ,   n < j + v ; m++ ,   n++
        for : u = 0 ,   v = 0 ; u < DivTimes,   v < DivTimes ; u++,   v++
            Neighbour_Num, push(PhotoSet[m, n, u, v]); //取得邻接图像单元信息
            Photo_set . Connect( Neighbour_Num.getMin( ) ); //连接邻进最小的单元
while(MapPhotoNum.getMin( )>size)
```



## 5.4 本章小结

本章重点讲述了系统详细设计中需要解决的重点问题，并对解决方法进行了描述。主要内容包括 JNI 技术的引用，婴儿专属相册模块中人脸检测、特征提取和人脸分类的主要方法，以及生活旅游相册模块中可放缩的网格式地理区域分配方法的设计。

# 第六章 基于 Android 的智能手机相册实现和应用部署

本章对基于 Android 的智能手机相册的开发环境和运行环境介绍。展示了系统的界面设计和系统测试结果并对测试结果进行必要分析。

## 6.1 开发工具和运行环境

系统开发应用个人计算机，为系统按设计部分实现系统，采用了如表 6-1 所示的软硬件环境。

表 6-1 系统开发环境表

硬件环境	
CPU 配置	Intel Core DUO @ 2.30GHz
内存配置	2.0GB
软件环境	
操作系统	Windows 7
开发工具	Eclipse、Microsoft Visual Studio 2010、Matlab 7.0
开发语言	Java、C++、JSP、JavaScript、Matlab
数据库	MySQL5.0 & SQLite
其他支持	OpenCV 2.0 运行库、Baidu Map API、asmllib-opencv、OSU SVM

初始应用中，系统服务器安置在阿里云服务器，其运行环境如表 6-2 所示。

表 6-2 系统服务器运行环境表

硬件环境	
CPU 配置	4 核
内存配置	4GB
公共带宽	5M
存储容量	1T
软件环境	
操作系统	Ubuntu12.04
数据库	MySQL & SQLite

## 6.2 智能手机相册系统实现与应用

智能手机相册由于系统主要应用在 Android 手机上，其系统实现是主要注重系统的以 Activity and Task 为主的功能实现和 XML 界面设计。一系列有关联的 Activity、

框架结构、信息数据和功能库组成的 apk 文件构成了 Android 应用。Task 则是一系列使用户完成既定操作的 activity 的集合,它不用去关心这些 activity 是哪个应用程序里面的, Activity and Task 实现核心在于在总体上合理设置 Activity 的启动、跳转、重用和 Activity 的数据传输,以及 Task 的启动、调用和终结 Activity、结束和多 Activity 的管理。界面设计的基本原则是布局合理、简洁大方和易于操作。在设计中,不同功能的 Activity 应用不同的框架,形成完整的运行界面。以下根据系统应用中常用情景进行系统任务和界面的简单介绍:

(1) 婴儿专属相册功能

婴儿专属相册功能任务主要分为婴儿照片的提取、婴儿相册的组建和管理。婴儿照片提取通过手机端接口向服务器发送提取请求。服务器通过系统设计中的方法,提取含有婴儿照片的 ID,并发送到手机端,并形成婴儿照片缩略图供用户选择。用户可以选择推荐的照片并进行相册的创建。如图 6-1 所示为婴儿专属相册组建流程用例相关界面。

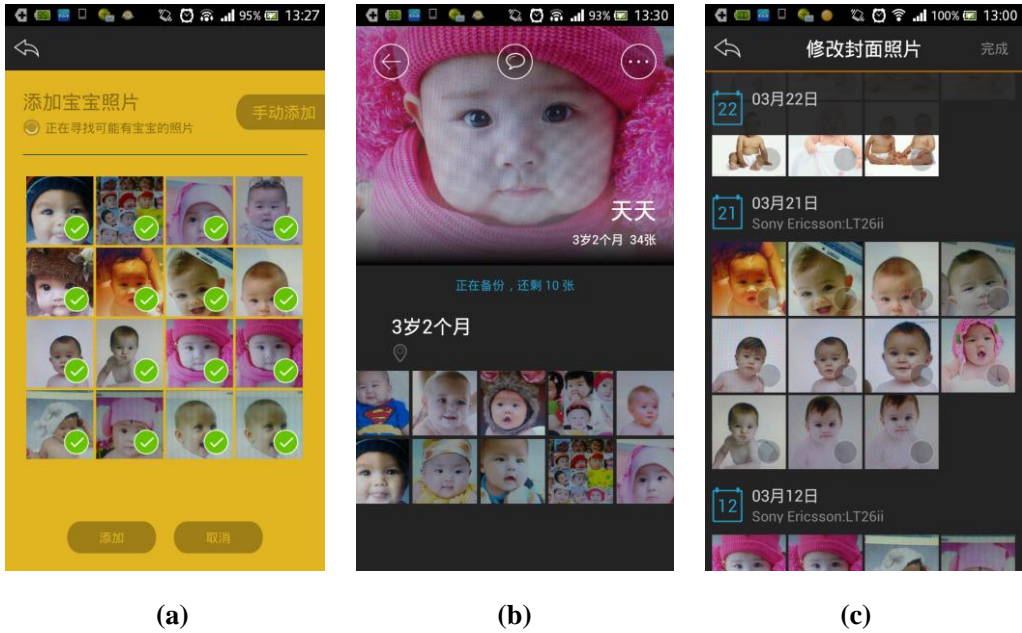


图 6-1 (a)系统自动寻找婴儿图片界面 (b)婴儿相册查看界面 (c)婴儿相册管理界面

同时,用户也可以通过点击手动添加进入相册管理,从图片库中选取照片来添加到相册。通过对婴儿生日的设置,根据照片的拍摄时间信息,相册界面中会显示照片中婴儿的年龄。另外,也可以设置相册封面、删除相册中相片、设置用户与婴儿的关

系以及邀请其他用户共同管理相册。

### （2）生活旅游相册功能

婴儿专属相册功能任务主要分为含有 GPS 信息照片提取和分类、生活旅游相册的组建和管理。生活旅游照片提取通过手机端接口向服务器发送提取请求。服务器通过系统设计中的方法，将有 GPS 信息的图片进行统计和分类，并将分类的照片集和照片集内的图片 ID、地址名和照片时间信息发送到手机端。手机端根据这些信息，自动组建不同地区的生活旅游照片集。用户可以通过点击“创建专辑”来实现相册的组建。在相册中可以浏览照片，并能看到照片所在地的 GPS 地理位置、照片时间等信息。用户也可以手动为照片集添加和删除照片，也可以对照片集进行删除、重命名和重新组建等操作。如图 6-2 所示为生活旅游相册照片组流程界面。



图 6-2 (a)系统自动寻找旅游照片相册 (b)组建编辑旅游相册 (c)查看相册照片

### （3）照片备份与分享功能

照片备份与分享功能任务主要包括网络检测、照片上传和下载以及照片分享。当系统自动检测到当前的网络状态为通畅时，系统自动提醒用户进行图片备份。当选择备份后，手机端绑定用户和照片信息，并发出备份请求。服务器端验证后接受照片，并存储到对应用户的照片集中。只有该用户可以对上传的进行全权管理，但婴儿照片集除外，它也可以实现多用户管理。在用户已经通过该手机登录微信客户端等情况下，照片也可以通过调用这些客户端的图片分享功能进行图片的上传和共享。如以微信朋

友圈照片分享为例，可以通过选择从相册中添加照片、选择图片的可见范围、提醒观看人、分享图片时用户所在位置以及用户发照片时的心情等等。图 6-3 所示为图片备份和生活旅游相册照片分享界面图。



