

天津大学

本科生毕业论文



学 院 软件学院

专 业 软件工程

年 级 2014 级

姓 名 陈思光

指导教师 翁仲铭

2018 年 5 月 30 日

天津大学

本科生毕业论文任务书

题目：基于 AR 显示之交互应用系统

学生姓名_____陈思光_____

学院名称_____软件学院_____

专 业_____软件工程_____

学 号_____3014218114_____

指导教师_____翁仲铭_____

职 称_____副教授_____

一、原始依据

A) 工作基础

在过去,我们如果想去博物馆参观,只能通过亲身前往某某博物馆才能够参观到各式各样的文物,但是就算是见到了,我们并不能直接拿起文物来 360 度的观看它的细节,参观者也就不能有对文物外观上的一个全面的了解,并且就博物馆来说,管理这些文物资源也需要耗费大量的人力、物力以及财力,所以数字化博物馆的需求油然而生。

目前在数字化博物馆的发展中,最重要的技术就是 XR 技术,即虚拟现实技术和增强现实技术,而这两点技术又是基于三维图形图像技术而发展出来的。所以良好的建模技术是呈现 XR 的重要保证,并且 XR 的实现是三维图形图像技术呈现的重要平台。

习近平同志在党的十九大报告中指出,少数民族的传统文化是中华文化不可或缺的重要瑰宝,少数民族文化的传承和发展必须通过现代化创造性转化来实现,对于藏族人民来说,唐卡、壁画等属于贵族文化艺术的代表,而分散于藏族各个地区的玛尼堆文化则是他们最为典型的民间传统文化的代表,这种文化蕴含了丰富的民间艺术价值和民俗人文价值,是中华文明的重要组成部分。但是玛尼石刻手艺面临失传,玛尼堆被废弃,不少拥有玛尼堆的村落变为空心村等。因此,如何在现代化进程中,利用大数据技术和数字化技术对玛尼堆文化的文化价值、社会价值、审美价值进行分析研究,并开展积极有效地保护和传承,是一个很值得当代大学生思考并实现的问题。

在本次毕业设计中,学生将利用扫描建模技术以及增强现实技术(AR)编写一个 AR 应用,使其能够展示这些嘛呢石文物的模型细节以及相关的文字介绍。通过这种 AR 软件的方式,来向大家介绍和传播这种西藏的嘛呢石堆文化,在我们身处的现代化进程中,引起大家对这种文化的重视和保护并且能够传承这种濒临消亡的少数民族民间文化。

B) 研究条件

西藏的几块嘛呢石主要用于扫描建模以及物体识别。

Artec Space Spider 是基于蓝光技术的三维扫描仪。因为其分辨率很高,所以非常适合捕捉高分辨率的、形状复杂的小型部件和较大的工业零件的复杂细节,其精度相当稳定,并且扫描建立的模型具有十分鲜艳的色彩。

增强现实技术(Augmented Reality, 简称 AR),能够将真实的世界以及虚拟的信息完美结合的技术,是把原本在现实世界的一定时间空间范围内很难体验到的实体信息(视觉信息,声音,味道,触觉等),通过电脑等科学技术,模拟仿真后再叠加,将虚拟的信息应用到真实世界,被人类感官所感知,从而达到超越现实的感官体验。真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到了同一个画面或空间同时存

在。

Unity3D 是当今主流的游戏、VR、AR 引擎，支持将程序发布至可发布游戏至 Windows、Mac、Wii、iPhone、WebGL（需要 HTML5）、Windows phone 8 和 Android 等平台。

Vuforia 是与高通公司的合作的产品，致力于虚拟现实的技术，其技术最大的优点是在于 Mixed Reality。（VR/AR 相结合）目前这是比较好的交互方式（当然依靠传感器更加灵敏）。VR 和 AR 的结合在 Android 端和 IOS 端表现效果相当不错，并且可以通过终端自带的摄像头进行虚拟现实，同样也可以利用 Google 的 CardBoard 廉价的实现 VR 的体验。同时支持 VR 和 AR 的交互工作，达到更加廉价但是体验效果也不输给传感器的效果。

C) 应用环境与工作目的

在本次毕业设计中，主要是通过建模与 AR 技术来开发一个博物馆文物展示应用，供参观者通过展示的嘛呢石模型来了解嘛呢石的历史背景以及重要意义，借此来促进博物馆数字化的研究。

二、参考文献

- [1] Azuma R and Azuma R 1997 Presence Teleoperators Virtual Environ. 6(4) 355–385
- [2] Jing C, Junwei G, and Yongtian W 2011 Proc. Int. Commun. Conf. on Wireless Mobile and Computing 262–265
- [3] Ramirez M, Ramos E, Cruz O *et al.* M 2013 Proc. Int. Conf. Electron. Commun. Comput 1–6
- [4] Ćuković S, Gattullo M, Pankratz F *et al.* 2015 Proc. Int. Conf. Electric. Bio-med. Eng. Clean Energy and Green Computing 24–31
- [5] Sari I. P 2014 Perancangan Sistem Pemandu Pengunjung Museum Berbasis Augmented Reality. In : Electrical Department (Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada)

三、设计（研究）内容和要求

A) 研究内容:

在本毕业设计中，主要研究应用 Artec 扫描建模技术、Unity 3D + 高通 Vuforia 的 AR 程序开发。

B) 主要指标:

1. 查阅相关资料与研究成果。
2. 研究 Artec 扫描建模技术，并对八块嘛呢石进行精确建模。
3. 研究 Vuforia 在 Unity 3D 上的开发技术。
4. 解决物体识别的问题。
5. 开发出关于嘛呢石介绍的 AR 交互应用。

C) 对学生的要求

- (1) 能够精确建立嘛呢石模型
- (2) 开发移动端 AR 应用
- (3) 研究 Vuforia 并将其应用于物体识别。
- (4) 研究 Vuforia 脚本代码。

指导教师（签字）

年 月 日

审题小组组长（签字）

年 月 日

天津大学本科生毕业论文开题报告

课题名称	基于 AR 显示之交互应用系统		
学院名称	软件学院	专业名称	软件工程
学生姓名	陈思光	指导教师	翁仲铭

一、课题的来源及意义

习近平同志在党的十九大报告中指出，少数民族传统文化是中华民族文化不可或缺的重要瑰宝。少数民族文化的传承和发展必须通过现代化创造性转化来实现。因此在现代化进程中，当代大学生应用现代化技术保护和传承少数民族文化就显得尤为重要。

对于藏族人民来说，唐卡、壁画等属于贵族文化艺术的代表，而分散于藏族各个地区的玛尼堆文化则是他们最为典型的民间传统文化的代表，这种文化以玛尼石（又称嘛尼石）刻堆成的石堆为主体，与转经筒、风马旗、喻巴等组合，同时融合了藏民的祷告祈福的仪式活动，从而形成独特的人文景观文化。这种文化把石刻艺术、景观艺术、民俗仪式等物质和非物质文化融合在一起，在不断地雕刻、堆放、累积以及祈祷的过程，承载和见证藏族百姓的心灵语言和精神生活，历时千年，延续至今，是蕴含了丰富的民间艺术价值和民俗人文价值的文化遗产，也是中华文明的重要组成部分。

AR 是增强现实，是在现实空间当中加入虚拟的资讯。手游 Pokemon Go 就是 AR 最好的注解，它成功将宅男宅女们赶到屋外，奔跑在大街小巷。市场研究机构 Digi-Capital 指出，2018 年至 2019 年，AR 市场规模将在 2020 年达到 1200 亿美元。AR 从游戏领域切入应用市场的发展思路已经被 Pokemon Go 的成功所验证，目前基于手机摄像头可以实现轻度 AR 的娱乐体验。据悉，苹果以 3200 万美元将德国 AR 公司 Metaio 收入囊中，并借此一举吞下 171 项 AR 相关专利。

二、国内外发展状况

全球 AR 市场发展迅猛。市场调研公司 Digi-Capital 曾给出一组数据：到 2020 年，AR 的市场规模将达到 1200 亿美元，远高于 VR 的 300 亿美元。我国于 2016 年开始，出台了 AR 的相关政策，扶持 AR 产业的发展。2016 年 12 月，在国务院印发的《“十三五”国家信息化规划》指出，要强化未来网络、类脑计算、人工智能、虚拟现实、增强现实等新技术基础研发和前沿布局，构筑新赛场先发主导优势。

随着大量资金注入 AR 项目及 AR 创业公司，尤其是随着微软、谷歌、苹果等大公司的入场，我们已经看到第一批消费级 AR 产品的涌现。

三、研究目标

探讨和研究如何通过 Artec 扫描建模技术对嘛呢石进行高精度三维建模，并且基于 Unity 3D + Vuforia 进行 AR 展示交互应用的开发。

四、研究内容

针对国内外发展现状，本课题旨在运用 Artec 扫描建模的技术，对嘛呢石进行高精度扫描建模，并且利用建立的模型基于 Unity 3D 以及 Vuforia 进行 AR 展示交互应用的开发，并将其发布到 Android 平台。

五、研究方法

用 Artec Space Spider 将八块嘛呢石放置于自动旋转台上进行多角度扫描建模，并且运用 Artec Studio 对两面扫描形体和纹理进行初步的处理与加工，最后将其融合并导出.obj 格式的模型即可。将.obj 格式的模型导入到 Unity 3D 中，进行 AR 应用的开发。

在 Unity 3D 中，主要应用了 Vuforia 扩展包来处理模型识别的问题，并且加入交互功能，能够实现对不同嘛呢石的识别以及模型的展示，参观者能够通过旋转操作观看模型各个角度的细节，而且可以阅读简介。

六、研究手段

1. 查阅相关资料与研究成果，了解如何利用 Artec Space Spider 和 Artec Studio 进行三维扫描建模。
2. 查阅 Artec 高精度扫描建模的基本原理，并考虑相关器材以及后期处理软件，考虑影响精度的因素，保证建模的高精度。
3. 在后期处理中，探究合理的处理方式，尽可能的和实物接近。
4. 对不同形状的嘛呢石调整扫描的方式，保证覆盖度。
5. 通过 Unity 3D 以及高通 Vuforia 进行 AR 应用的开发，旨在展示不同的嘛呢石以及相关的文字介绍，并有一定的交互。
6. 探讨本课题所研究应用的适用范围。
7. 试图将研究成果与实际的应用相结合。

七、进度安排

2017 年 12 月 20 日——2018 年 1 月 1 日：查阅相关资料，完成开题报告。

2018 年 1 月 1 日——2018 年 3 月 16 日：研究 Artec 扫描建模的实现原理，准备相关器材与嘛呢石，搭建建模环境，并且了解影响建模精度的因素以及后期处理的问题，使得建模尽可能接近实物，进行嘛呢石的建模实践。

2018 年 3 月 17 日——2018 年 4 月 30 日：通过 Unity 3D 和高通 Vuforia 进行 AR 应用的开发，展示不同的嘛呢石以及相关的文字介绍，并有一定的交互。
2018 年 5 月 1 日——2018 年 5 月 24 日：对研究方案进行进一步的优化与总结，完成毕业论文的撰写工作与提交。

八、可行性分析

1. 技术可行性

本课题基于 Artec 扫描建模技术，以及 Unity 3D、高通 Vuforia，目前已经有成功的案例参考，以上几项技术可以完成任务书的目标。

2. 经济可行性

本方案所用到的资源全部是实验室的已有资源，并且模型后期处理平台是 Windows PC，测试平台也是 Android 手机，所以无需投入更多的资金，可直接进行。

九、已具备的实验条件

硬件条件：具有较高拍摄性能的 Android 手机，Windows PC（基于 Unity 3D 进行开发，所以配置对显卡有一定要求），自动转盘，嘛呢石，Artec Space Spider 扫描工具。

软件条件：Artec Studio、Android SDK、Unity 3D 与高通 Vuforia unity package（PC），Vuforia Scanner（Android 手机）

十、参考文献

- [1] Jing C, Junwei G, and Yongtian W 2011 Proc. Int. Commun. Conf. on Wireless Mobile and Computing 262–265
- [2] Ramirez M, Ramos E, Cruz O, Hernandez J, Perez-Cordoba E, and Garcia M 2013 Proc. Int.

选题是否合适： 是 ☐ 否 ☐

课题能否实现： 能 ☐ 不能 ☐

指导教师（签字）

年 月 日

选题是否合适： 是 ☐ 否 ☐

课题能否实现： 能 ☐ 不能 ☐

审题小组组长（签字）

年 月 日

摘 要

增强现实技术将现实世界与虚拟世界联系在一起, 这种形式给用户带来趣味丰富的交互体验, 并且该技术广泛应用于各个领域。随着博物馆数字化的发展趋势的出现, 对于虚拟现实技术以及增强现实技术的需求日益增加, 在这个背景下, 本文基于 Artec Space Spider 扫描仪三维建模技术、Unity 3D 引擎以及 Vuforia 物体识别技术, 介绍如何建立一个介绍西藏地区嘛呢石堆文化的数字化博物馆应用。

关键词: 三维建模技术; Unity 3D; Vuforia; 增强现实; 博物馆数字化

ABSTRACT

Augmented Reality technology connects the real world with the virtual world. This form brings users interesting interactive experiences, and the technology is widely used in various fields. With the emergence of the digital development trend of the museum, the demand for virtual reality technology and augmented reality technology is increasing. In this context, this article is based on the Artec Space Spider scanner 3D modeling technology, Unity 3D engine and Vuforia object recognition technology. Introduced how to establish a digital museum application that introduces the culture of the Mani stones in Tibet.

Key words: 3D modeling; Unity 3D; Vuforia; Augmented Reality; Digital Museum;

目 录

第一章	研究背景.....	1
1.1	数字化博物馆.....	1
1.2	西藏嘛呢石.....	1
1.3	三维扫描建模技术——Artec Space Spider 扫描建模....	2
1.4	Unity 3D + 高通 Vuforia AR 开发.....	2
第二章	Artec 扫描建模.....	3
2.1	Artec 扫描建模基本原理.....	3
2.2	Artec 扫描建模测量原理：.....	3
2.3	设备.....	4
2.4	Artec Space Spider 扫描建模步骤.....	4
2.5	Artec 扫描建模注意点以及处理解析.....	8
第三章	探究 Vuforia 及其识别类型.....	10
3.1	Vuforia 是什么.....	10
3.2	Vuforia 的工作机制.....	10
3.3	Vuforia 识别类型探究与选择.....	10
第四章	AR 交互应用的设计与开发.....	20
4.1	AR 交互应用设计.....	20

4.2 开发环境准备与配置	24
4.3 Vuforia 相关配置.....	26
4.4 AR 应用开发阶段.....	28
4.5 安装包导出	36
4.6 运行结果截图	37
 第五章 优点与局限性.....	 39
5.1 优点分析	39
5.2 局限性分析	39
 第六章 总结与展望.....	 40
6.1 总结	40
6.2 展望	40
 参考文献.....	 41
外文资料	
中文译文	
致 谢	

第一章 研究背景

1.1 数字化博物馆

数字化博物馆就是应用计算机网络技术、虚拟现实（增强现实）技术、互动娱乐特效、立体显示三维图像技术把现实中的博物馆呈现于网络上的博物馆。参观者能够借助电子设备，观看由数字化博物馆展示的藏品。而且，藏品一般是禁止游客触摸的，借助数字化博物馆精细的建模技术和三维显示技术，观看者可以 360 度无死角的查看各种藏品的细节特征，以及了解到其相关的信息资料，甚至能够通过数据库检索到藏品的统计信息。

数字化的博物馆是能够使实体博物馆文化广泛传播的重要途径，这种方式使不能亲临实体博物馆的参观者能够欣赏其珍藏文物、更方便的了解文物的历史背景等，并且对博物馆各种资源进行了数字化的整理和保存，实现了博物馆办公的自动化，各种资源的存储和调用变得更加方便，对管理业务资料以及藏品资源、信息等有着很大的促进作用，大大提高了博物馆的办公效率。

本文主要讨论的是增强现实技术（AR）方面。

1.2 西藏嘛呢石

对于藏族人民来说，唐卡以及壁画等属于贵族文化艺术的代表，而玛尼堆文化是分布于藏族各个地区的、最为典型的民间传统文化的代表，这种文化以玛尼石（又称嘛呢石）刻堆成的石堆为主体，与转经筒、风马旗、喻巴等组合，同时融合了藏民的祷告祈福的仪式活动，从而形成独特的人文景观文化，这种文化把石刻艺术、景观艺术、民俗仪式等物质和非物质文化融合在一起，在不断地雕刻、堆放、累积以及祈祷的过程，承载和见证藏族百姓的心灵语言和精神生活，历时千年，延续至今，是蕴含了丰富的民间艺术价值和民俗人文价值的文化遗产，也是中华文明的重要组成部分。

但是由于玛尼堆一般规模不一，分布分散、手段各异，加之地理、交通、语言的限制，目前学界对玛尼堆文化的研究一直处于边缘状态，仅有的少数研究也主要针对其中的石刻艺术部分，对其整体的社会价值和文化价值认识不足；另一方面受到自然、工业化、城市化的影响以及保护的缺失，这一融合了物质文化和非物质文化一体的少数民族传统文化正处于逐渐消亡的过程：玛尼石刻手艺面临失传，玛尼堆被废弃，不少拥有玛尼堆的村落变为空心村等。因此，如何在现代化进程中，利用虚拟现实技术和增强现实技术对玛尼堆文化的文化价值、社会价值、审美价值进行分析研究，并开展积极有效地保护和传承，是本论文的根本出发点。