图 6-3 (a)我的相册和照片备份界面 (b)选择分享图片界面 (c)图片分享设置界面

### 6.3 系统测试

本节重点对 Android 手机相册的主要功能和整体性能进行了测试。通过与系统的需求相比较，测试结果可以通过。另外，系统也经过了用户调查反馈，初始用户认为该系统是有实际使用价值的 Android 应用。

#### 6.3.1 系统功能测试

智能手机相册的功能测试主要是针对用户需求用例，对系统功能的实现进行逐一测试。系统的功能包括婴儿相册、生活旅游相册组建与管理，照片备份、分享、重复图片检测等等，本小节仅对部分重要用例测试情况进行展示。表 6-3 是对婴儿专属相册组建的用例进行测试，选用的数据集是在网络上的自选照片婴儿照片 120 张，非婴儿照片 120 张。表 6-4 是对生活旅游相册照片组建测试用例进行测试，测试数据集为 1000 幅含有 5 个不同省 GPS 信息照片。表 6-5 是对生活旅游相册照片分享测试用例进行测试。

### 表 6-3 婴儿专属相册组建用例测试表

婴儿专属相册组建测试用例			
模块编号:	001	模块名称:	婴儿专属相册模块
前置测试用例	图片浏览测试用例	模块完成人:	王华旭
功能点:	管理婴儿专属相册	优先级:	高
测试人:	王华旭、邓伟	修改人:	王华旭
测试步骤:	1 登陆系统 2 点击婴儿专属相册 3 设置宝宝相册信息 4 点击添加宝宝照片 5 浏览系统提供的宝宝照片 6 选择全部添加 7 选择手动添加 8 在全相册中选择照片 9 选择完成 10 浏览婴儿专属相册		
环境条件	Android 手机中含有 50 幅婴儿的照片、50 幅成人照片和 50 幅非人物的照片		
预期结果:	能够成功设置宝宝相册信息，成功自动检测婴儿照片文件，成功手动添加相册照片，能够浏览婴儿专属相册		
测试结果:	成功； 自动提取照片共 47 幅，其中婴儿照片 41 幅，成人照片 6 幅。		

### 表 6-4 生活旅游相册照片组建测试用例测试表

生活旅游相册照片组建测试用例			
模块编号:	002	模块名称:	生活旅游相册模块
前置测试用例	图片浏览测试用例	模块完成人:	王华旭
功能点:	生成生活旅游相册	优先级:	高
测试人:	王华旭、邓伟	修改人:	王华旭
环境条件	Android 手机中含有 1000 幅含有 5 个不同省 GPS 信息的照片		
测试步骤:	1 登陆系统 2 进入生活旅游相册 3 点击添加专辑 4 进入检测旅游照片界面 5 浏览检测到的照片 6 点击创建相册 7 选择一个照片集 8 为照片集设置名称 9 进入照片集查看照片		
预期结果:	能够成功查看照片集，照片集中的照片按照拍摄地点命名，距离较远的地区照片被分到不同的文件集内，没有一个照片集的照片大于 140 张。少于 10 张照片的文件集不超过 1 个。		
测试结果:	成功		

表 6-5 生活旅游相册照片分享测试用例测试表

生活旅游相册照片分享测试用例			
模块编号:	003	模块名称:	生活旅游相册模块
前置测试用例	旅游相册组建测试用例	模块完成人:	王华旭
功能点:	分享生活旅游照片	优先级:	高
测试人:	王华旭、邓伟	修改人:	王华旭
测试步骤:	1 登陆系统 2 进入生活旅游相册 3 进入一个照片集 4 选择要分享的照片 5 点击菜单栏 6 选择分享到微信朋友圈 7 输入此刻想法 8 选择发送照片 9 登陆好友微信并进入朋友圈 10 查看分享照片		
预期结果:	能够通过好友的微信朋友圈成功查看分享了的照片		
测试结果:	成功		

在婴儿专属相册组建测试中,婴儿人脸识别的正确性比率为 82%。通过对人脸检测和人脸按年龄分类方法分别进行分析。在 100 幅含有成人及婴儿人脸照片中,共检测到人脸照片 92 张(成人 47 张,儿童 45 张),准确率为 92%。对 92 张照片进行人脸分类,其中检测到的婴儿和成人人脸照片分别为 47 张和 45 张,婴儿照片集中含有 41 婴儿照片,6 张成人照片,正确率为 91%;成人照片集中含有婴儿照片 4 张,成人照片 41 张,正确率为 87.2%;婴儿人脸分类的算数平均正确率为 88.1%。该系统能较好的识别婴儿照片。

### 6.3.2 系统性能测试

通过百度移动云测试，对 Android 手机客户端系统的性能进行测试。测试中共应用 17 种 Android 手机，其中安装测试、卸载测试、UI 匹配、遍历测试和稳定性测试通过率均为 100%。启动时间、流量耗用、CPU 占用、内存占用测试测试结果数据均满足需求。如表 6-6 所示。

应用表 6-6 的测试环境，在云端手机上实现了对系统启动性能、整体测试性能的测试，主要对系统在各个手机中的启动时间、CUP 耗用比、内存占用量和流量耗用量情况进行说明。具体数据表 6-7 和表 6-8 所示。

表 6-6 系统测试环境

APP 名称：智能手机相册	版本：3.1.0
测试日期：2014-03-17	测试网络环境：WLAN
实际终端执行数：17 款	测试终端通过数：17 款
品牌覆盖：三星 HTC	
系统版本覆盖：android 2.3.6 android 2.3.7 android 4.0.4 android 4.3	
分辨率覆盖：480x800 800x1280 320x480 480x320	
测试套餐：全面兼容性测试	
测试项：安装卸载测试 UI 适配性测试 稳定性测试 性能测试 遍历测试	

表 6-7 智能手机相册启动性能测试数据表

	启动时间	CPU	内存
最大值	1.27s	18.25%	57.54 MB
手机型号	三星 I929	三星 I9100G	三星 I929
最小值	0.08 s	0.57 %	9.98 MB
手机型号	三星 I919	三星 I8530	三星 I8150
平均值	0.71s	3.40%	39.54MB

表 6-8 智能手机相册整体性测试数据表

	启动时间	CPU	内存	流量耗用
最大值	4.66 s	31.68%	60.53 MB	264.03 KB
手机型号	三星 I919	三星 I8250	三星 I929	三星 B9062
最小值	0.84 s	0.84 s	9.98 MB	0.18 KB
手机型号	三星 I9220	三星 I699	三星 I8150	三星 I919
平均值	2.11 s	14.68 %	39.54MB	109.36 KB

在系统整体性测试过程中，17 款手机应用该软件运行时间 CPU 占用的高峰在 0%-9%的占 29%，在 9%-18%之间的占 47%，在 18%-27%的占 18%，在 27%-37%的占 6%。系统 CPU 占用可以满足一般智能手机的计算性能需求。内存占用 34MB-51MB 的占 88%，并且最大内存消耗不超过 61MB，可以满足一般智能手机的内存需求。在不进行网络备份照片的情况下，系统登录等其他通信服务，占用流量平均在



109.36Kb,84%的手机测试中应用流量在 176K 以下，且最大消耗为 264.03 KB，可以满足用户需求。CPU、内存和流量耗用测试结果情况如图 6-5 所示。

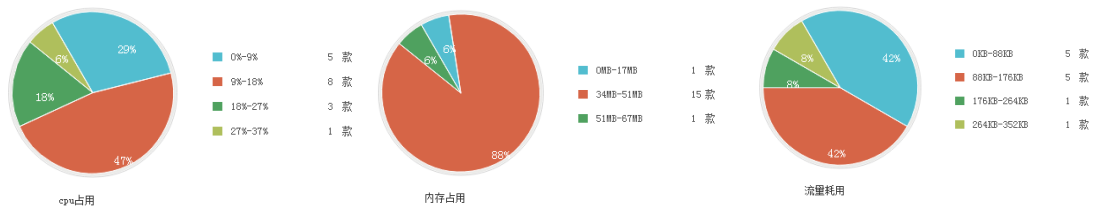


图 6-4 CPU、内存和流量耗用测试结果图

已经被实证表明<sup>[44]</sup>，对图像浏览系统应用的客观评价是不可能执行的。因此测试中基于收集用户反馈，进行初步的研究。为此，让一组 30 个软件工程专业本科学生参与并安装在他们智能手机上应用。用户能够使用该手机相册浏览自己的私人照片，并能对生活旅游照片进行合理分类，在网上下载的婴儿照片也能得到较好的自动提取。此外，通过网上发布应用，收到网友反馈都认为开发的应用程序非常有用，是非常有前途的。

## 6.4 本章小结

本章首先介绍了基于 Android 的智能手机相册的开发环境和运行环境，并展示了系统的运行界面，说明了系统的可用性，对系统客户端的性能进行了测试，并进行了必要的分析。

## 第七章 总结和展望

### 7.1 总结

通过本课题的具体设计和实现以及本文的撰写,让本人对人脸检测、照片分类和图像可视化的相关知识有了深入的理解,也对基于 Android 平台的软件开发有了更加直观深入的感触。

本文先分析了基于 Android 的手机相册应用开发、图像分类管理、婴儿专属相册和地理信息分类相册的研究背景和现状,在此基础上规划了此次课题的主要研究内容:一是重点利用人脸识别相关技术,通过从图像集中检测含有婴儿照片的方法,实现对用户手机相册中婴儿照片的自动提取功能,帮助家长为婴儿制作专属的成长相册。二是利用图像分类相关技术,实现对用户手机中含有 GPS 的图片自动提取和分类的功能,帮助用户组建生活旅游相册。三是对基于 Android 平台的智能手机相册进行设计和开发,为实现多功能智能手机相册设计了良好的结构框架和界面,实现了照片的网络备份、社交网站分享功能和快速清理重复、模糊和网络浏览残留照片等功能。确立了研究的主要目标:将人脸检测和分类技术、图像可视化和 Android 应用开发有机地结合在一起,实现智能手机终端通过婴儿人脸识别、GPS 信息对图像分类、云服务器存储和照片分享等功能来高效管控手机照片,希望带给使用者带来良好的手机照片浏览体验,这款智能手机相册系统完全是以用户为本,一切以用户的感受为出发点和落脚点。

本文通过分析智能手机相册的功能性与技术性需求,从而确立了技术选型,进而完成了智能手机相册系统的概要设计,对具体模块进行了详细设计和功能实现。本文在专属婴儿相册的设计中应用了基于 AdaBoost 的人脸检测技术检测到包括婴幼儿和成年人脸后,在通过提取  $C_1$ -S 特征用于 SVM 方法筛选婴儿照片的方法,相比直接通过学习婴儿人脸样本进行婴儿人脸检测有更高的准确性,也减小了寻找婴儿人脸合适的反例样本的难度。婴儿人脸检测技术是通过与已有技术的结合实现的,其中由于引用了 Wang 等<sup>[37]</sup>人的婴幼儿人脸识别的方法,尽管其方法只是针对标准人脸库

FG-NET 有较好的结果（准确率约 90%），对复杂图像集的检测效果是非常低的（准确率低于 50%）。而对文中的方法，在复杂图像集中的检测效果可以提高到 70% 以上，本文的测试图像数据中达到 82%。因此，本文的方法是有实际意义的。同时，在生活旅游相册设计中实现了对含有 GPS 信息图像按照拍摄地点分类的功能，使拍摄地点近的照片被放到一个文件集中。为解决照片分类中可能出现的图像积聚和极少图像成为一个图像集的问题，提出了可放缩的网格格式地理区域分配方法，使得图像在各个图像集中较为均匀的分布。该方法的提出是通过对一些可视化方法研究得到的启发。此外，为提供良好的用户体验，在系统设计中添加了网络备份和分享图片等功能，由于这部分技术性不强，故在本文中并没有深入探讨。

系统的服务器端被部署在阿里云服务器，并且 Android 终端应用通过云测试通过了性能检测，目前应用已经投入安卓市场，并得到了用户的普遍好评。本次课题的具体实现和本文的撰写工作大大提高了本人在项目研究、开发编码、文档规范编写等方面的能力，让本人获益良多。