1.3 三维扫描建模技术——Artec Space Spider 扫描建模

Artec Space Spider 是基于蓝光技术的三维扫描仪。因为其分辨率很高，所以非常适合捕捉高分辨率的、形状复杂的小型部件和较大的工业零件的复杂细节，其精度相当稳定，并且扫描建立的模型具有十分鲜艳的色彩。

该扫描仪能够呈现出相当复杂的几何形状，精度相当的高，所以是一种理想的高精度建模工具，可用于高精细度的纹理的捕捉，例如硬币、钥匙、印刷电路板、人的耳朵等等，将最后合成的模型用于虚拟现实技术以及增强现实技术当中，在各种引擎中都能够呈现细腻的形状与纹理。

这种扫描建模的工具及方法，对于嘛呢石这种纹理精度高、形状又比较复杂的建模是相当合适的。

1.4 Unity 3D + 高通 Vuforia AR 开发

Unity 3D 是专注与快速实现以及平台推广的优秀引擎，近几年来，Unity 3D 紧紧跟随移动平台和 Web 平台迅速发展起来，在手持移动端和 Web 端发布的应用能够达到令人惊叹并且流畅运行的效果，并且开发应用的效率相当之高，很适合中小型移动端或 Web 端的开发。

Vuforia 增强现实软件开发工具包，是高通推出的针对移动设备 AR 应用的软件开发包，Vuforia 具有多机型移动设备支持的优点，并且对于特征点识别的处理效率以及识别率相当之高。

Unity 3D 在 2017.3.X 版本中对 Vuforia 开发包进行了整合，Unity 3D 开发者能够直接选择安装 Vuforia 组件，并进行开发。这样的便利性很适合本毕业课题 Android 端 AR 应用的开发。

第二章 Artec 扫描建模

2.1 Artec 扫描建模基本原理

Artec 建模的基本原理就是基于结构光的三维成像，本质上是对三维空间的参数进行测量并将其重现的过程，又因为这种方法需要主动地将结构光投射到需要建模的物体上，经过物体反射的结构光的变形、传播时间等数据来确定被测物体的空间尺寸各项参数，所以叫做主动式三维测量。

具体的实现是：在激光器外放置一个光栅，当激光通过光栅进行投影成像时会发生折射，也就是上面提到的变形，这样的话，激光投射在物体上的位置就会产生一定的位移。若物体与激光发射器间的距离越小，光栅所导致的折射位移就越小，反之，若物体与激光发射器间的距离越大，光栅所导致的折射位移就会越大。

返回的光信号使用一个高清摄像头接收，主要是用来检测并采集激光所投射到物体表面的图样，通过图样的位移变化，就能根据算法来计算出物体的位置以及相关的深度信息、尺寸信息等，进而能够将整个三维空间进行复原。

下图 2-1 简要的分析了利用结构光进行三维空间复原。

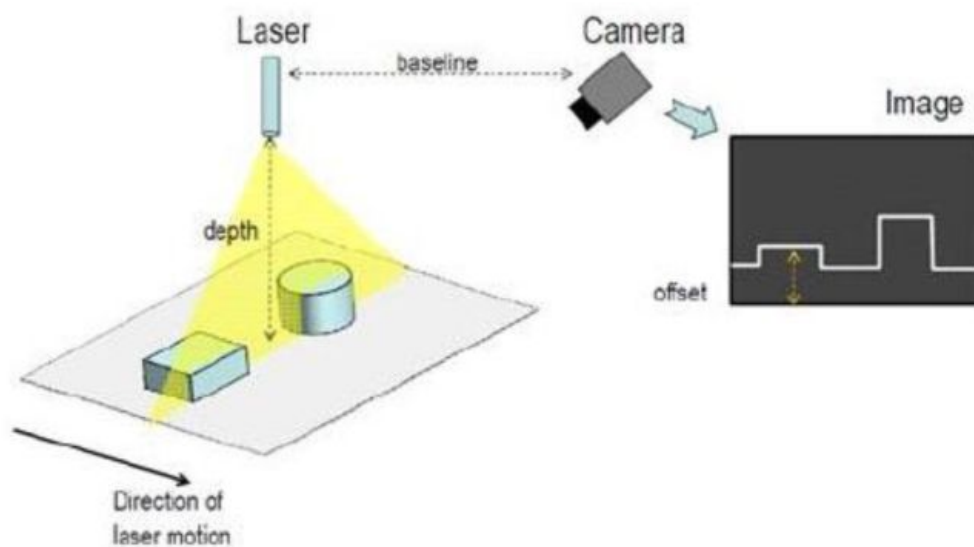


图 2-1-1 光结构三维重建

2.2 Artec 扫描建模测量原理：

把结构光投射到被测物体的表面，在摄像机一端可以观察到因为物体的形状变化所引起的距离变化而产生变形的条纹，本质上可理解为振幅以及相位都不断被调制的空间载波信号。对这些变形的条纹进行采集并且解调，可以得到相位的信息，进而能够用这些信息确定出物体的高度的相关信息，这里将以典型的交叉

光轴系统来进一步说明测量原理，如图 2-2-1 所示。

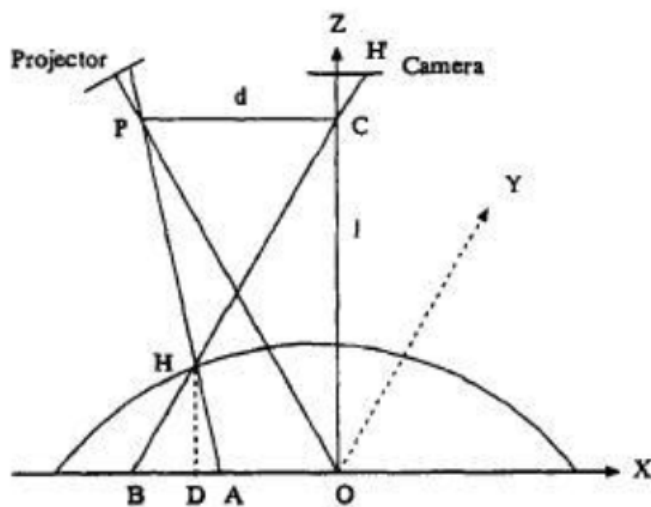


图 2-2-1 光结构三维重建

OP 是结构光投射系统的光轴，它与成像透镜的光轴 OC 交于点 D。OX 所在平面为参考平面(可以是虚拟的，也可以是真实存在的)，OC 垂直参考面。P 和 C 分别为投影透镜出瞳中心和成像透镜的入瞳中心，两点的连线与参考面平行，距离为 d ，离参考平面的距离为 l 。正交坐标系的 XOY 平面位于参考平面上，Y 轴垂直于 XOZ 平面与 X 轴交于 O 点，Z 轴平行于成像透镜光轴。投射光栅交于物体表面点 H，H 成像在像面上 H'。

2.3 设备

具有较高拍摄性能的 Android 手机，Windows PC（基于 Unity 3D 进行开发，配置对显卡有一定要求），自动转盘，嘛呢石，Artec Space Spider 扫描工具。

表 2-3-1 扫描设备推荐规格

设备	设备规格
Android 手机	有效像素高于 1200 万，骁龙 630 处理器及以上
Windows PC	显卡显存 2GB 及以上
自动转盘	转动速度较慢，并且半径不能低于 25cm
Artec Space Spider	完整版（由实验室提供）

2.4 Artec Space Spider 扫描建模步骤

1. 将 Artec Space Spider 与一台 Windows PC 连接（通过 USB），等待驱动安装完毕，并且在 Windows PC 上安装 Artec Studio 12。



图 2-4-1 Artec Space Spider

2. 准备好转台，并将被扫描的嘛呢石（此处以 4 号石头为例）置于转台中央。

3. 在计算机上运行安装好的 Artec Studio 12，新建一个项目，并且点击左边菜单栏的“扫描”进入扫描界面。根据扫描的需求调整可跟踪的特征，对于嘛呢石这种形状复杂、纹理丰富的三维扫描建模，应当选择“几何 + 纹理”选项。其他设置如果没有特殊的要求，则可使用默认设置。

4. 将 Artec Space Spider 扫描仪的结构光投射器与摄像头对准扫描的部分，扫描仪和嘛呢石的连线与转台面形成的夹角大约为 45° ，使用 Artec Space Spider 扫描仪上的 Trigger（向上拨动）使扫描开始，同时控制电动转盘自动转动。观察扫描成像区，可以看到扫描的部分，以及左边的距离-信号图表，控制距离在绿区间，扫描一周即可，扫描完毕后，将 Trigger 向下拨动，暂停扫描。图 2-4-2 为扫描过程中的界面截图。

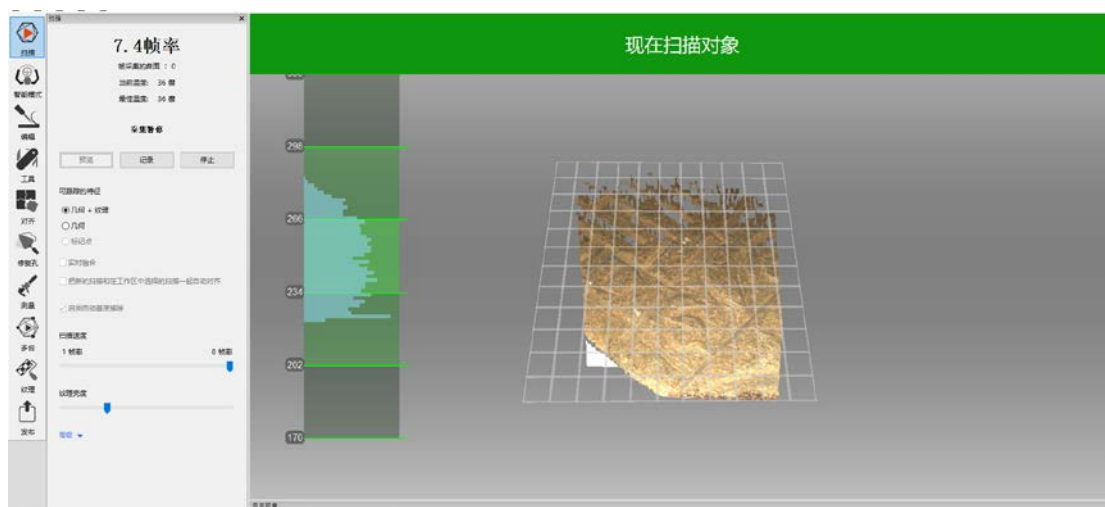


图 2-4-2 Artec Studio 扫描界面

5. 将 4 号石头进行翻面，对背面的形状和纹理进行扫描，即重复步骤 4 的操作。

6. 将获得的两组扫描信息进行后期处理。第一步是对齐，即选中右边的扫描数据，点击“对齐”，然后选中扫描数据，点击“自动对齐”。若“自动对齐”不能完全将不同角度的扫描信息对齐，则可以点击其下面的“对齐”按钮，手动微调至对齐即可。图 2-4-3 为“对齐”界面。

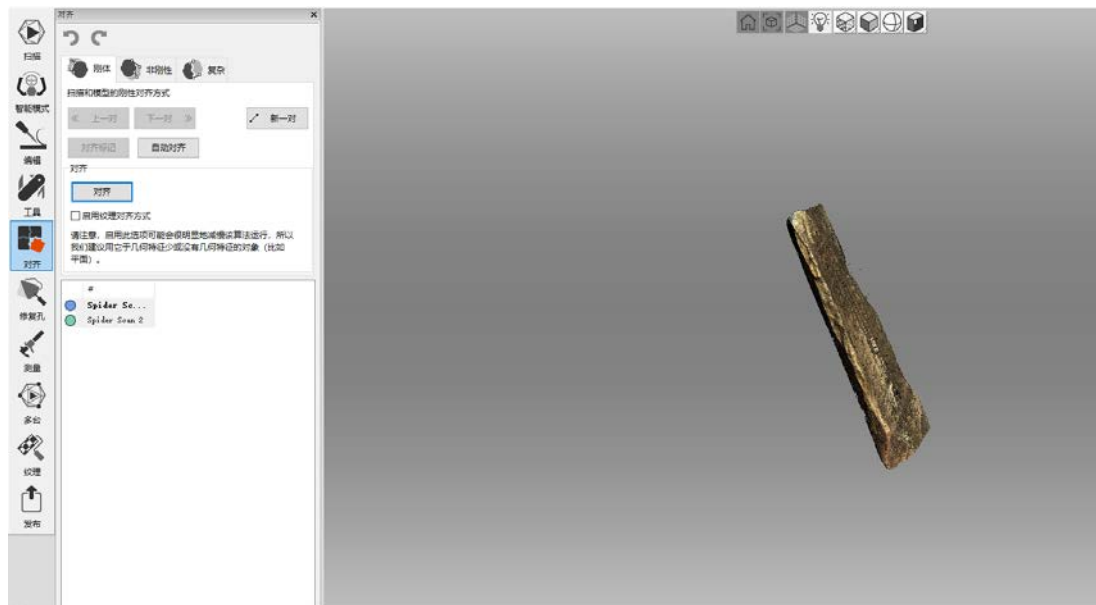


图 2-4-3 对齐界面

7. 后期处理第二步是修整。点击“工具”，进入工具模块，依次选择“整体配准”、“删除离群噪点”、“光顺融合”。图 2-4-4 为“工具”界面。

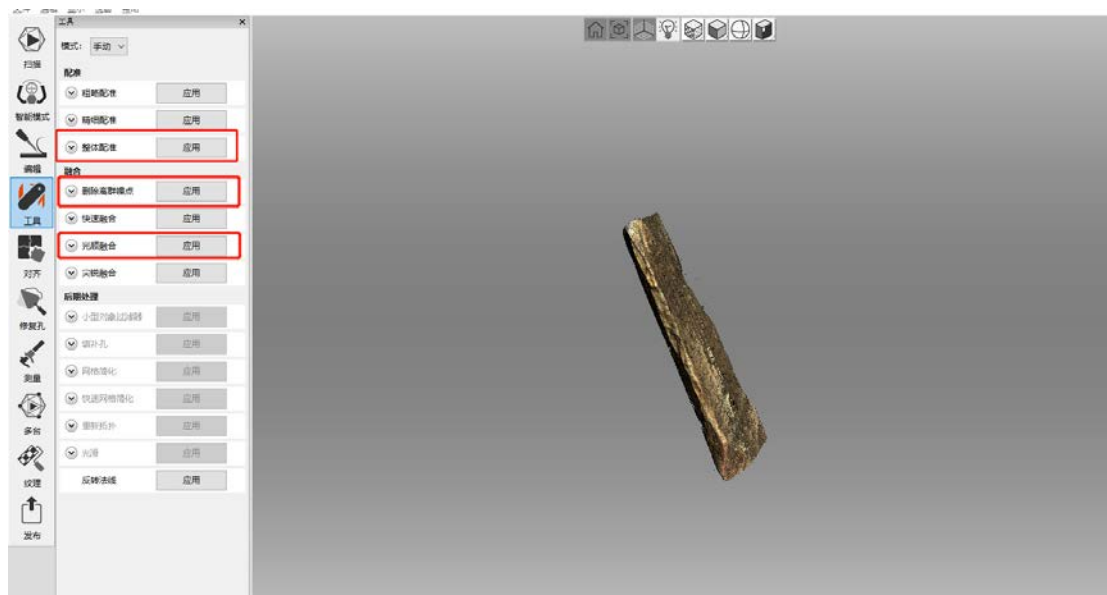


图 2-4-4 工具界面

8. 接下来就是导出模型前，对纹理的准备工作，贴图选择“导出”选项，下面则勾选“启用纹理正常化”和“修复缺少的纹理”，输出的分辨率则根据相应的情况来选择。这里选择的是 4096*4096。图 2-4-5 为“纹理”界面。