## 7.2 展望

本系统现存的问题是没有覆盖全部需求的功能，但将会根据用户的需要进一步在软件中逐步加入更多的服务。一个完善的智能手机照片管理系统涵盖了多种图像分类方法供用户进行选择，比如基于图像内容的场景识别技术也逐渐进入手机相册研究方面的视野。广义的智能手机相册系统还涉及诸多领域，包括多功能照相以及对图像的编辑、美化和交互分享等，并能实现对手机照片的高效有序管理。更多更强大功能的实现将会为更多用户提供优质的图片管理服务。另外，由于本系统的实际应用中效果不是总能符合用户需求，今后逐步完善和深入研究主要聚焦在三个方面：

- 1、优化婴儿人脸检测方法。系统的人脸检测系统部分由于需要人脸检测和人脸分类两步，而两个步骤都会有一定错误率，使得图片检测的正确率下降。而且，系统由于引用了多步的检测、特征提取和分类技术，计算量相对较大。下一步可以通过优化其中的细节，提高计算效率。

- 2、实现场景分类。图像场景内容分类的研究日益进步，但在手机相册应用中还

没有得到广泛应用。其实现其重点要找到一种能符合广大用户照片浏览习惯和实际需求的分类方式，并且可以对分类结果要求较高的准确性。这方面是智能手机相册进一步开发的研究方向。

3、加强系统可视化。手机照片管理应用需要良好的可视化效果，如一些研究人员<sup>[47]</sup>提出了六角晶格式分层浏览等可视化方法，在智能手机相册的进一步开发中可以加以应用来提高用户体验。另外 Android 手机本身自带一些传感器，如陀螺仪传感器等，可以应用到照片浏览的设计中，使得照片更加生动灵活的展现在用户面前。

## 参考文献

- [1] Rodden, K., Wood, K.: How do people manage their digital photographs? In: SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 409 – 416 , 2003
- [2] Shi Z, Sun X, Wu F. Photo Album Compression for Cloud Storage Using Local Features [J]. IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, Vol. 4, NO. 1, 2014
- [3] CNNIC , 2014 年第 33 次中国互联网络发展状况统计报告 , <http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwzxbg/>, 2014
- [4] Krischnamachari, S., Abdel-Mottaleb, M.: Image browsing using hierarchical clustering. In: IEEE Symposium on Computers and Communications, pp. 301 – 307 , 1999
- [5] Gerald Schaefer, Matthew Tallyn, Daniel Felton, David Edmundson, William Plant, Interactive Exploration of Image Collections on Mobile Devices, Active Media Technology Lecture Notes in Computer Science Volume 7669, pp.288-296, 2012
- [6] Nguyen, G., Worring, M.: Interactive access to large image collections using similarity-based visualization. Journal of Visual Languages and Computing 19, 203 – 224, 2008
- [7] L Cao, J Luo, H Kautz, TS Huang, Image annotation within the context of personal photo collections using hierarchical event and scene models. IEEE Transactions on, pp.208-209, 2009
- [8] Lanitis A, Draganova C, Christodoulou C. Comparing different classifiers for automatic age estimation[J]. Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on, 2004, 34(1): 621-628
- [9] Lawrence S, Giles C L, Tsoi A C, et al. Face recognition: A convolutional neural-network approach[J]. Neural Networks, IEEE Transactions on, 1997, 8(1): 98-113
- [10] Guo, Guodong, Stan Z. Li, and Kap Luk Chan. "Face recognition by support vector machines." Automatic Face and Gesture Recognition, 2000. Proceedings. Fourth IEEE International Conference on. IEEE, 2000
- [11] Turk M, Pentland A. Eigenfaces for recognition[J]. Journal of cognitive neuroscience, 1991, 3(1): 71-86.