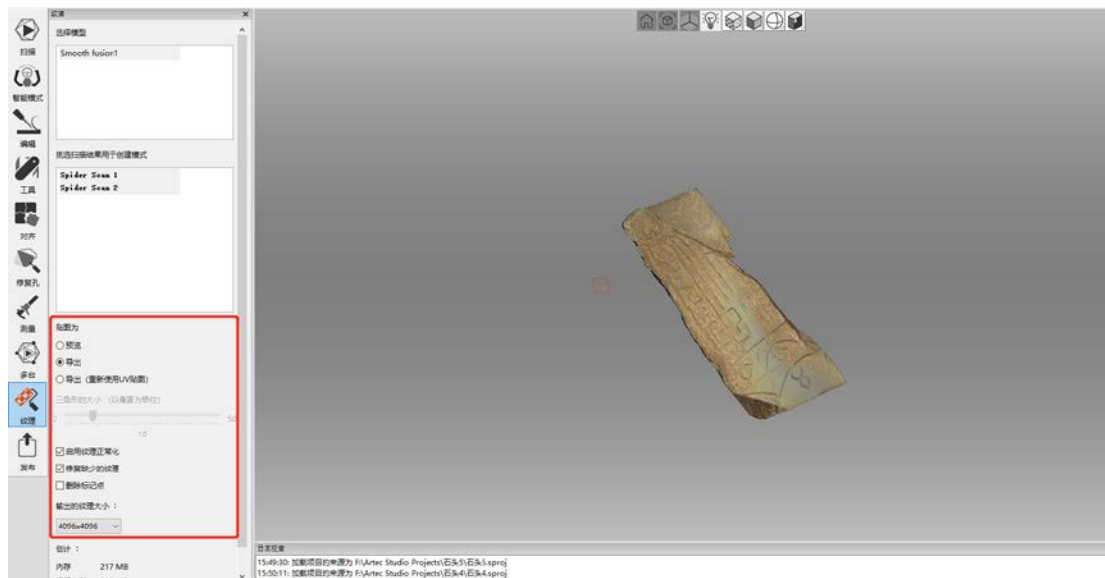


图 2-4-5 纹理界面

9. 最后一步是导出模型。点击菜单栏“文件”，点击“导出”，保存类型可以选择较为通用的.obj 格式，点击保存后查看，导出的模型有三个文件：“.obj”，“.mtl”以及“.png”格式。图 2-4-6 为导出与结果文件。

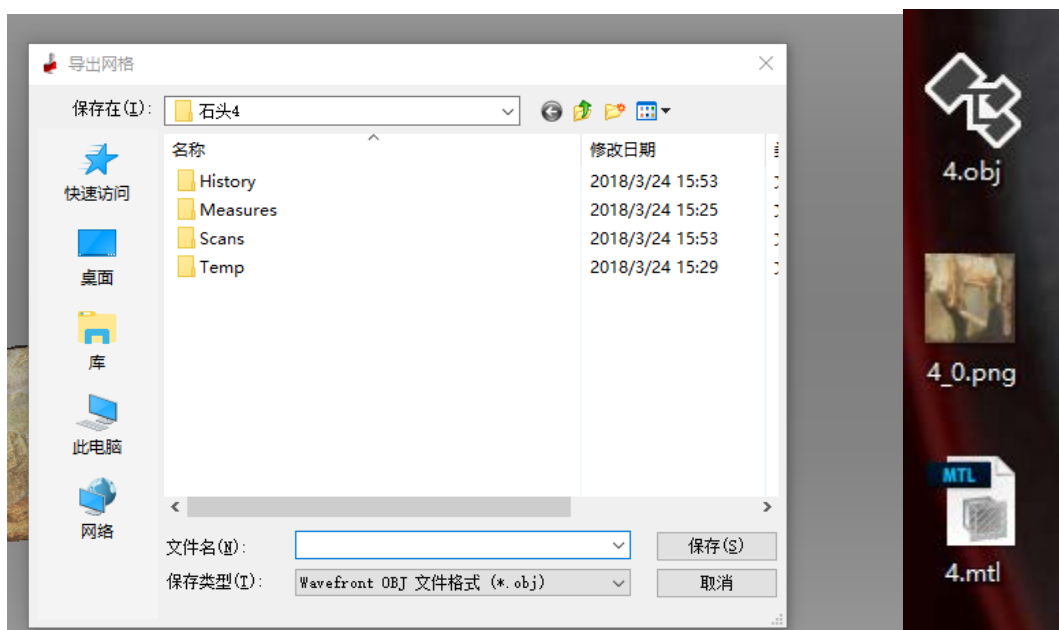


图 2-4-6 导出与结果文件

2.5 Artec 扫描建模注意点以及处理解析

2.5.1 扫描过程

上面的步骤中已经提及如何扫描,角度的变化主要是由自动转盘的转动引起的,对于被扫描的 4 号嘛呢石,由于形状的不规则,当其转动时,扫描的位置与角度是需要控制和调整的,尽可能的保持扫描仪对扫描部分的角度和距离不变,所以操作者应当根据变化来调整,并且尽可能的保持扫描仪的平稳,不能随便抖动,因为扫描仪是一个结构光发射器和接收器的整体,相对于物体的距离或角度一旦发生变化,则前后扫描并接收到的信息,在电脑屏幕上会发生错位的现象,就不能准确的进行三维重建了,只能重新扫描,耗费时间。

2.5.2 扫描时间

扫描时,一定要控制扫描的时间,这里的时间,其实是说扫描时自动转盘转动的周数。因为摄像机在扫描时会不断地接受结构光经物体反射的信号,并且这样的信息是不断累加的,扫描的时间越长(转盘转动的周数越多),就会越占内存空间,考虑到是在移动设备上运行,不能占据特别多的内存,也就是要综合性能去考虑,要保证移动设备能够流畅的运行该应用。尽量在转盘转动一到二周之间完成扫描,否则重新对该面进行扫描。

2.5.3 扫描角度

扫描时,一定要控制扫描的角度,这里的角度,就是上面提到的扫描仪和嘛呢石的连线与转台面形成的夹角,扫描者应当一边观察扫描界面,即控制合适的扫描距离,一边要注意扫描的角度。伴随转动,扫描的角度会发生变化,操作者应控制角度稳定在 45° ,一旦偏移,则扫描物体反射给摄像头的结构光信息就会缺失,这样就不能将嘛呢石进行完整的三维扫描重建,模型相对于实物就会有缺失的现象发生。

2.5.4 后期处理解析

(1)“整体配准”就是进一步将扫描获得的信息进一步进行对齐,主要是基于两组轮廓。

(2)“删除离群噪点”:

摄像头将物体反射的结构光作为接收的信号,然而由于物体的不规则性总会有少量的光信号因物体反射导致的位移变化特别大,这样的光信号是扫描三维重建中不希望存在的副产品,给扫描重建带来了错误的、额外的信息,成为噪点,又因为其与多数希望存在的光信号群偏离,所以又称为离群噪点。删除离群噪点的目的就是使得建模更加精确,清除掉脱离模型的无用信息。

(3) 对于三种融合的讨论:

在 Artec Studio 中, 融合是指, 对于相同几何特征的形体, 软件会将这些形体融合到一起, 起到平顺模型的作用。Artec Studio 提供了三种不同的融合模式: 快速融合、光顺融合、尖锐融合。

快速融合: 注重模型的加载效率, 融合的效果相对较低, 占据的存储空间较小。

光顺融合: 兼顾融合效果和模型的加载效率, 是一种较为平衡的融合方式。

尖锐融合: 注重模型融合的效果, 模型的加载效率较低, 占据的存储空间较大。

在本毕业设计中, 考虑到移动设备的运行效率以及硬件方面的因素, 选择了光顺融合, 这样的融合方式对于移动设备来说, 资源的占用率比较合适, 渲染效果与运行效率也相对较高。

2.5.5 OBJ 文件格式优点

OBJ 文件是 Alias | Wavefront 公司为它的一套基于工作站的 3D 建模和动画软件“Advanced Visualizer”开发的一种标准 3D 模型文件格式, 这种文件能够很方便的进行 3D 模型软件之间的相互导入, 兼容性很高, 大多数世界著名的 3D 模型软件都能够对 OBJ 格式的文件进行读写操作。

OBJ 本质上是一种文本文件, 可以直接通过记事本进行查看和编辑操作。OBJ 文件支持三个点以上的面, 对于导入 3D 模型软件进行加工有很大的益处。

第三章 探究 Vufo r i a 及其识别类型

3.1 Vufo r i a 是什么

Vuforia 是一个增强现实（AR）软件开发引擎。Vufo r i a 期初是由高通（Qualcomm）开发出来的方便程序员进行增强现实应用开发的扩展包，后来通过一项竞标活动出售给 PTC。Vufo r i a 目前为大众提供了开发版、消费者版和企业版三种版本。开发版，不管是学生，还是独立开发者，还是企业的员工都可以获得免费的授权来使用。但是只要将 Vufo r i a 开发的应用商用，无论是消费者版，还是企业用到的企业版都会进行收费。Vufo r i a AR 引擎对于跨平台的支持很强大，从手机到平板电脑，以及头戴设备等都能够运行使用 Vufo r i a 开发的 AR 应用（Windows 10、IOS、Android、Google Cardboard、HoloLens、ODG R-7、UWP、View-Master、Epson Moverio BT-200、Gear VR 等等）。

3.2 Vufo r i a 的工作机制

Vuforia 提供 Unity3d、IOS、Android 和 UWP 开发。开发者上传识别目标的数据到 Vufo r i a 的云端数据库做目标识别，存储的数据量超过一定的限制就会导致额外的费用。Vufo r i a 对于不同的平台提供了不同的插件，根据不同的平台创建对应的项目，通过官网登录账户得到的 License Key，输入到项目进行验证，并使用插件与云端数据库进行连接从而实现云端识别。当识别完成后，在对应的现实场景中增加虚拟现实的内容。

3.3 Vufo r i a 识别类型探究与选择

Vuforia 提供了九种不同的识别类型，包括图像目标（Image Targets）、圆柱目标（Cylinder Targets）、多目标（Multi Targets）、用户自定义目标（User Defined Targets）、智能地形（Smart Terrain）、云端识别（Cloud Recognition）、文字识别（Text Recognition）、帧标记（Frame Markers）以及虚拟按键（Virtual Button）。

图像目标用于以图像作为检测识别的目标，并在其上面渲染一些 3D 对象，或加入虚拟按键，虚拟按键是一种交互功能，与普通的 UI 不同的是，虚拟按钮是生成在摄像头拍到的标识图片上的某个由开发者设定的位置。

圆柱目标用于检测识别圆筒形物体以及围绕圆柱体的圆周动画 3D 对象。

多目标用于检测识别长方体形状的六个面的图像目标，并且在每个目标上渲染不同的场景。

用户自定义目标主要是捕获用户的摄像机的某一帧作为一个图像目标，这个图像目标是实时创建的。

智能地形是检测识别一个目标，根据目标周围的物体自动生成虚拟地形。

云端识别是使用云识别服务识别位于云端数据库的目标。

文字识别是在摄像头获取的画面指定区域内动态识别英语单词。

帧标记用于检测帧标记，用来解决图像目标识别度较低的情况，与图像识别类似，处理方式不同。

物体识别用于检测识别物体，并在物体上渲染出一些 3D 对象。

对于本毕业设计，比较合适识别方式的有图像识别以及物体识别两种，接下来针对这两种识别方式做深入探究。


3.3.1 图像目标 (Image Targets)


图像目标代表 Vuforia SDK 可以检测和跟踪的图像。与传统的基准标记、数据矩阵码、QR 码不同，图像目标不需要特殊的黑白区域或代码来识别。SDK 通过将这些自然特征与已知的目标资源数据库进行比较来检测并跟踪图像本身自然找到的特征。一旦检测到图像目标，SDK 将追踪图像，只要它至少有一部分位于相机的视野内即可。


图像目标可以通过 Vuforia 目标管理器在 RGB 或灰度两种模式下使用 JPG 或 PNG 图像创建。输入图像的大小必须小于或等于 2MB。从这些图像中提取的特征点数据存储在数据库中，然后可以将其与应用程序一起下载并打包。Vuforia 可以在程序运行时通过该数据库对特征点数据进行对比识别。图 3-3-1-1 展示了图像目标的上传界面。


Add Target

Type:


Single Image


Cuboid


Cylinder


3D Object

File:

.jpg or .png (max file 2mb)

Width:

Enter the width of your target in scene units. The size of the target should be on the same scale as your augmented virtual content. Vuforia uses meters as the default unit scale. The target's height will be calculated when you upload your image.

Name:

Name must be unique to a database. When a target is detected in your application, this will be reported in the API.

图 3-3-1-1 图像目标上传

图像目标应该在亮度合适和漫反射照明条件下进行观察，对于识别的图像，要求其表面的亮度要均匀。开发者应用图像目标，主要有两个步骤：第一步，开发者需要对图像目标进行设计和处理，主要是图片文件大小的处理，控制其不超过 2MB；第二步，开发者要将图片目标上传到 Vuforia 目标管理器进行处理和评估。图像目标可以使用任何提供足够细节的平面图像，以便由 Vuforia SDK 检测到。

当使用图像目标时，开发者因当注意到后台对上传的图片的星级评定机制，星值最大为 5 星，星值越大，上传的图像越容易被识别，识别的物体越不容易出现抖动的情况，识别的速度将会越快。

图 3-3-1-2 展示了最高星级和最低星级的两个图像目标的分析情况。通过对比，可以看出，当上传识别图的棱角数量很多时、棱角分布较为均匀时、识别图像素较高时，星级越高。




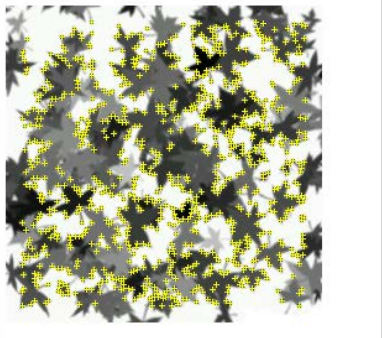
	Uploaded Image	Analyzed Image	Star Rating
Image with small number of features			★☆☆☆☆
Image with high number of features			★★★★★

图 3-3-1-2 星级评定

高通 Vuforia 的识别图的特征点判定的规律如下图 3-3-1-3 所示。



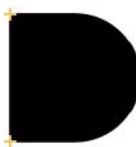
	A square contains four features for each one of its corners.
	A circle contains no features as it contains no sharp or chiseled detail.
	This object contains only two features for each sharp corner. Note: According to the definition of a feature, soft corners and organic edges are not marked as features.

图 3-3-1-3 特征点判定规律

Vuforia 对于特征点判定的本质就是棱角的判定，像正方形、矩形一类的图形就有四个特征点，其次是半圆一类的图形，有两个特征点，然而圆形因为没有棱角，所以圆形在 Vuforia 的判定中是不存在特征点的。所以当识别图的线条越圆滑，Vuforia 就不能得到足够的特征点，导致识别效果差，反之，当识别图的图像棱角越多、越不圆滑时，这样的识别图能够被 Vuforia 判定出足够多的特征点，从而有很好的识别效果。

对于识别效果差的图像目标，可以人为地针对 Vuforia 的识别判定机制对这些图像进行处理或选取更好的图像。在对五星级识别图和一星级识别图进行比较时，可以发现几点影响因素：

1. 图像的清晰图，也就是图像的像素，图像的像素越高，图像的识别效果越好，所以要尽可能的提升图像的画质，当然在一定程度内，否则太过清晰，会导致上传识别图的大小超过限制。

2. 图像的对比度，也就是色差，如果识别图虽然出现很多棱角，但是不同部分的颜色十分相近，就会导致棱角不明显，Vuforia 判定的特征点就不会很多，影响识别效果，所以图像目标的对比度应适当调高，造成一定的色差，对特征点的识别有很大帮助。

3. 图像的特征点分布，特征点应尽可能的分布均匀，否则将影响整体图像的识别效率。

4. 图像的圆滑程度，避免所选图像中的图元是圆形或者圆滑程度很高。

5. 图像的规则程度，避免所选图像是规则排列的图形，不难理解，即使所选图像的图元可以识别很多的特征点，但是对于图像整体，这些图元又都是相同或相近的，整体的识别图像就缺乏特征，所以这样的识别图识别效率会很低。

3.3.2 物体目标 (Object Target)

物体目标,也就是三维立体目标,是直接以一个真实存在的物体作为识别的目标,并在识别的位置进行一些三维渲染等。

首先在 Vuforia 的官方文档中,提到了物体识别的一个核心工具, Vuforia Object Scanner, 这是一个 Android 端应用, 和物体识别相互配合进行使用, 二者是相辅相成的, 缺一不可的。

Vuforia Object Scanner 创建物体目标的方式是通过 Android 手机或平板电脑的摄像头对物体进行扫描。首先需要在 Android 设备上安装这个应用程序,

然后需要一张扫描目标 (Vuforia Object Scanner Target), 如图 3-3-2-1 所示。一定要以其原始大小 (100%) 打印目标。

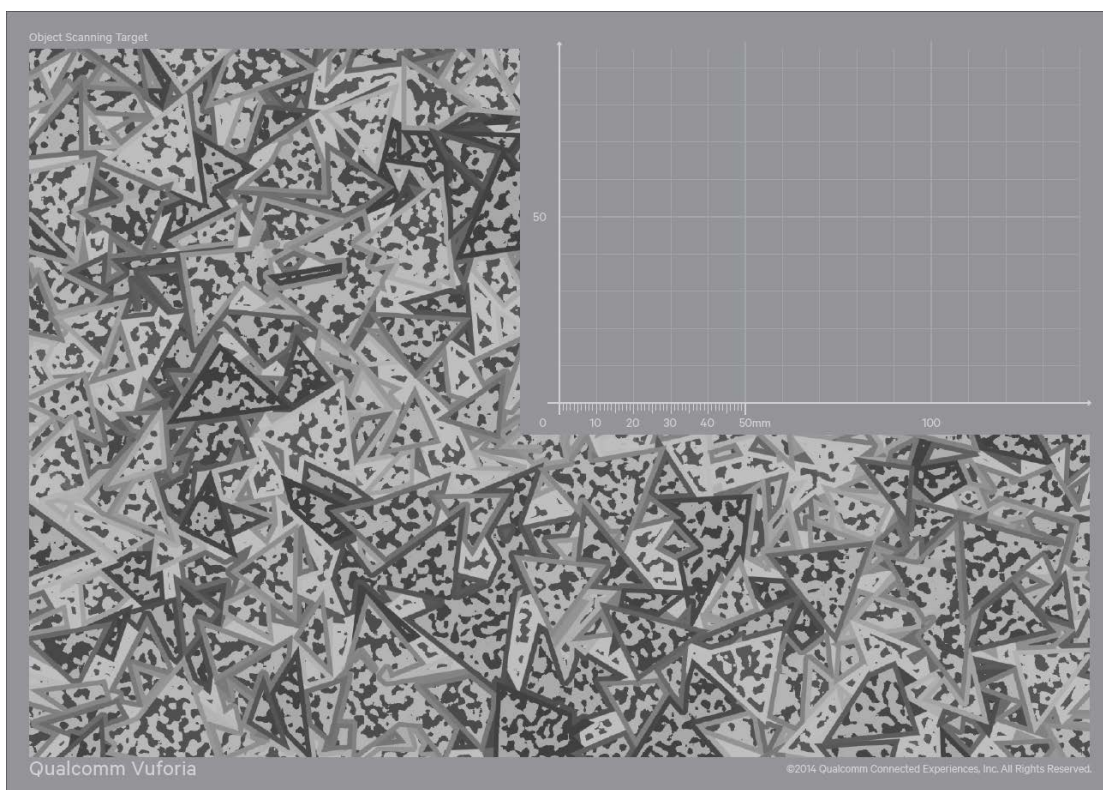


图 3-3-2-1 Vuforia Object Scanner Target

Object Scanner Target 即对象扫描目标,最主要的目的是定位,用于建立对象目标相对于网格区域坐标原点的位置。这个原点在对象扫描目标的网格区域的左下角由 $(0,0,0)$ 表示,同时这个原点也是图像目标识别后进行三维渲染时生成的三维模型的预制体的所处环境的原点位置,这里说的是相对位置。网格区域的单位是毫米,取毫米为单位,其一是为了应用于场景单位,其二是为了大致计算的物体对象的大小。这就不难理解,为什么要以原始大小进行对象扫描目标的打印,因为修改目标大小,会直接修改单位的大小,1 毫米将不再是 1 毫米,扫描物体大小的估算就会受到影响。网格区域虽然仅仅占有四分之一的面积,但

是却是整张目标纸的核心。剩下的四分之三的面积称作对象扫描目标的特征区域，可以看到，特征区域就是由一些重叠的、不规则的三角形组成，这主要有两个作用，其一，可以使扫描软件能够精确地识别网格区域中被识别物体的形态；其二，用来定义扫描空间的剔除区域。

将打印好的对象扫描目标置于平坦的桌面上，环境的亮度应适中即可，应当将被扫描的物体置于网格区域，紧贴横轴和竖轴放置，并且被扫描物体不应越界。这时打开 Vuforia Object Scanner，将 Android 设备的摄像头对准对象扫描目标，则可以看到如图 3-3-2-2 所示的画面，立体坐标轴自动被生成并显示到 Android 屏幕上，这是一个左手系，与 Unity 3D 引擎相同。



图 3-3-2-2 Vuforia Object Scanner 扫描画面

点击图 3-3-2-2 中的红色按钮则开始进行扫描，开始后可以看到一个半球将被识别的物体罩住，如图 3-3-2-3 所示，之后移动手机，使摄像头朝向被扫描物体的各个部位，获取特征点，一旦扫描出特征点，灰色的区域就会转变成绿色。如果完成了主要区域的特征点的捕获，扫描就可以停止了，将扫描数据进行保存。

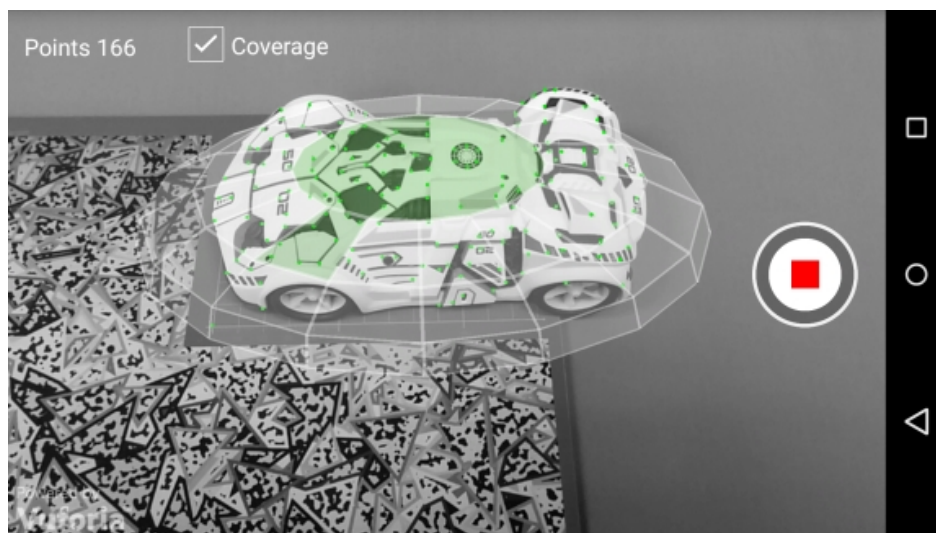


图 3-3-2-3 Vuforia Object Scanner 扫描画面

保存数据之后，点击查看，如图 3-3-2-4 所示，屏幕画面显示了被扫描物体的特征点数据文件的名称、修改日期、文件大小以及特征点个数，左边提供了扫描覆盖区域的情况，即绿色是扫描覆盖的区域，灰色是未扫描到特征点的区域。左下角的按钮是对扫描的数据进行测试，检验其能否被识别，如果被扫描物体能够被识别，则在渲染三维模型区域的原点处渲染一个半透明的绿色立方体，如图 3-3-2-5 所示。

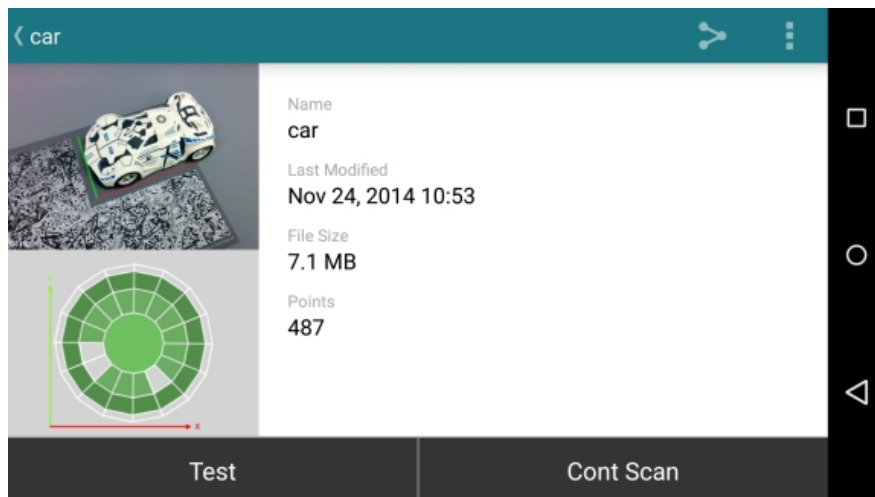


图 3-3-2-4 Vuforia Object Scanner 扫描数据文件

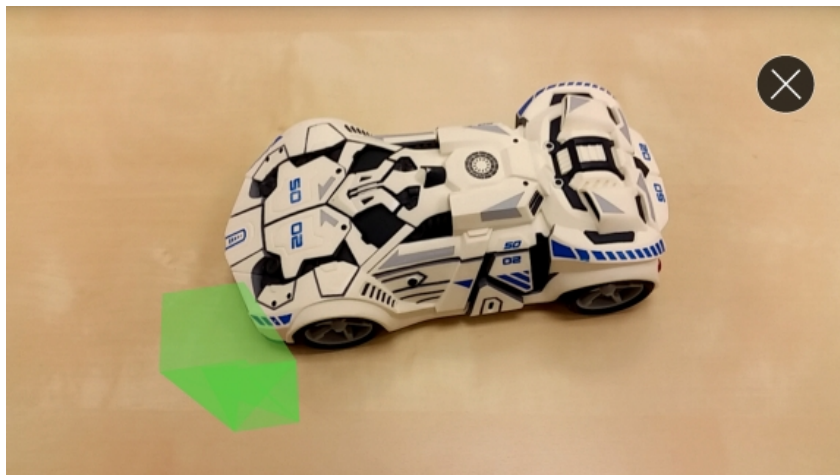


图 3-3-2-5 Vuforia Object Scanner 测试扫描数据文件

经过大量测试发现，Vuforia 对物体目标进行识别的识别成功率比较高，只要扫描、获取物体的主要区域的特征点，则识别率可以达到 90%以上，但是如果物体的模型特别复杂，特征点特别的多，这时，使用 Vuforia Object Scanner 扫描得到的特征点文件将会占据更多的空间，因此足够多的特征点将会对性能造成一定的影响，所以有两点可以参考的方式通过控制特征点数量的方式，来平衡性能：

1. 分析扫描物体目标的需求，如果仅仅需要关注某一部分的特征，或者所开发的 APP 只需要使用物体目标的某一部分，则应当仅扫描关注的部分，对没有应用到的部分，不扫描即可。
2. 扫描静止的目标时，可以仅扫描物体的一部分，然后对物体目标开启扩展追踪。

3.3.3 扩展跟踪 (Extend Tracking)

扩展追踪简单来说就是利用周围的环境来提高跟踪性能，即使目标不在摄像头视野中也能够通过周边的环境进行持续跟踪。一旦检测到目标，扩展跟踪能够在一定程度范围内保持跟踪。由于目标的消失，Vuforia 依据环境中的其他信息通过摄像头获得的画面来追踪环境，从而推断目标的位置。Vuforia 为了实现这个目的为目标以及周边的环境建立匹配关系，并假定环境和目标基本上都是静态的。

通过使用扩展识别，可以创建更加强大的应用程序，因为任何在识别目标上渲染出的增强现实的信息都会持续存在。在实际开发时，这就意味着，在设备远离最初识别目标之后，所有的增强现实的信息相对于真实世界的位置都不会发生变化，并且与创建目标时用到的参考坐标系保持一致。只要周围环境的相关细节

越多，特征越丰富，则扩展跟踪的效果就会越好。

以下示例展示了在使用图像目标进行识别时，目标在和不在摄像头视野中，应用程序的运行效果。如图 3-3-3-1 所示。

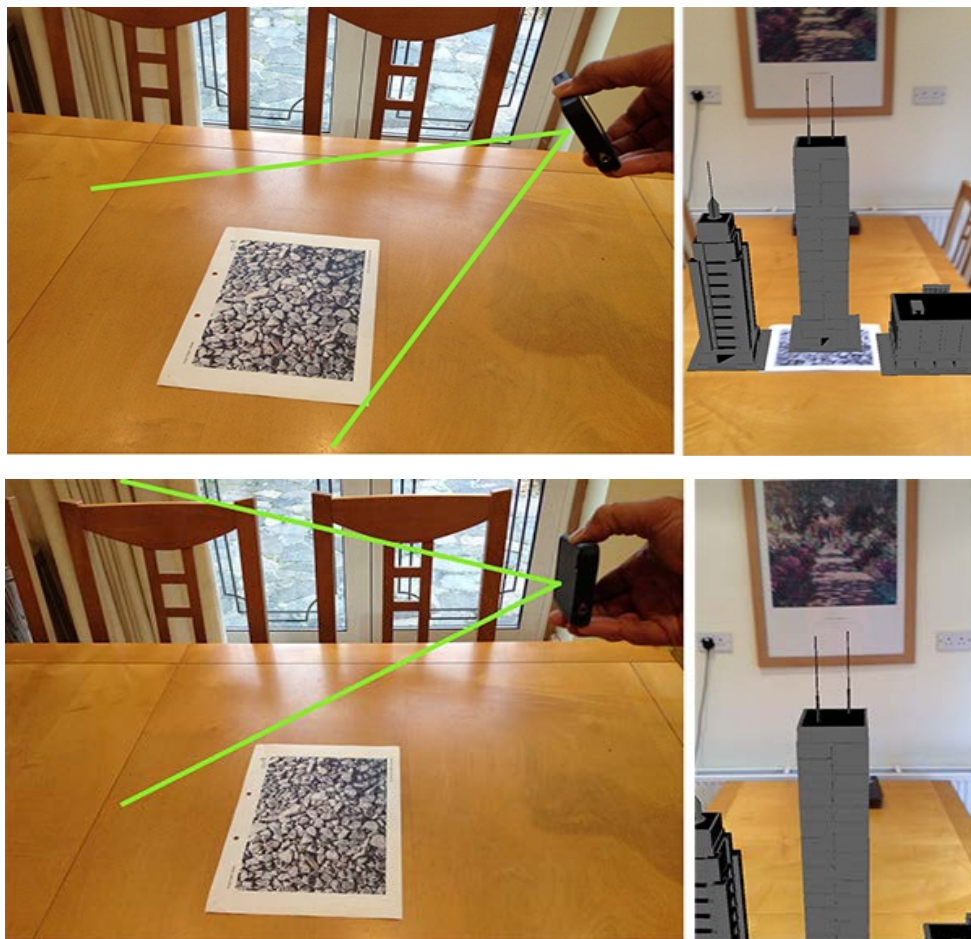


图 3-3-3-1 Vufoia 扩展跟踪

当石头图像目标在视野中时，识别成功，则可以正常渲染出增强现实的信息，也就是图中所示的建筑；当渐渐移动设备向上，使石头图像目标消失在摄像头视野时，如果是没有扩展追踪功能的老版本 Vufoia，所有的增强现实的信息将会消失，因为图像目标不能被跟踪且识别，应用扩展跟踪的功能，虽然图像目标不在摄像机的视野中，建筑依旧会显示。

3.3.4 图像识别与物体识别

图像目标的核心就在于上传的识别图，而且无论是对环境的光效的要求，还是识别图的要求都相对较高，选择适当的识别图以及对识别图进行适当的处理就显得至关重要，而且这些对识别图的处理，基本的方向大多都是使得图片被 Vufoia SDK 识别的特征足够的多，这样图片经过处理，大小都会增加，但是要控制在 2MB 以内，还是一项比较花费时间的工作。

而物体识别的核心在于扫描物体目标特征点的情况，主要是对覆盖率以及特征点个数的要求，周围的环境光效只需要正常的日光光亮即可，整个扫描的过程对于操作没有过多地要求，只是不断地移动设备，直至主要的区域被扫描完成即可，识别率较图像识别更高，识别效果也更好。

对于嘛呢石这种纹路复杂，形状各异的物体，如果对其进行拍照，以照片作为图像目标，环境的光效要求就会相当严格，如果拍摄图像目标时的环境光与识别物体时的环境光有差别，那么摄像头识别物体时获得的信息，也就是特征点，和云端数据库保存的图像目标（物体照片）进行对比就很难匹配，而且图像目标只是物体在某一时刻某一角度的状态显示，使用摄像头进行识别时，摄像头对物体的角度要求就会很固定，这样对嘛呢石进行识别就会很困难。

相反，物体识别针对嘛呢石整体的特征进行扫描和记录，只要保持嘛呢石的各个部分均能扫描到特征点，保证覆盖率，则进行识别时摄像头的角度要求比图像识别宽松很多，也就是说更加容易进行识别。除此之外，物体识别对于环境光的要求没有图像识别那么苛刻，对于扫描环境和识别环境，只要提供足够的亮度成功进行识别即可。

综上，本毕业设计将使用物体识别进行开发工作。

第四章 AR 交互应用的设计与开发

4.1 AR 交互应用设计

4.1.1 可行性分析

系统流程图如图 4-1-1-1 所示，首先打开应用后，应用回自动加载所需要的资源，并向用户发出请求来允许调用设备的摄像头，用来进行物体识别，之后用户可以在物体正确识别后选择是否查看物体文字简介，并通过旋转操作识别物体的其他角度的细节，然后可以选择是否进行复位操作。用户将摄像头离开物体后，可以选择其他物体继续进行识别，也可以选择退出程序。