- [12] Bartlett, M.S., Movellan, Javier R., Sejnowski, T.J. Face recognition by independent component analysis. Neural Networks, IEEE Transactions on (Volume:13, Issue: 6 ), pp.1450 - 1464, 2002
- [13] F. Z. Chelali, A. Djeradi, and R. Djeradi. Linear Discriminant Analysis for Face

- Recognition. International Conference on Multimedia Computing and Systems Ouarzazate, Morocco, pp: 1-10, Apr. 2009
- [14] Lin C J. Projected gradient methods for nonnegative matrix factorization [J]. Neural computation, 19(10): 2756-2779, 2007
  - [15] Belhumeur PN, Hespanha JP, Kriegman DJ., Eigenfaces vs. Fisherface: recognition using class specific linear projection. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 711-720, 1997
  - [16] Schneiderman H, Kanade T. Probabilistic modeling of local appearance and spatial relationships for object recognition. Computer Vision and Pattern Recognition, 1998. Proceedings. 1998 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 1998: 45-51
  - [17] Moghaddam B, Pentland A. Probabilistic visual learning for object representation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence , 19 (7): 696-710 , 1997
  - [18] Samaria F, Young S. HMM based architecture for face identification. Image and Computer Vision, 12(8):537-543, 1994
  - [19] Viola, Paul, and Michael Jones. "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features." Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on. Vol. 1. IEEE, 2001.
  - [20] R. Brunelli and T. Poggio. Face Recognition: Features versus Templates. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 15(10): 1042-1052, 1993.
  - [21] A. L. Yuille, D. S. Cohen, and P. W. Hallinan. Feature extraction from faces using deformable templates. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, CA, pp: 104-109, Jun. 1989
  - [22] C. Huang and C. Chen. Human Facial Feature Extraction for Face Interpretation and Recognition. International Conference on Pattern Recognition Methodology and Systems. The Hague, Netherlands, vol. 2: 204-207, Aug. 1992
  - [23] L. Wiskott, J. M. Fellous, N. Kruger, and C. von der Malsburg. Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19(7): 775-779, Jul. 1997
  - [24] Zabrodsky H, Peleg S, Avnir D. Symmetry as a continuous feature [J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 17(12): 1154-1166, 1995
  - [25] Riesfield and Y. Yeshurun, "Robust Detection of Facial Features by Generalised Symmetry". Proc. 1 lth Int Conf. on Part. Recog., pp. 117-120, (1992)
  - [26] Lee, Jae-Young, and Suk I. Yoo. "An elliptical boundary model for skin color detection." Proc. of the 2002 International Conference on Imaging Science, Systems, and Technology. 2002
  - [27] C. Wallraven, A. Schwaninger, and H. H. Bulthoff. Learning from Humans: Computational Modeling of Face Recognition. Network, 16(4): 401-418, Dec. 2005

- [28] Saber E, Tekalp A M. Frontal-view face detection and facial feature extraction using color, shape and symmetry based cost functions [J]. *Pattern Recognition Letters*, 1998, 19(8): 669-680
- [29] A. Lanitis, C. Draganova, and C. Christodoulou, "Comparing different classifiers for automatic age estimation," *IEEE Transactions On Systems Man and Cybernetics, Part B*, vol. 34, Jan. 2004, pp. 621-628, doi: 10.1109/TSMCB.2003.817091
- [30] X. Geng, Z.H. Zhou, K. Smith-Miles, "Automatic age estimation based on facial aging patterns," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 29, Dec. 2007, pp. 2234-2240, doi: 10.1109/TPAMI.2007.70733.
- [31] T. Serre, L. Wolf, T. Poggio, "Object Recognition with Features Inspired by Visual Cortex," *Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2005)*, IEEE Press, Jun. 2005, pp. 994-1000, doi: 10.1109/ICVPR.2005.254
- [32] L. Wolf, S. Bileschi, M. Riesenhuber, T. Poggio, "Robust Object Recognition with Cortex-like Mechanisms," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 29, Mar. 2007, pp. 411-426, doi:10.1109/TPAMI.2007.56.
- [33] Huang YZ, Huang KQ, Wang LS, Tao DC, Tan TN, Li XL. Enhanced Biologically Inspired Model. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 994-1000, 2005,2
- [34] G. Guo, G. Mu, Y. Fu, and T.S. Huang, "Human Age Estimation Using Bio-inspired Features," *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2009)*, Dec. 2009, pp. 112-119, 2009
- [35] T.F. Cootes, C.J. Taylor, D.H. Cooper, J. Graham, "Active Shape Models - Their Training and Application," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 61, Jan. 1995, pp. 38-59, doi: 10.1006/cviu.1995.1004
- [36] A. Lanitis, C.J. Taylor, and T.F. Cootes, "Automatic interpretation and coding of face images using flexible models," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, Jul. 1997, pp. 743-756, doi: 10.1109/34.598231.
- [37] Shaoyu Wang; Xiaoling Xia; Jiajin Le, Classifying children's and adults' faces by bio-inspired features *Intelligent Computing and Intelligent Systems (ICIS)*, 2010 *IEEE International Conference*, 2010
- [38] J. Hayashi, H. Koshimizu, and S. Hata. Age and gender estimation based on facial image analysis. In: *Proceedings of the 7-th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. Oxford, UK: Springer, 2003. 863~869
- [39] Cortes C, Vapnik V. Support-vector networks [J]. *Machine learning*, 20(3): 273-297, 1995
- [40] Platt J. Sequential minimal optimization: A fast algorithm for training support vector



machines [J]. 1998.

- [41] Syed N A, Huan S, Kah L, et al. Incremental learning with support vector machines [J]. 1999.
- [42] Plant, W., Schaefer, G.: Evaluation and benchmarking of image database navigation tools. In: Int. Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 248 - 254 (2009)
- [43] F. Liu, H. Guo, and B. Fu. The Research of Web Application Framework Based on SSH. International Seminar on Business and Information Management. Wuhan, China, vol. 2: 169-172, Dec. 2008.