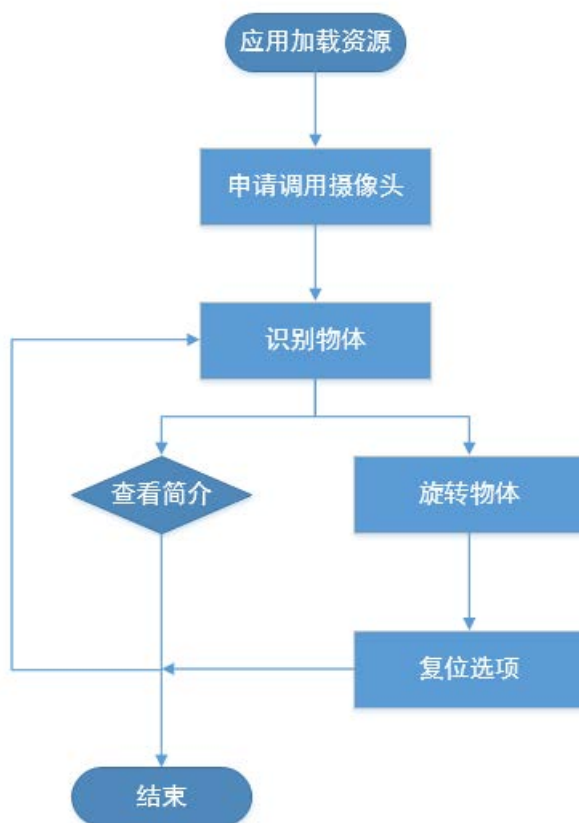


图 4-1-1-1 系统流程图

4.1.2 需求分析

数据流图图如图 4-1-2-1 所示，物体自身的特征数据，通过摄像头传入移动设备，并应用与 Vuforia 识别模块，并且，Vuforia 在物体识别时会对比从云端数据库加载的特征点数据是否匹配，若匹配，Unity 3D 会显示程序资源。

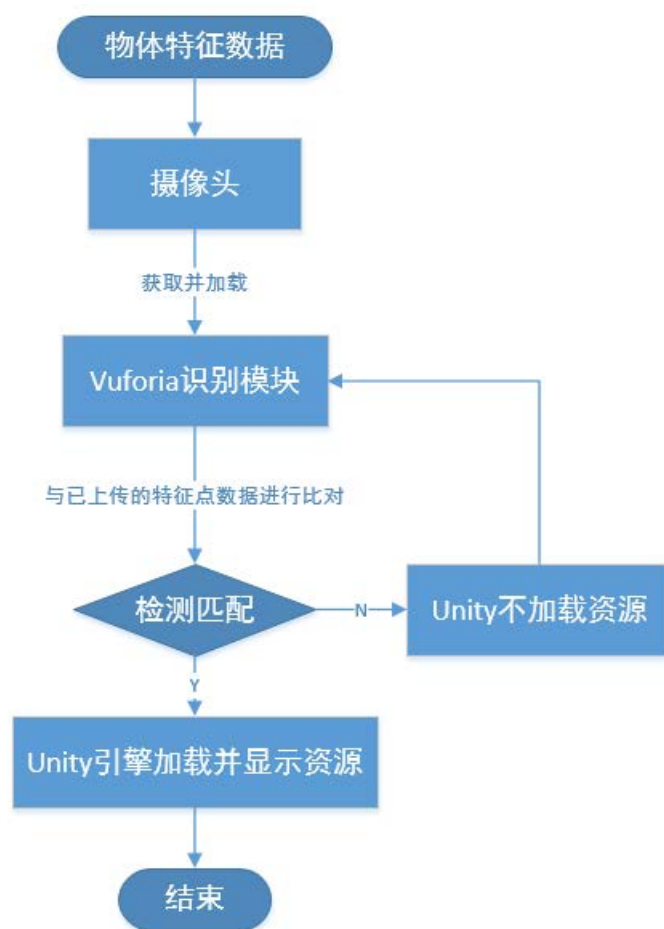


图 4-1-2-1 数据流图

4.1.3 概要设计

系统结构图如图 4-1-3-1 所示，用户通过移动设备运行 AR 应用时，首先移动设备从物体获得的数据资源经过应用系统，传到 Vuforia 识别模块，Vuforia 识别模块将获得的物体数据与上传到云端数据库中的数据进行对比，检测其是否匹配，若匹配，则 Unity 3D 显示相应的信息并提供应用交互。

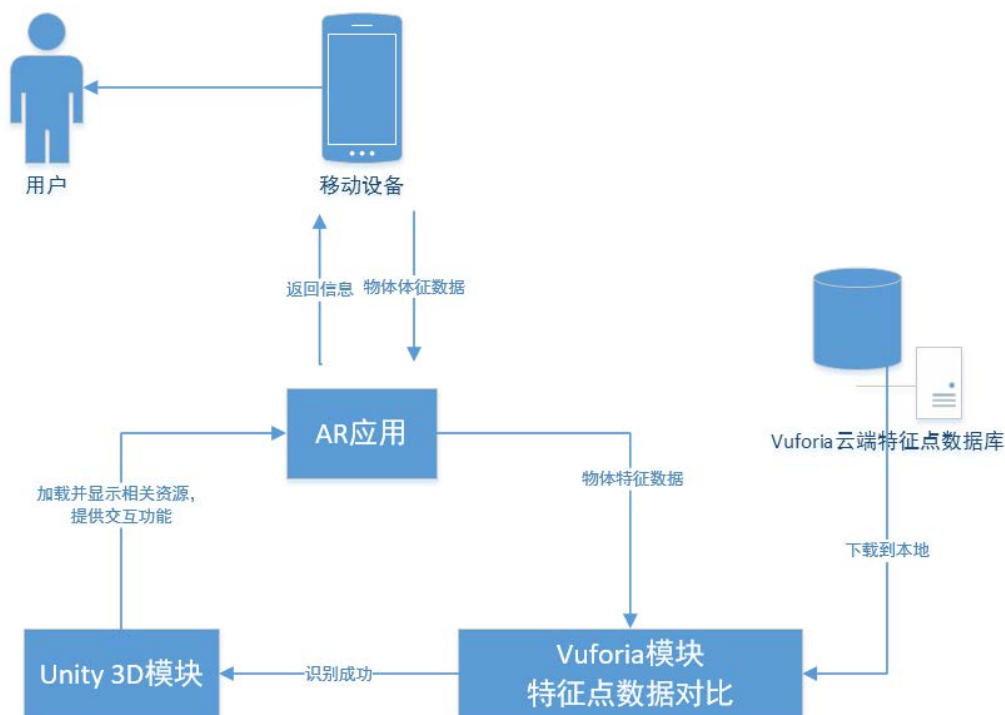


图 4-1-3-1 系统结构图

4.1.4 详细设计

这里介绍实现的各个功能模块的设计，该应用主要有以下几个功能模块：物体识别，模型旋转，模型复位，文字介绍显示以及隐藏。

物体识别模块设计如图 4-1-4-1 所示，首先使用 Vuforia Scanner 应用来获取嘛呢石的相关特征点数据，并将其上传到 Vuforia 特征点云端数据库，Vuforia 将特征点数据加载到识别模块中，与摄像头获得的物体特征点数据进行匹配，识别成功则通过 Unity 3D 调用的 Vuforia 开发包中的 Object Target，来显示识别嘛呢石的 3D 模型。

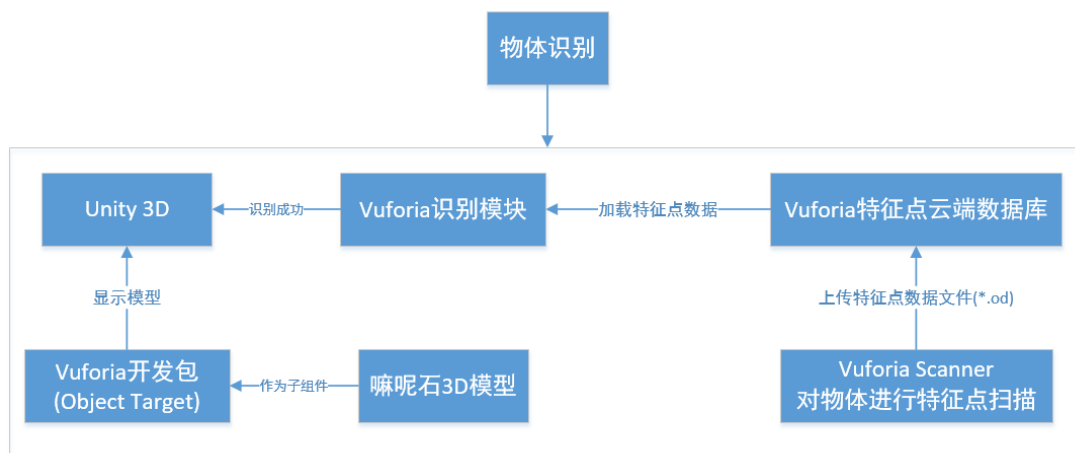


图 4-1-4-1 物体识别模块

模型旋转模块设计如图 4-1-4-2 所示，模型旋转使用 RotateAround() 函数实现旋转，实现的思路是通过记录用户手指触摸点的位移，包括横向和纵向，从而计算模型旋转的角度，RotateAround() 函数需要旋转中心坐标这一参数，使物体围绕开发者需要的位置进行旋转。

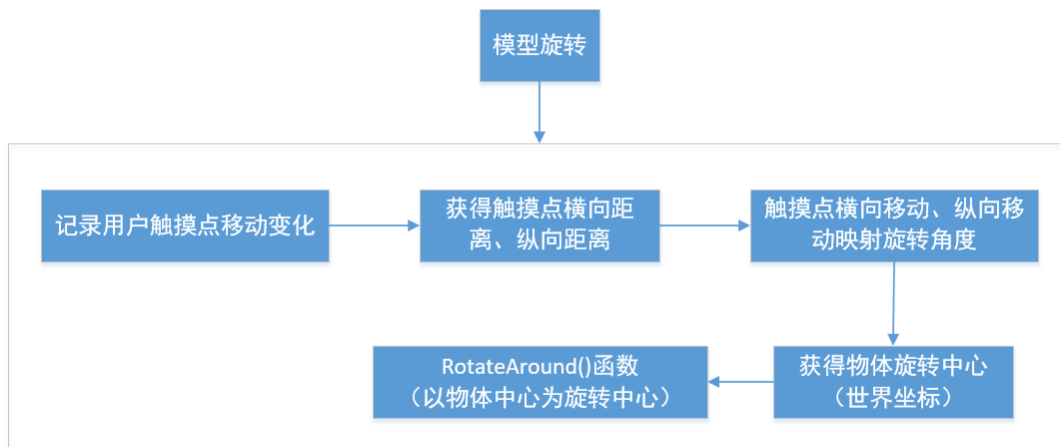


图 4-1-4-2 模型旋转模块

模型复位模块设计如图 4-1-4-3 所示，模型复位功能是基于 UI 控件 Button 事件绑定实现，即点击事件，为点击事件设置复位的逻辑，对于复位函数，在程序开始时记录模型初始 Transform，在点击按钮时，将 Transform 值还原即可。并且编写脚本时还需注意，将 Unity 3D 里的模型与脚本中的定义的虚拟模型进行绑定。

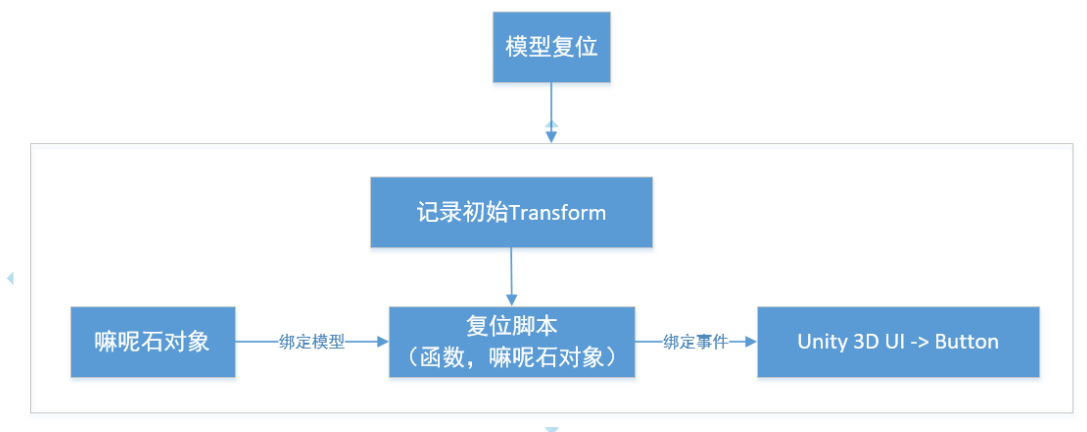


图 4-1-4-3 模型复位模块

文字介绍模块设计如图 4-1-4-4 所示，文字介绍的读取是通过 Unity 3D 的 Resources 进行的，获取后将其字符串形式的值赋给 Unity 3D 用于显示文字内容的控件——Text，通过 Toggle 控件来控制 Text 控件的显现与隐藏。

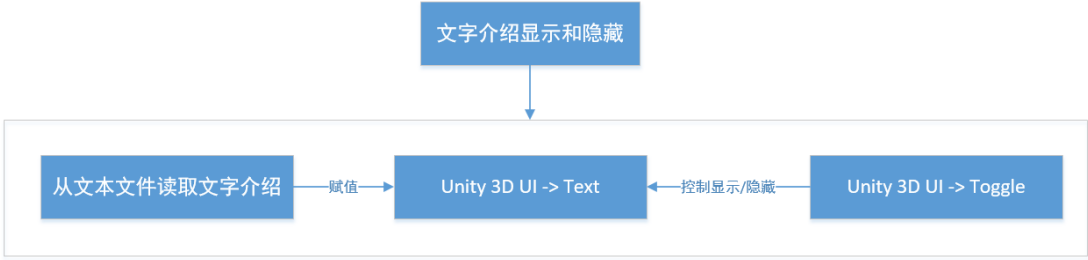


图 4-1-4-4 模型复位模块

4.2 开发环境准备与配置

Android SDK 环境配置

因为这里用 Unity 3D 开发出的应用，需要导出 Android 平台的安装包，所以需要用到 Android SDK 来创建安装包，并且 Android 是基于 Java 语言进行开发的，而 Java 语言的核心是 JDK，所以开发者需要先进行 Java 环境的配置。

环境配置的相关步骤：

1. 下载 Java 开发包（JDK）1.8 版本，下载后，配置环境变量，也就是添加环境变量 JAVA_HOME，变量值为所下载的 JDK 的绝对路径，如图 4-2-1 所示。

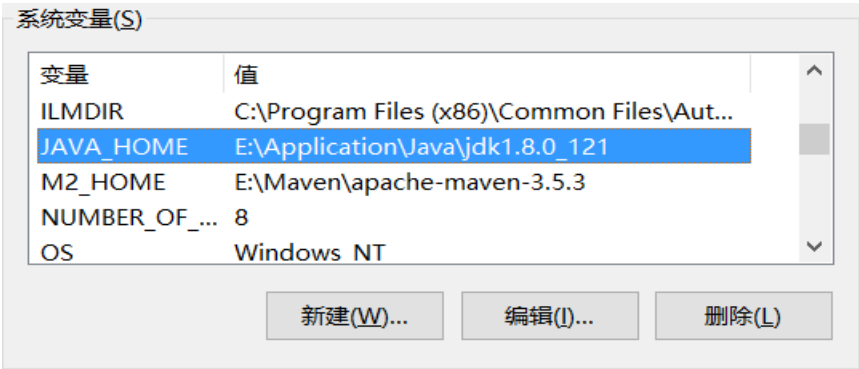


图 4-2-1 JDK 环境配置

2. 在 Android SDK 官网（需要翻墙）的 SDK Tool 区域中找到 Windows 版本的 Android SDK 压缩包版进行下载，如图 4-2-2 所示，并且进行解压。

SDK Tools					
版本	平台	下载	大小	SHA-1校验码	官方SHA-1校验码
3856397	Windows	sdk-tools-windows-3856397.zip	132 MB	7f6037d3a7d6789b4f0c06ee7a1041e071e9800c51f007a4eb5913df9871fd2	查看
	Mac OS X	sdk-tools-darwin-3856397.zip	82 MB	4a81754a760fce88c8ba74d69c364b05b31c53d57b26f82355c61d5fe4b0df9	
	Linux	sdk-tools-linux-3856397.zip	130 MB	444e22ce8ca0f07353bda4b65175ed3731cae3ffa695ca18119cbacef1c1bea0	
24.4.1	Windows	installer_r24.4.1-windows.exe	144 MB	f9b59d72413649d31e633207e31f456443e7ea0b	查看
	Windows	android-sdk_r24.4.1-windows.zip	190 MB	e6b6a6433053c152b22bf8cab19c0f3fef4eba49	
	Mac OS X	android-sdk_r24.4.1-macosx.zip	98 MB	85a9cccb0b1f8e0f1f016335c5f07107553840cd	
	Linux	androiddk_r24.4.1-linux.tgz	311 MB	725bb360f07d04eacff5a2d57abdd49061326d	

图 4-2-2 Android SDK 下载

3. 在完成解压操作后，可以看到解压得到的文件夹中有名为 SDK Manager.exe 的可执行文件，双击打开，按需求选择需要安装的工具和插件，对于本项目的要求，必要的有 Android SDK Tools, Android SDK Platform-tools, Android SDK Build-tools（选择一项即可），Google USB Driver，如图 4-2-3 所示。

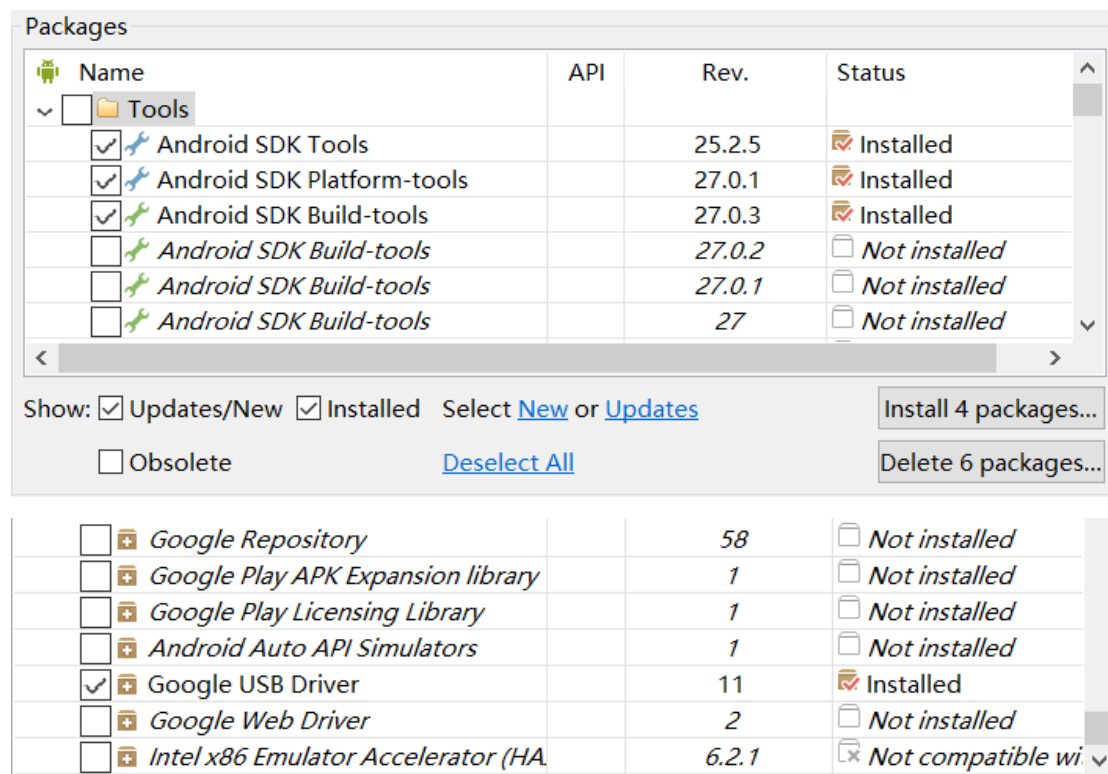


图 4-2-3 Android SDK 工具及插件下载安装

4. 安装完成后，在 Unity 3D 中对 JDK 和 Android SDK 的目录进行配置。打开 Unity 3D，在菜单栏点击 Edit，找到 Preferences 之后点击 External Tools，对 Android 部分进行配置，也就是设置 Android SDK 和 JDK 的路径，如图 4-2-4 所示。

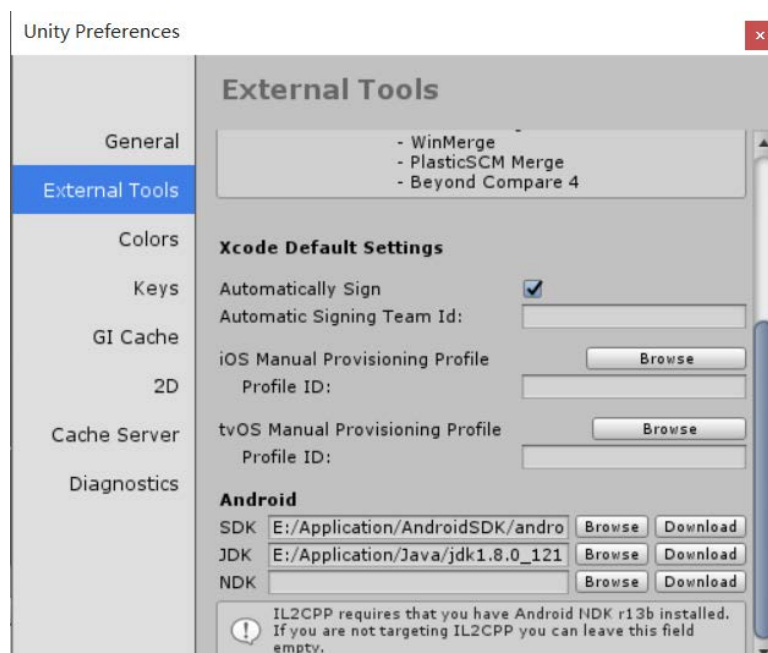


图 4-2-4 Unity 3D 环境配置

至此，环境配置已完成。

4.3 Vuforia 相关配置

在 Unity 3D 中，使用 Vuforia，首先要对 Unity Player Settings 进行设置，点击 Android 图标，进入 Settings for Android，选择 XR Settings，勾选 Vuforia Augmented Reality，如图 4-3-1 所示。

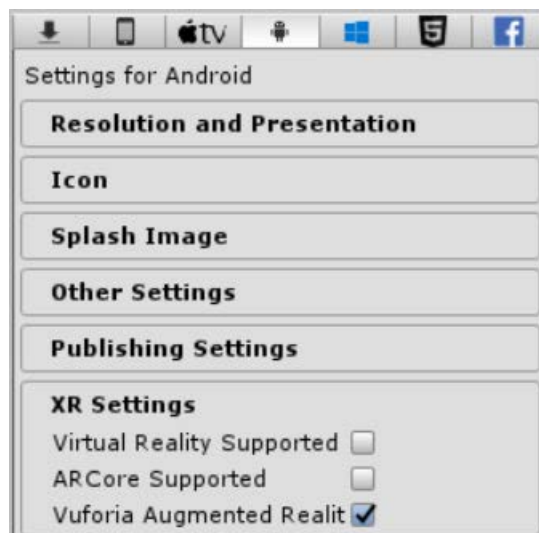


图 4-3-1 Player Settings 设置

在 Vuforia 官网下载 Unity 开发包 vuforia-unity-6-2-10.unitypackage (46.20 MB)，如图 4-3-2 所示。

Vuforia 7

Use the Vuforia SDK to build Android, iOS, and UWP applications for mobile devices and digital eyewear. Apps can be built with Android Studio, Xcode, Visual Studio, and Unity.

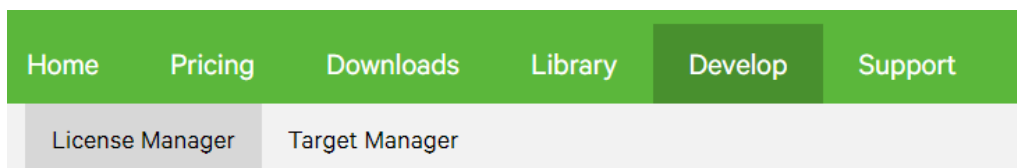
As of Unity 2017.2, the Vuforia Engine is delivered with the latest version of Unity. A legacy version of the Vuforia Unity Extension is provided to assist with project migrations.



图 4-3-2 Vuforia 开发包

回到 Unity 3D，点击菜单栏 Assets -> Import Package -> Custom Package...，选择下载的 Vuforia 开发包，进行导入。

进入 Vuforia 官方网站，登录之后进入 Developer Portal，点击 License Manager，Get Development Key 按钮，如图 4-3-3 所示。



License Manager

Create a license key for your application.



图 4-3-3 Developer Portal

输入项目的名字，对于本项目为例，为 ARFD，由此可以看到使用的 License Key 为开发版，无需付费，阅读并且勾选同意 Vuforia 开发者协议，最后点击

Conform 进行 License Key 的获取，如图 4-3-4 所示。

Add a free Development License Key

App Name

You can change this later

License Key

Develop

Price: No Charge

Reco Usage: 1,000 per month

Cloud Targets: 1,000

VuMark Templates: 1 active

VuMarks: 100

☐ By checking this box, I acknowledge that this license key is subject to the terms and conditions of the [Vuforia Developer Agreement](#).

Cancel

Confirm

图 4-3-4 获取应用开发 License Key

进入刚刚注册的 License Key 界面，复制 License Key，回到 Unity 3D 中，在 Project 区域，Assets 中找到 Resources 文件夹中的 VuforiaConfiguration.asset 文件，将 License Key 粘贴到 App License Key 一栏，如图 4-3-5 所示。

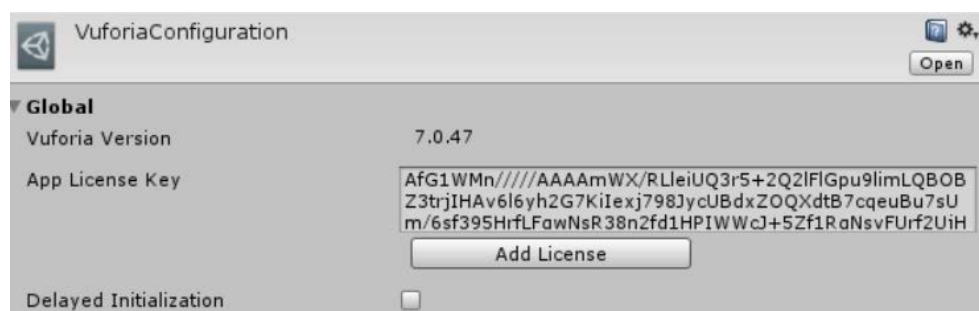


图 4-3-5 Vuforia App License Key 配置

至此，Vuforia 在 Unity 3D 中的配置已经完成。

4.4 AR 应用开发阶段

4.4.1 特征点数据的准备

本项目采用嘛呢石作为物体目标，首先要对所有嘛呢石进行特征点的扫描工作，由于是重复性工作，此处仅以一块嘛呢石为例进行说明。

将嘛呢石至于打印好的 Vuforia 物体扫描目标图的网格区域，需将嘛呢石紧贴横轴和数轴放置，保证其不越界。之后打开 Android OS 的移动设备已安装好的物体目标扫描工具（Vuforia Object Scanner），新建特征点数据文件，将摄

像头对准物体扫描目标图，摄像头视野中应出现红、绿、蓝三条虚拟坐标轴，

在移动设备上点击红色按钮开始扫描，此时进入扫描界面，需要注意对于嘛呢石要通过不断的调整摄像头的距离以及朝向不同的灰色区域进行扫描来保证全覆盖，本应用希望能够使物体识别成功的概率达到最大，所以需要获取嘛呢石显露的所有特征点。

扫描完成后，保存文件，并进行合理的命名，将得到的嘛呢石特征点数据文件从移动设备导入到电脑上，通过电脑上传特征点数据文件。进入 Vuforia 官方网站 Developer Portal，点击 Target Manager，之后点击 Add Database 按钮来创建存储特征点数据的云端数据库，命名与 License Key 的命名一致即可，然后选择 Device，点击 Create 进行创建。

进入刚刚创建好的数据库，点击 Add Target 按钮，此时会显示 Add Target 界面，里面提供了四中目标类型：图片类型 (Single Image)、长方体类型 (Cuboid)、圆柱体类型 (Cylinder)、三维物体类型 (3D Object)，这里选择 3D Object，选择导入到电脑的特征点数据文件 (.od 格式)，Width 设置为 1 即可，名字则根据开发需要进行命名，最后点击 Add 进行提交。要注意的是提交之后，目标数据的状态是审核中，必须要等到状态变成 Active 才能将这些数据文件进行使用。

将所有嘛呢石的特征点数据文件上传到云端数据库之后，在 Target Manager 界面，点击 Download Database (All) 对所有的特征点数据进行下载，得到的是一个 Unity 3D 的资源包，下载后，将资源包导入到 Unity 3D 中，选择添加所有资源即可。

至此，所有需要的特征点数据已经准备完成。

4.4.2 Unity 3D 开发阶段

1. 新建一个场景，首先需要添加一个 AR Camera，点击菜单栏 GameObject，找到 Vuforia，点击 AR Camera 进行添加。AR Camera 是 Vuforia 的核心组件，通过调用运行应用的设备的摄像头，来显示真实的世界，识别相应的物体目标。并且再添加 AR Camera，需要删除 Audio Listener 如图 4-4-2-1 所示。

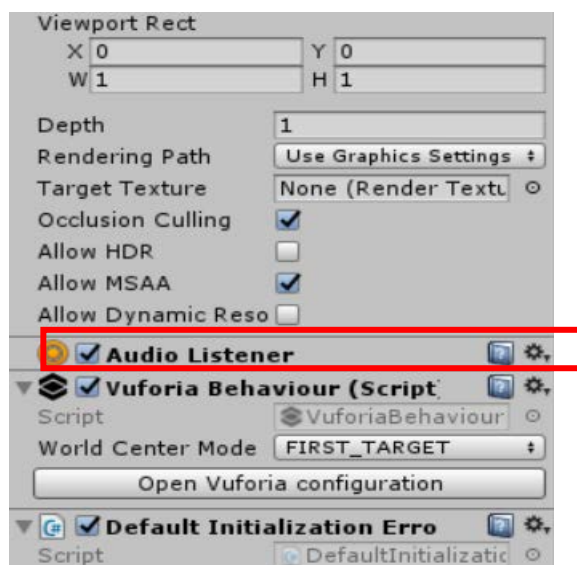


图 4-4-2-1 Vuforia App License Key 配置

2. 对所有的嘛呢石目标添加 Object Target 预制体，点击菜单栏 GameObject，找到 Vuforia，点击 Object Target 进行添加，并且为了区分，根据嘛呢石的编好来为 Object Target 进行命名，在开发时便于查看和对应。

3. 在 Unity 3D 项目的 Assets 文件夹下面新建一个名为 Models 的文件夹，将 Artec 扫描建模得到的嘛呢石模型至于该文件夹下，并且将模型文件导入到 Unity 3D 中，然后将每个嘛呢石的模型按照命名编号，放在不同的 Object Target 下面，作为子组件。并且对 Object Target 进行识别特征点数据的设置，如图 4-4-2-2 所示，选择数据库为 Target Manager 上下载的数据库，并且物体识别是有_OT 后缀的。之后选择物体目标，也就是上传到云端数据库的特征点数据文件，根据模型进行对应的设置即可。

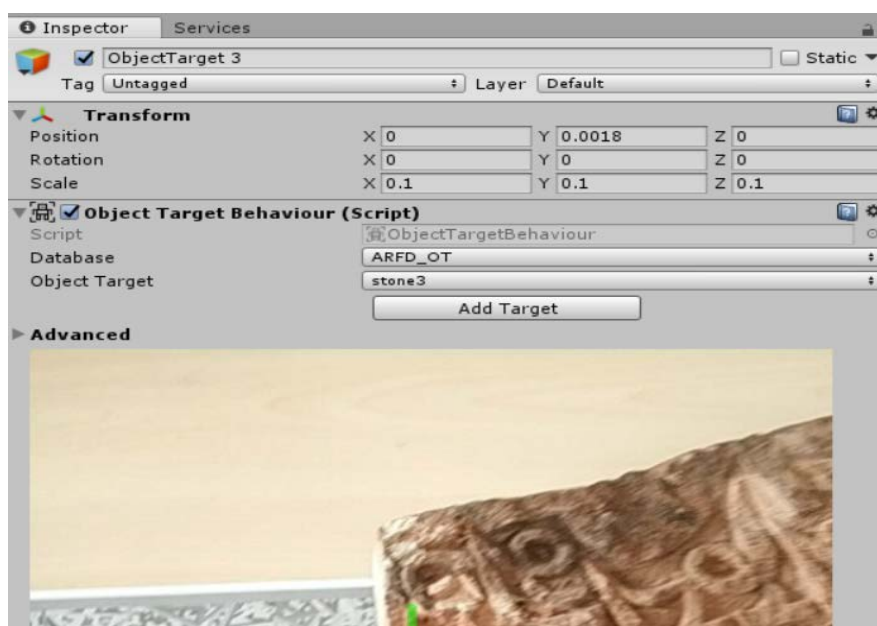


图 4-4-2-2 Object Target 配置

在 Unity 3D 中借助 Vuforia 进行 AR 开发时，物体识别后渲染的内容需要开发者将其至于 Object Target 下作为子组件，不同的 Object Target 识别后渲染不同的内容，所以在放置时要检查，要渲染的嘛呢石以及其他内容是否放置在正确的 Object Target 下面，以免渲染的内容与现实内容不相符。

4. 对模型的位置进行调整，扫描特征点数据时提到渲染的模型的位置问题，在 Unity 3D 中可以看到，Object Target 处是有一个蓝色正方体，如图 4-4-2-3 所示，这里默认是以 (0,0,0) 为原点，而这个点同时也是物体扫描特征点时，网格区域的原点，所以依据扫描时实物相对网格的位置来调整 Unity 3D 中渲染的模型相对于 Object Target 的位置。