- [44] 李红梅, 王坚, 李巍, 赵丹, 刘壮, 基于 Spring+Hibernate 的开发方法及实例[J]; 吉林大学学报(信息科学版), 2008 年 06 期
- [45] Junshui Ma, Yi Zhao, Stanley Ahalt, "OSU SVM classifier matlab toolbox (ver 3.00)," <http://sourceforge.net/projects/svml>
- [46] Subversion, "asmlib-opencv, an ASM(Active Shape Model) implementation by C++ using opencv 2", <http://asmlib-opencv.googlecode.com/svn/trunk>
- [47] Schaefer G, Tallyn M, Felton D, et al. Interactive exploration of image collections on mobile devices [M] Active Media Technology. Springer Berlin Heidelberg, pp.288-296. 2012



## 附录

### 1、攻读硕士学位期间发表论文用稿通知单

	中国电子学会会刊	<h1>软件</h1> 潘雪鹤 Information science and technology	ISSN: 1003-6970 CN: 12-1151/TP
<h2>《软件》杂志社用稿通知单</h2>			
录用编号: RJ14077			
王华旭 同志您好:			
您撰写的论文:			
《 Android平台图像处理软件框架的开发与设计 》			
经过本刊编委会的审核,符合本刊用稿要求,文章拟载于《软件》杂志 2014 年 35 卷第 02 月刊登,请勿一稿多投。			
欢迎投稿,欢迎订阅。			
			
国家期刊奖获奖期刊 首届中文核心期刊 中国电子学会会刊 中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊 中国期刊网、中国学术期刊(光盘版)收录期刊 教育部示范性软件学院建设工作办公室指定期刊		中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊 中文科技期刊数据库(全文版)收录期刊 美国《剑桥科学文摘》收录期刊 波兰《哥白尼索引》收录期刊 美国《乌利希国际期刊指南》收录期刊	
主管: 中国科学技术协会 网址: www.ccomsoft.com 地址: 北京市 3108 信箱 电话: 010-56151682、56135019		主办: 中国电子学会 邮箱: zazhi@188.com 邮编: 100044	

### (1) travel 包生活旅游相册功能类图

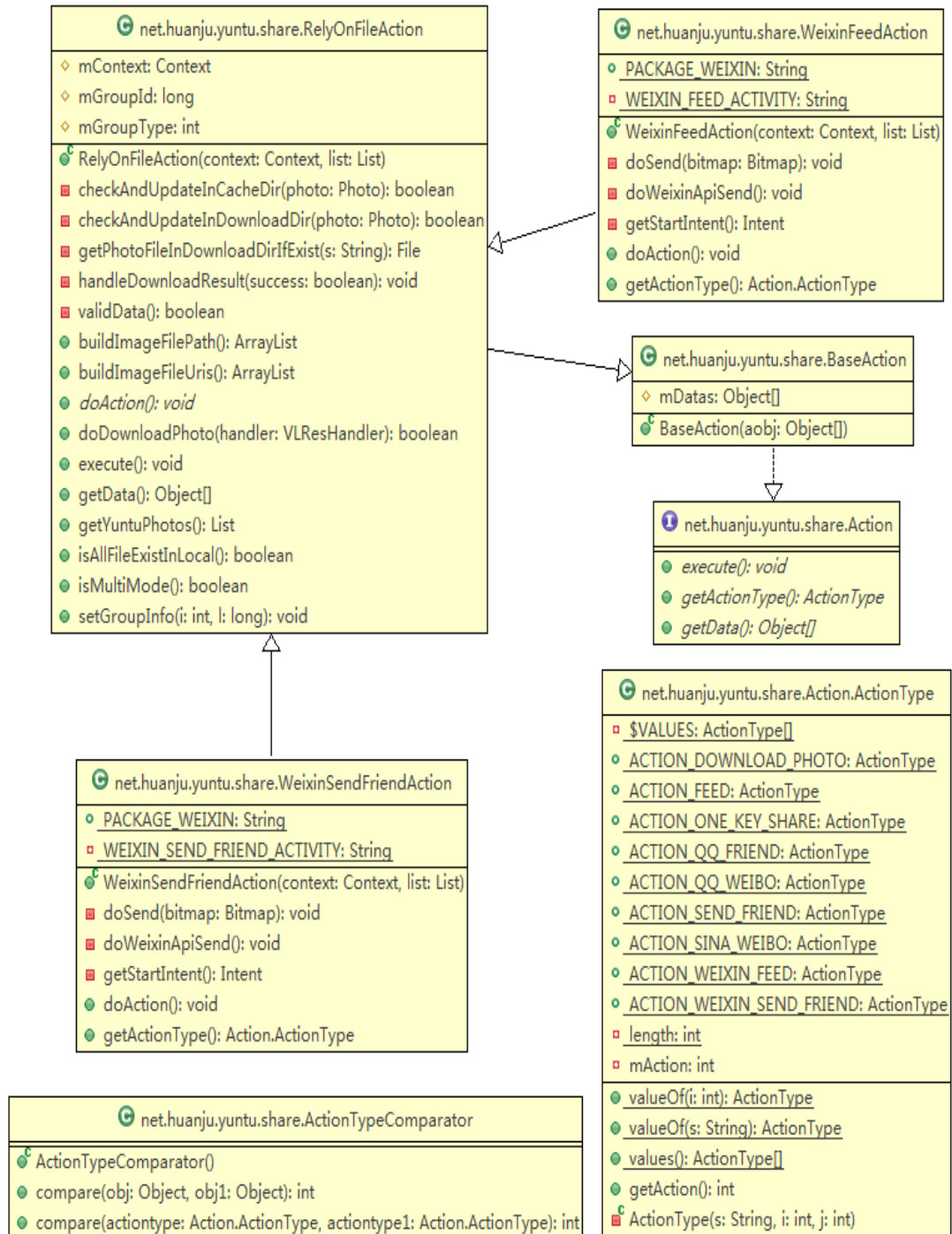


```

classDiagram
    class PhotoExistCheck {
        mSequenceId: long
        PhotoExistCheck()
        checkPhotos(flag: boolean, as: String[]): void
        handleProto(xmanproto: net.huanju.yuntu.protocol.XmanCs.XmanProto): void
        handleProtoTimeout(): void
        isExist(photo: Photo, flag: boolean): long
    }
    class SyncCloudModelV2 {
        TAG: String
        mDataManageModel: DataManageModel
        mHasFullSync: boolean
        mRunning: boolean
        mWaitingCancel: boolean
        mWaitingHandler: VLResHandler
        SyncCloudModelV2()
        ensureQuit(): boolean
        handleAck(getphotoslistv2ack: net.huanju.yuntu.protocol.XmanCs.GetPhotoslistV2Ack): void
        handlePhotoInfoItem(photoinfo: net.huanju.yuntu.protocol.XmanCs.PhotoInfo, flag: boolean): void
        isOnline(): boolean
        isWaitingCancel(): boolean
        onFullSync(): void
        quit(): void
        reset(): void
        syncPage(i: long, i: int): void
        isFullSync(): boolean
        isSyncingCloud(): boolean
        onLogout(vlresHandler: VLResHandler): void
        onOffline(): void
        onOnline(): void
        startSyncCloud(): void