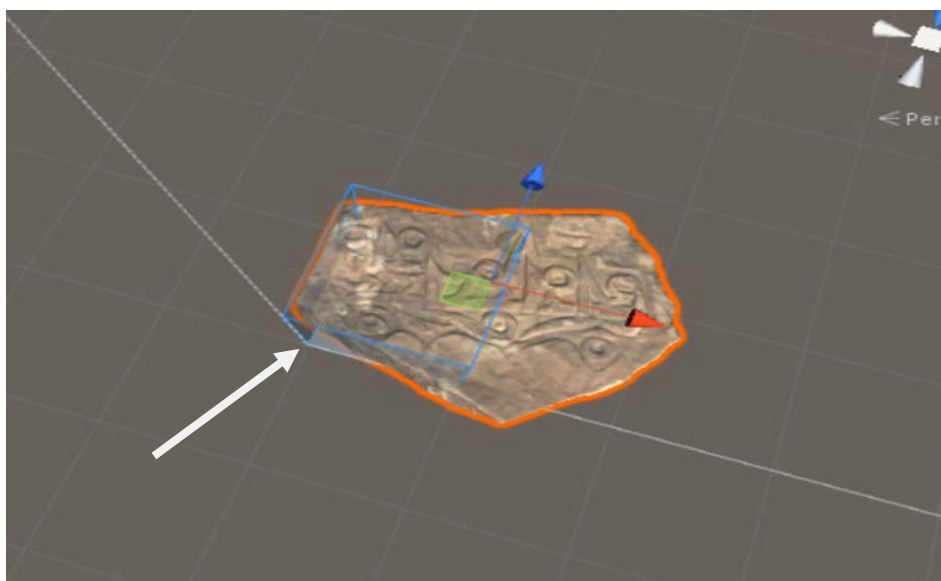


图 4-4-2-3 Unity 3D 中的 Object Target

5. 添加识别后模型的旋转功能。在 Unity 3D 中新建一个脚本文件，命名为 Rotate.cs，在脚本中需要声明一个 GameObject，将其命名为 stone，即渲染的嘛呢石模型，关于旋转实现的思路是，获取手指的触摸点，记录触摸点的移动距离，包括横向和纵向的移动距离，将移动距离乘以一定的系数，计算出物体的旋转角度。代码如图 4-4-2-4 所示。

```

public class Rotate : MonoBehaviour
{
    private Touch oldTouch1;
    private Touch oldTouch2;
    private float oldDis = 0;
    private float newDis = 0;
    private float scaler = 0;
    public GameObject stone;
    private Vector3 originPos;
    private Vector3 worldPos;
    private Transform parent;

    void Start()
    {
        parent = gameObject.transform.parent;
        originPos = stone.transform.position;
        worldPos = parent.TransformPoint (originPos);
    }
    void Update()
    {
        //没有触摸
        if (Input.touchCount <= 0)
        {
            return;
        }

        //单点触摸， 水平上下旋转
        if (1 == Input.touchCount)
        {
            Touch touch = Input.GetTouch(0);
            Vector2 deltaPos = touch.deltaPosition;
            stone.transform.RotateAround (worldPos, new Vector3 (0f, 1f, 0f), deltaPos.x * 0.1f);
            stone.transform.RotateAround (worldPos, new Vector3 (1f, 0f, 0f), deltaPos.y * 0.1f);
        }
    }
}

```

图 4-4-2-4 旋转功能代码实现

触摸点的移动距离使用 Vector2 类型的变量进行记录，然后使用 GameObject.transform.RotateAround(Vector3 position, Vector3 axis, Single angle)函数进行旋转的实现，该函数的意思是，使物体围绕 position 这个坐标，绕着 axis 轴，旋转 angle 角度。这里由于手指的触摸是二维的，所以只能映射横向和纵向的角度，即 deltaPos.x*0.1f 和 deltaPos.y*0.1f，0.1f 这个系数是根据测试情况选取的合理的系数，不会使人感受到旋转过快或过慢。

对于旋转的坐标，最好使用物体的绝对坐标，因为通过 transform.position 获取到的坐标是相对于父级组件的相对坐标，而 RotateAround 的第一个参数旋转中心是世界坐标系的坐标，所以需要首先将获得的物体的相对目标进行转化，也就是转化成绝对坐标。使用 parent.TransformPoint (Vector3 relativeCoordinates)函数进行转化。传进的参数为相对目标，返回值为绝对坐标。

最后就是将嘛呢石模型与脚本中的 GameObject 进行绑定，如图 4-4-2-5 所示，将模型直接拖拽到右边的 stone 处即可



图 4-4-2-5 GameObject 绑定

6. 复位功能的实现。思路是引入 UI 的按钮组件，通过设置点击事件的方式来完成复位。

首先在 Object Target 下添加 Canvas 组件，用于显示其他的 UI 组件，在 Canvas 下添加 UI 的按钮组件 Button，Button 下还有 Text 组件，这里的 Text 组件是用来设置按钮上显示的文字的，根据按钮实现的功能，将按钮文字设置为“复位”。

复位功能的逻辑实现，同样，在 Button 通过 Add Component 新建一个 C# 脚本，将其命名为 resetButton.cs，实现代码如图 4-4-2-6 所示，和旋转实现一样，要新建 GameObject，在程序开始时，记录下嘛呢石的初始位置坐标、初始旋转，这里使用的都是相对于父级的 transform 属性，因为父级是 Object Target，在程序运行始终，其 transform 属性均没有变化，所以复原是无论是使用绝对位置、绝对旋转角度还是相对位置、相对旋转角度，效果是完全一样的，使用相对属性，则代码将会更加简单，省去了相对转绝对的步骤。

```

resetButton ▶ Start ()
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class resetButton : MonoBehaviour {
6
7     public GameObject stone;
8     private Vector3 originScale;
9     private Quaternion originRot;
10    private Vector3 originPos;
11    //private Vector3 worldPos;
12    //private Transform parent;
13    // Use this for initialization
14    void Start () {
15        originPos = stone.transform.localPosition;
16        originScale = stone.transform.localScale;
17        originRot = stone.transform.localRotation;
18    }
19
20    // Update is called once per frame
21    void Update () {
22    }
23
24    public void reset(){
25        stone.transform.localScale = originScale;
26        stone.transform.localRotation = originRot;
27        stone.transform.localPosition = originPos;
28        //stone.transform.position = worldPos;
29    }
30 }

```

图 4-4-2-6 复位功能实现代码

在脚本中定义 reset() 函数，将访问控制设置为 public，否则 Button 将无法设定点击后触发这个方法。在函数体中，需要把嘛呢石记录的初始位置、初始旋转角度重新赋值，以达到复原的目的。

最后，将 reset() 方法与 Button 点击事件进行绑定，具体的做法就是点击组件，在 Inspector 中找到 Button (Script)，点击展开，可以看到 On Click () 一栏，选择 Runtime Only，将 resetButton.cs 脚本拖到 Runtime Only 下方，选择拖入的脚本中的 reset() 函数，如图 4-4-2-7 所示，最后将嘛呢石模型与

resetButton.cs 中代表嘛呢石的 GameObject 进行绑定。

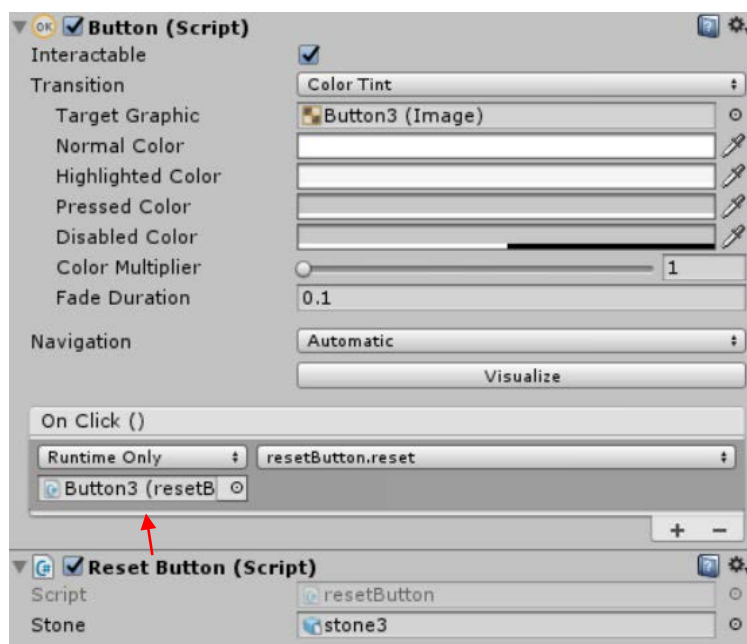


图 4-4-2-7 复位功能实现代码

至此，复位按钮功能已经完成。

7. 文字介绍的添加。将每个嘛呢石的相关介绍建成.txt 格式的文本文档文件，然后将这些文档置于项目目录下 Assets/Resources/Description 文件夹中，出于方便，将介绍文档的文件名命名为 des 加嘛呢石编号。对于 UI 的显示方面，在 Canvas 下添加 Text 组件，这个组件用来显示嘛呢石的介绍文字。实现的思路是，当嘛呢石被识别时，将介绍文档的内容由文件读取并添加到 Text 组件中，从而进行显示。难点在于如何在识别时控制加载文件，需要回到 DefaultTrackableEventHandler.cs 这个脚本中来，这是 Vuforia 在 Unity 3D 中对于追踪到的项目的默认处理方式，所以只需要在该脚本进行添加读取功能即可。

实现代码如图 4-4-2-8 所示，这里需要声明一个 Text 组件，来代表 Unity 实际显示的 Text 组件，在 onTrackableStateChanged () 函数中可以看到，当检测到的新的识别状态(newStatus)为 DETECTED、TRACKED 或 EXTENDED_TRACKED 时，即为识别状态，在这个条件分支添加相应的操作，这里根据嘛呢石的编号读取对应的文件，因为命名时编号在名字的最后，所以索引识别的嘛呢石名字的最后一个字符即可，通过 mTrackableBehaviour.TrackableName [tlength - 1] 获得，又因为为介绍文档命名时采用的是 des 加编号的方式，且文档文件均至于 Resources 这个文件夹下面，所以我们能够通过这一条语句 descryp.text = Resources.Load("Description/des" + indexOfTrack).ToString() 来实现，将读取到的文件内容转化成 String，并且赋给 Text 组件。最后将 Text 组件与代

码中的 Text 进行绑定。

```
public Text descrp;
private int tlength;
private char indexofTrack;

protected virtual void Start()
{
    mTrackableBehaviour = GetComponent<TrackableBehaviour>();
    if (mTrackableBehaviour)
        mTrackableBehaviour.RegisterTrackableEventHandler(this);
}

#endregion // UNITY_MONOBEHAVIOUR_METHODS

#region PUBLIC_METHODS

/// <summary>
/// Implementation of the ITrackableEventHandler function called when the
/// tracking state changes.
/// </summary>
public void OnTrackableStateChanged(
    TrackableBehaviour.Status previousStatus,
    TrackableBehaviour.Status newStatus)
{
    if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
        newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
        newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
    {
        tlength = mTrackableBehaviour.TrackableName.Length;
        Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName + " found");

        //识别到的石头号
        Debug.Log(mTrackableBehaviour.TrackableName [tlength - 1]);
        indexofTrack = mTrackableBehaviour.TrackableName [tlength - 1];
        Debug.Log ("des" + indexofTrack + ".txt");
        OnTrackingFound();
        descrp.text = Resources.Load("Description/des" + indexofTrack).ToString();
    }
}
```

图 4-4-2-8 读取嘛呢石介绍

注意这里填写文件路径时不应添加拓展名，否则 Unity 将无法找到该文件。

这样实现起来 Text 组件是固定高度的，也就是，如果介绍文字过多，将无法自动进行尺寸的扩增，所以需要 Text 组件进行一些处理。点击 Text 组件，点击 Inspector 中的 Add Component，添加 Content Size Fitter 组件，如图 4-4-2-9 所示，有两个设置，水平自适应（Horizontal Fit）和垂直自适应（Vertical Fit），这里将水平自适应设置为 Unconstrained，水平尺寸不做变化，垂直自适应设置为 Preferred Size，垂直尺寸自适应即可。

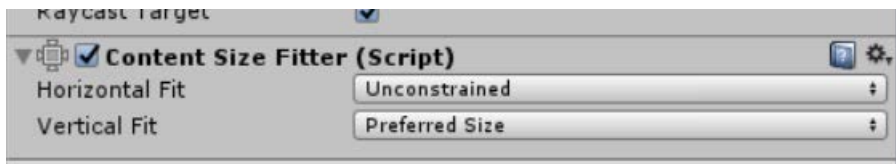


图 4-4-2-9 Text 组件自适应设置

但是这样只要嘛呢石被识别，文字介绍就会出现，所以，需要设置一个控制文字介绍显示和隐藏的开关，实现的思路是运用 UI 控件 Toggle，Toggle 控件只监控两个值，True 和 False，通过 Toggle 进行控制，需要建立一个脚本，将其命名为 toggleDescription.cs，实现的代码如图 4-4-2-10 所示，类似之前的脚本，声明一个 Toggle 组件来代表真实的 Toggle，声明一个 GameObject 来代表

Text，在初始化中将 Toggle 的状态设置为 False，即不勾选，而是否勾选是由用户点击从而改变状态，所以在每一帧对于 Toggle 的状态进行检测，Toggle 的状态和 Text 组件的显示状态始终保持一致，所以只需要在 SetActive () 函数中传入 Toggle 的状态即可。最后将 Toggle 和 Text 分别与脚本进行绑定。