        stopSyncCloud(): void
    }
    class SyncCloudModelV2_ProtoPhotoInfoComparator {
        compare(obj: Object, obj1: Object): int
        compare(photoinfo: net.huanju.yuntu.protocol.XmanCs.PhotoInfo, photoinfo1: net.huanju.yuntu.protocol.XmanCs.PhotoInfo): int
        ProtoPhotoInfoComparator()
    }
    class PhotoInfoComparator {
        PhotoInfoComparator()
        compare(obj: Object, obj1: Object): int
        compare(photoinfo: net.huanju.yuntu.protocol.XmanCs.PhotoInfo, photoinfo1: net.huanju.yuntu.protocol.XmanCs.PhotoInfo): int
    }
    class SyncLocalPhotoTask {
        DEFAULT_INCREASE: int
        DEFAULT_MAX_COUNT: int
        LOCAL_PHOTO_DEFAULT_SELECTION: String
        LOCAL_PHOTO_DEFAULT_SELECTION_JELLY_BEAN: String
        PICTURE_FILTER_HEIGHT: int
        PICTURE_FILTER_WIDTH: int
        TAG: String
        sDefaultRetryScheme: int[]
        mCurrentUpdateCount: int
        mDataManageModel: DataManageModel
        mReentrantLock: ReentrantLock
        mResult: SyncModel.SyncLocalResult
        mSyncModel: SyncModel
        SyncLocalPhotoTask(syncmodel: SyncModel, reentrantlock: ReentrantLock)
        genPhotoMd5(s: String): String
        needCompatibilityYuntu(): boolean
        queryLocalSyncItem(contentresolver: ContentResolver): HashMap
        querySyncLocalItem(list: List): void
        sync(jobcontext: net.huanju.yuntu.framework.threadpool.ThreadPool.JobContext, hashmap: HashMap, hashmap1: HashMap): void
        syncLocalItem(list: List): void
        run(jobcontext: net.huanju.yuntu.framework.threadpool.ThreadPool.JobContext): Object
        run(jobcontext: net.huanju.yuntu.framework.threadpool.ThreadPool.JobContext): SyncModel.SyncLocalResult
    }
    class DownloadPhotoBlock {
        mGroupId: long
        mGroupType: int
        mHandler: VLResHandler
        mPath: File
        mPhoto: Photo
        mPhotoSizeType: PhotoSizeType
        DownloadPhotoBlock(photo: Photo, photosizetype: PhotoSizeType, file: File, i: int, i: long, vlresHandler: VLResHandler)
        DownloadPhotoBlock(photo: Photo, photosizetype: PhotoSizeType, file: File, vlresHandler: VLResHandler)
        buildFileName(photo: Photo): String
        downloadSinglePhoto(file: File, photosizetype: PhotoSizeType, photo: Photo): boolean
        isGroupPhoto(): boolean
        process(flag: boolean): void
    }
    class SyncBackupPhotoTask {
        TAG: String
        SyncBackupPhotoTask()
        isLogined(): boolean
        sync(): void
        doTask(obj: Object): void
    }
    class PictureFilter {
        PictureFilter()
        filter(s: String): boolean
    }
    class PicturePathFilter {
        mFilePath: String
        PicturePathFilter(s: String)
        filter(s: String): boolean
    }
    class PictureSizeFilter {
        mFilterHeight: int
        mFilterWidth: int
        PictureSizeFilter(i: int, j: int)
        filter(s: String): boolean
    }
    class SyncLocationModel {
    }
    class SyncLocationModel_LocationInfo {
        city: String
        country: String
        district: String
        formattedAddr: String
        photMd5: String
        province: String
        sceneSpots: String
        street: String
        streetNo: String
        weather: int
        LocationInfo()
    }
    class RetrySchedule {
        mDefaultRetryScheme: int[]
        RetrySchedule(ai: int[])
        getRetryLimit(): int
        getWaitingInterval(i: int): long
    }

    PhotoExistCheck <|-- SyncCloudModelV2
    SyncCloudModelV2 <|-- SyncCloudModelV2_ProtoPhotoInfoComparator
    SyncCloudModelV2_ProtoPhotoInfoComparator <|-- PhotoInfoComparator
    PhotoInfoComparator <|-- SyncLocalPhotoTask
    SyncLocalPhotoTask <|-- DownloadPhotoBlock
    DownloadPhotoBlock <|-- SyncBackupPhotoTask
    SyncCloudModelV2 --> SyncCloudModelV2_ProtoPhotoInfoComparator
    SyncCloudModelV2_ProtoPhotoInfoComparator --> PhotoInfoComparator
    PhotoInfoComparator --> SyncLocalPhotoTask
    SyncLocalPhotoTask --> DownloadPhotoBlock
    DownloadPhotoBlock --> SyncBackupPhotoTask
    SyncCloudModelV2 --> PictureFilter
    SyncCloudModelV2 --> PicturePathFilter
    SyncCloudModelV2 --> PictureSizeFilter
    SyncCloudModelV2 --> SyncLocationModel
    SyncCloudModelV2 --> SyncLocationModel_LocationInfo
    SyncCloudModelV2 --> RetrySchedule
  
```

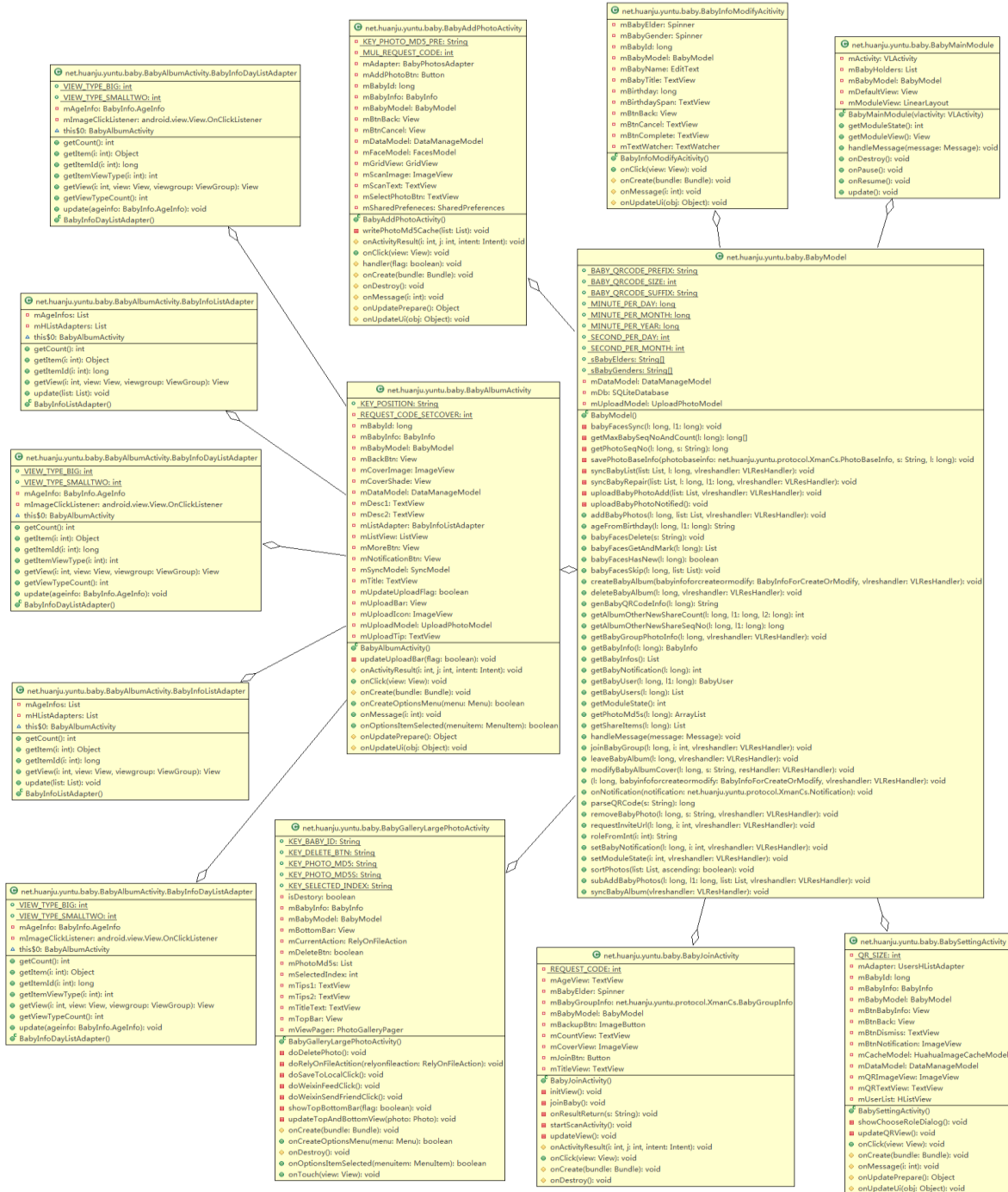
### (3) share 包分享功能类图



[illegible]



## (5) 婴儿专属相册功能类图



## 致谢

师恩难忘，友情难消。此篇论文代表了我硕士研究生生涯的终结。在此之际，怀揣感恩之心向曾经悉心指导我的老师、鼓励帮助我的同学和朋友表示深深的谢意。

本文从选题到实现，经历了许多困难，蕴含着许多心血。在这过程中，朝红阳老师不仅在研究方向的内容上给了我很多的指导，更多的在研究问题的思想和方法上给予我启示。她始终强调课题研究的科学性、实用性和创新性以及论文撰写的逻辑性、文字表达的严谨性、引用文献的权威性，对于研究中出现的问题，她总是明确的指出，并给予有操作性的指导意见，这对我完成本论文起着重要的作用。另外，完成论文需要的数字图像处理基础知识也来源于朝老师的精心授课。在此，向导师表示衷心的感谢。

其次，感谢中山大学软件学院的各位老师，在 **Android** 应用开发等专业知识方面的精心授课和指导，帮助我打下了课题研究和项目实现的知识基础。感谢实验室的博士师兄、师姐，他们在一些学术问题上给了我很多宝贵的意见和建议。尤其，感谢丁胜勇师兄在选题方面给了我重要的参考，杨俊师兄为我推荐比较重要的参考文献。另外，要感谢百度云为本项目提供了免费的测试环境。

最后，感谢我的家人、朋友和同学对我的关心与鼓励，使我可以全身心投入研究工作。