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class toggleDescription : MonoBehaviour {
    public Toggle tog;
    public GameObject des;
    // Use this for initialization
    void Start () {
        tog.isOn = false;
    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {
        des.SetActive (tog.isOn);
    }
}
```

图 4-4-2-10 Text 组件自适应设置

至此，应用的开发已经完成。

4.5 安装包导出

导出 Android 安装包之前，需要进行导出配置，进入 Player Settings, 如图 4-5-1 所示，这里将 Orientation 固定一下，可以选择 Landscape Right 或 Landscape Left，用户使用时，可能会从不同的角度进行扫描，为避免因设备倾斜导致的屏幕翻转的现象发生，所以直接将其锁定。

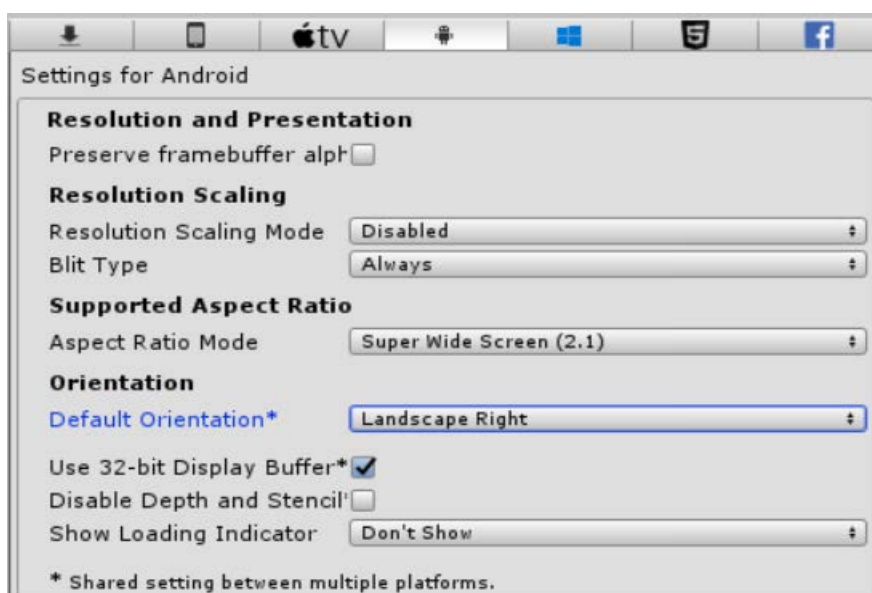


图 4-5-1 Android 安装包设置

要导出安装包，需要点击菜单栏 File，点击 Build Settings，勾选好场景，然后再 Platform 中选择 Android，点击 Build 按钮进行开发包导出，将安装包再导入到手机上，安装运行即可。

4.6 运行结果截图



图 4-6-1 扫描识别嘛呢石



图 4-6-2 旋转操作



图 4-6-3 文字介绍显示



图 4-6-4 复位按钮并将简介隐藏

第五章 优点与局限性

5.1 优点分析

1. 运用 Artec Space Spider 来建立嘛呢石模型，建模时间短，对于一块嘛呢石而言，只需要五分钟，就可以的到一个完整的嘛呢石模型，相比照片建模，效率高太多，其效果很出色，还原程度很高，能够准确的还原嘛呢石的纹路以及形状，嘛呢石上的藏族文字清晰可见，参观者在观看这些模型的时候，模型能够给参观者准确的文字信息，对于展示嘛呢石文化的传播有着重要意义。

2. 采用了 Vuforia 开发工具的物体识别功能，识别率相当高，开发版又是免费的，但是提供的效果特别出众，即使扫描到的嘛呢石的特征点多于 1000 个，特征点文件数据平均有 15MB，在应用中进行识别时运行的效率也相当之高，没有卡顿的情况出现。Vuforia 的另外一个优点就是对设备的兼容性很高，其他 AR 开发工具如 AR Kit 和 AR Core，并不能实现对大多数设备的兼容，用户想要使用，必须要进行硬件升级，而 Vuforia 只要要求移动设备有一颗像素足够的摄像头即可，硬件要求相对低很多，由此开发的应用对中端硬件设备会相对友好。

3. 该应用使用 Unity 3D 引擎进行开发，开发效率高，且易于维护，现今，根据数据统计，移动设备在社会上占据了相当大一片市场，用户也比较愿意去下载和安装移动端的应用程序，用起来方便，快捷，简单。

4. 该应用是基于增强现实的技术来进行开发，增强现实技术真正的实现了虚拟世界与现实世界的共存，给用户带来了虚拟世界与真实世界实时同步的体验，用户在现实世界中能够同时地去感受虚拟世界中的模拟出的内容，这样不仅仅保证了用户与应用之间的互动性，同时也增加的用户对于该类应用的体验兴趣。

5.2 局限性分析

1. Artec Space Spider 的价格是相当高的，价格在 200,000 人民币左右，如果不是实验室提供用于建立模型用于应用开发，这种建模工具成本是很高的。

2. 本毕业设计是基于向大众介绍西藏民间嘛呢石堆文化这个出发点，以 AR 为技术支撑的博物馆数字化软件，这里仅仅是对八块嘛呢石制作的应用，如果需要建立庞大的博物馆，涉及到相当多的文物，依旧采用这种开发模式，则会导致应用程序过于庞大，推广起来就会因空间问题而产生障碍。这就需要建立云端数据库，将大量的文物特征点数据存储到服务器上，在云端实现特征点对比的计算工作，以网络的方式实现识别。

3. Vuforia 开发包，如果仅仅是用于开发，那么是免费的，但是如果以这种方式建立大型的数字化博物馆，也就是有商用用途，则 Vuforia 将会进行收费，而且 Vuforia 商用后的开发成本还是相当高的。

第六章 总结与展望

6.1 总结

通过本次应用开发，我基本掌握了运用 Artec Space Spider 结合 Artec Studio 进行 3D 扫描建模的基本方法，能够使用其建立还原度较高的模型用于应用开发。同时，我掌握了 Unity 3D 通过脚本控制对象以及 UI 控件交互行为的开发方法，对于 Vuforia 软件开发包有了进一步的认识，能够根据 AR 应用开发的具体情况，来挑选 Vuforia 合适的识别模式，如本次毕业设计，需要识别的目标是嘛呢石，以对嘛呢石进行拍照获得的照片作为识别目标存在识别角度、环境亮度等一系列严格的条件，所以使用物体识别更为合理。

6.2 展望

本次毕业设计基本实现了一个简单的博物馆数字化的实例，基于藏族嘛呢石堆文化的传播这个出发点，向参观者介绍了关于嘛呢石堆的民间文化，并且这项技术解决了参观者能够从各个角度观察文物细节的需求的问题。博物馆数字化这种方式有着易于管理、便于推广和传播、对大众吸引力强大等诸多优势，随着移动化时代的到来，移动端数字化博物馆将会慢慢的发展起来，通过利用社交网络，更加容易地向大众进行推广和传播，相信在不久的未来，移动端数字化博物馆将会有成熟的技术与产品的实现，能够为大众提供一个优秀的文化传播平台。

参考文献

- [1] Ćuković S, Gattullo M, Pankratz F and Devedžić G. 2015 Proc. Int. Conf. Electric. Bio-med. Eng. Clean Energy and Green Computing 24–31
- [2] Arcos, Claudia, et al. "Playful and interactive environment-based augmented reality to stimulate learning of children." Electrotechnical Conference IEEE, 2016:1-6.
- [3] Chen C H, Ho C H, Lin J B. The Development of an Augmented Reality Game-based Learning Environment ☆[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2015, 174:216-220.
- [4] FA Purnomo, PI Santosa, R Hartanto *et al.* Implementation of Augmented Reality Technology in Sangiran Museum with Vuforia [J]. Institute of Physics Science, 2018:Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 333 012103.
- [5] Cheng X, Zhang L. Implementation of mobile augmented reality based on Vuforia and Rawajali[C]// IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science. IEEE, 2014:912-915.
- [6] Soussi L, Spijkerman Z, Jansen S. A Case Study of the Health of an Augmented Reality Software Ecosystem: Vuforia[M]// Software Business. Springer International Publishing, 2016:145-152.
- [7] Peng F, Zhai J. A mobile augmented reality system for exhibition hall based on Vuforia[C]// International Conference on Image, Vision and Computing. IEEE, 2017:1049-1052.
- [8] Sobota B, Korecko S, Hrozek F. Mobile mixed reality[C]// IEEE, International Conference on Emerging Elearning Technologies and Applications. IEEE, 2013:355-358.
- [9] Zhaparov M K, Assanov U. Augmented reality based on Kazakh instrument "Dombyra"[C]// IEEE, International Conference on Application of Information and Communication Technologies. IEEE, 2015:1-4.
- [10] Santos A B D, Dourado J B, Bezerra A. ARToolkit et al. Vuforia: An Analytical Collation[C]// Virtual & Augmented Reality. IEEE Computer Society, 2016:229-233.
- [11] 齐立森, 皮宗辉, 徐苗, 等. 增强现实的技术类型与教育应用[J]. 现代教育技术, 2014, (11):18-22.
- [12] 陈靖, 王涌天, 闫达远. 增强现实系统及其应用[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37(15):72-75.
- [13] 陈泽婵, 陈靖, 严雷, 等. 基于 Unity3D 的移动增强现实光学实验平台[J]. 计

算机应用, 2015(s2):194-199.

- [14]徐弘基, 孙俊, 商蕾. 基于移动增强现实技术在轮机工程实操上的应用[J]. 中国修船, 2018(1):35-38.
- [15]杨文璐, 郭迎春, 李世杰, 等. 基于 Kinect 与 Unity3D 的增强现实应用的设计与实现[J]. 信息技术与网络安全, 2017, 36(14):23-25.

外文资料

FA Purnomo, PI Santosa, R Hartanto *et al.* Implementation of Augmented Reality Technology in Sangiran Museum with Vuforia [J]. IOP, 2018.

中文译文

Vuforia 在桑吉兰博物馆实施增强现实技术

摘 要

考古对象是古代文物的生命证据，其寿命为数百万年前。Sangiran 博物馆发现了这个古老的物体保护和免受潜在损害。这项研究将开发增强现实展示从古代物品展示虚拟信息的博物馆申请。内容包括以 3D 模型的文本，音频和动画作为表示的信息古老的物体。本研究强调了通过使用 3D 无标记识别过程 Vuforia Augmented Reality（增强现实）系统使访问者可以访问展览对象通过不同的观点。根据测试结果，以 25° 注册图像目标角度间隔，可以用不同的视角检测 3D 无标记关键点特征。该设备必须符合最低规格的双核 1.2 GHz 处理器 GPU PowerVR SG5X，8 MP 自动对焦相机和 1 GB 内存来运行应用程序。平均 AR 应用程序的成功检测对象在博物馆展览中以 3D Markerless 与 40% 的单视图，86% 的无标记多视角（角度 0° - 180°）和 100%（角度）0° - 360°）。应用检测距离在 23 厘米到 540 厘米之间检测 3D Markerless 的响应时间平均为 12 秒。

1. 简介

增强现实技术（AR）是一种将视觉对象或虚拟世界结合到现实世界中以实时观看的技术。增强现实使用摄像头持续识别标记的图像，然后生成一个虚拟交互，出现在现实世界中以查看显示屏幕和头戴式显示器（HMD）。AR 系统的主要问题在于 3D 对象注册的准确性，这需要虚拟对象与真实环境的协作。注册对象的结果是具有特定关键点功能的目标图像。已经生成的关键点功能可以存储在数据库中，然后用于 AR 系统中相机与已知对象的匹配。

增强现实是虚拟现实技术（Virtual Reality, VR）的重要分支。“增强现实技术是借助光电显示技术、交互技术、多种传感技术、计算机图形和多媒体技术，将计算机生成的虚拟环境与用户周围的现实环境融为一体，使用户从感官效果上确信虚拟环境是其周围真实环境的组成部分”，具有把真实场景信息与虚拟信息相结合、可以实时地进行人机交互、用于三维环境中的特点。从理论上讲，AR 能够实现多种感官的知觉（如触觉、嗅觉、味觉等），但由于目前的技术限制，AR 多用于增强视觉感知。自从 20 世纪 60 年代初 AR 技术诞生以来，首先被应用于军事领域，最早的工业化应用案例是战斗机飞行员的头盔显示器。21 世纪以前，该技术主要处于实验室研究与特种行业应用阶段。

近十年来，随着技术的快速发展，AR 技术迅速走向大众化。比如，2009 年，荷兰的 SPRX Mobile 公司发布了名为 Layar 的首款增强现实浏览器；2012 年，谷歌眼镜的发布直接将 AR 概念推向普通大众；在 2016 国际消费类电子产品展览会（International Consumer Electronics Show, CES）上，AR 技术大放异

彩, Facebook 旗下的 Oculus Rift、索尼的 PlayStation 头盔、HTC 的 Vive 相继发布了新产品与内容应用。

这项研究将测试 AR 检测 Markerless 的能力, 它是博物馆展厅中的 3D 真实物体, 以展览对象的方式呈现访客的相机角度位置。影响无标记检测过程的因素包括距离, 角度, 照明, 阴影和移动/运动。在实现 AR 时的设备能力也被认为可以获得 3D Markerless 的识别, 虚拟信息可以显示在展览对象旁边。本研究的目的是为博物馆展览设计一个移动增强现实应用程序, 以 3D Markerless 为目标, 并测量移动设备识别 3D 无标记的能力。

增强现实 (AR) 环境在许多教育学习过程中被证明是相关且有价值的。它允许建立新的图像条件, 并提供一个可视化表示, 其中物理和数字对象实时共存和交互。最近的研究表明, AR 环境通过提供一个有趣的互动环境来促进儿童的认知发展。因此, 科学界已经强调了它们在小学教育领域的重要性, 强调了它们可能采用的各种方式。

特别是, 在教学过程中实施增强现实, 例如 2002 年以及 2006 年至 2008 年期间, 都非常感兴趣。不久之后, 一些作者开发了结合增强现实和布卢姆分类学的儿童软件。部分作者提出了结合 AR 环境的基于应用程序的交互式书籍。这种方法也用于特殊需要的孩子。在最近的作品中, 提出探索新的教学实践如何影响学生。然而, 在文献综述中, 似乎作者没有给学生展示自我评估方案, 在这种情况下, 它可以应用定性评估而不是定量评估。

本研究的研究假设基于 AR 增加浓度水平和刺激儿童学习的概念, 如果存在能够评估其真实学习的自我评估。因此, 领导这项研究的基本问题是什么可能是最有效的评估方法来确定增益现实与简单传统学习的学习效益?

这项研究的重点是如何创建一个方法学的程序, 构建一个有趣的互动环境, 能够激发使用 AR 的儿童学习。这种环境应该与 Bruner, Feuerstein 和 Vygotsky 指出的儿童获得的智力技能相结合。为了进行本研究, 我们设计并实施了一个自适应超媒体系统, 该系统包含教程, 内容, 教学过程和自我评估, 使用 3D 虚拟现实和 AR 将数字世界与现实世界联系起来。

从软件工程的角度来看, 我们采用了基于面向对象的超媒体设计方法和统一建模语言的增量方法。对于此实现, 目标设计在 Adobe Photoshop CC 中, 该软件已通过 Vuforia 软件开发工具包 (SDK) 加载到 Qualcomm 平台中。另外, Unity 3D 游戏引擎已经集成。这导致了一个具有三维模型的交互式 and 吸引人的应用程序, 并且在 AR 中表示的图像识别具有很大的优势。此外, 我们在计算机化分类测试 (CCT) 概念的基础上实施了一项纳入软件的自我评估流程, 并利用了结构化布卢姆分类标准。结果表明, 我们的教育软件通过基于建构主义范式的有效量化评估来提高集中水平并刺激儿童的学习。

这项研究的主要贡献在于创造用于研究和学习具有 AR 的太阳能系统的教育

软件。此外，布卢姆的分类学被用来衡量学习的结果。此外，我们基于 CCT 概念创建了评估测试，可以进行定量评估。

根据 Jing 的博物馆展厅介绍，描述当前展览的对象信息的目录数量已经开始滞后。随着技术的发展，游客可以选择自己炫耀的物品，他/她想知道的信息和信息可以使用访客的智能手机虚拟生成。然而，游客对 Sangiran 博物馆的兴趣仍然很低，到 2015 年，每年仅有 31.4 万人次，14% 是外国游客。这是非常不幸的，因为桑吉兰博物馆是世界上最好的考古遗址之一。Ramírez 进行的研究表明，智能手机是 AR 应用程序开发博物馆的正确选择。该设备重量轻，携带方便，操作简单。Ćuković 进行的研究提到，使用 ID 标记在书中传递信息效率不高，因为它需要额外的空间而不是分号。Sari [5] 进行的研究已经成功地与 Vuforia 的 NFC（近场通信）和增强现实技术结合使用，作为日惹博物馆参观者的指南。在这项研究中，使用 NFC 作为访问者指南只能用于具有 NFC 功能的智能手机。检测到的无标记的准确性是 50 个已注册的无标记的 65%，这是由于 Markerless 的特征识别仍然以理想角度完成，该理想角度仅在 90 度的角度。

2. 实验

所进行的研究分阶段开发，如图 1 所示，其中包括工具安装，应用程序开发，本地测试和真实测试。本地测试旨在确定 3D Markerless 中检测设备的最大倾斜角度。从本地测试获得的数据将用于在识别图像目标范围从 0° 到 360° 时为每个 AR 倾斜注册目标无标记 3D 图像。寻找最小角度偏差的阶段如图 2 所示。

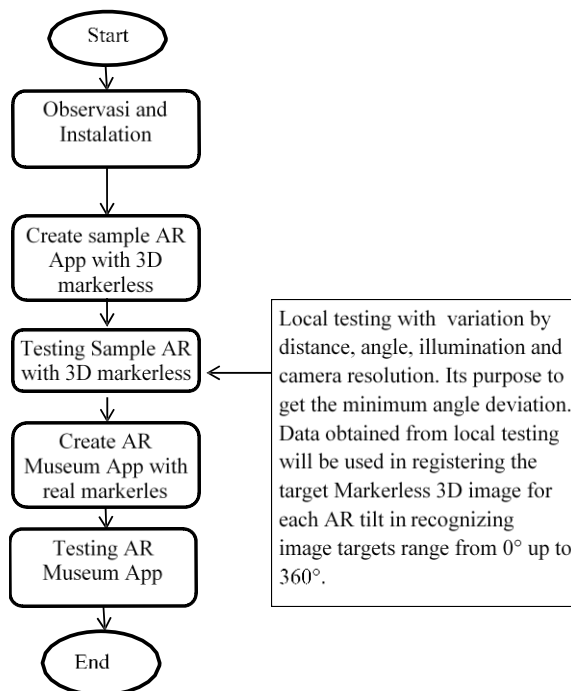


图 1.研究阶段

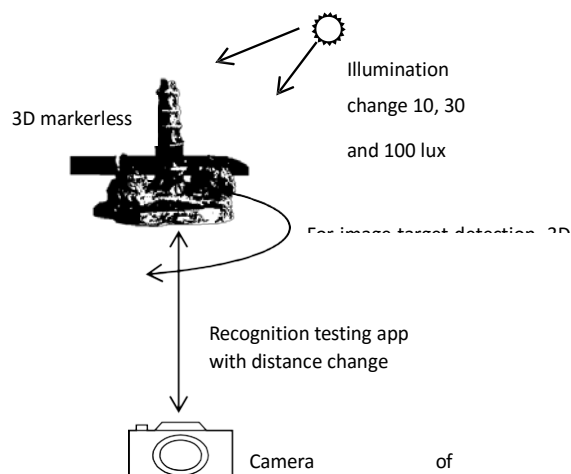


图 2.确定 3D 无标记识别的最小角度偏差

这项研究在桑吉兰博物馆使用无标记显示。Markerless 以二维和三维 Markerless 的形式使用，可选择 3D Markerless 以单向访问者的视角使用 73 个对象，选择 3D Markerless，访问者的视角介于 0° 至 180° 之间，包含 7 个对象，并选择 3D Markerless 访问者在 $0^{\circ} - 360^{\circ}$ 与 1 个对象之间的视角。每个物体被给予大灯照明，强度在 8Lux 到 100Lux 之间变化。

使用 imagetarget.unitypackage 的图书馆为使用 Vuforia 的博物馆制作 AR 应用程序。合并信息与目标图像的过程使用 Unity。AR 博物馆应用程序在 Android 智能手机硬件设备中使用各种标准进行测试。应用程序对访问者的有用性测试使用包含五个问题的调查问卷来测量应用程序中的兴趣方面，获取信息的方便程度，易于导航的方面，应用程序的交互性方面以及应用程序创新的各个方面。

3. 结果和讨论

在 Sangiran 博物馆中使用 3D Markerless 实施的 AR 应用旨在支持陈列的古老物品的保存，因为它们是无接触的，此外使用无 Markerless 还保持了初始设置，并且不会影响博物馆陈列室空间的美感。内容虚拟信息以文本信息，音频，视频和 3D 模型的形式呈现，为访问者提供创新的信息传递。结果显示主菜单 AR 应用桑吉兰博物馆，其信息如图 3 和图 4 所示。



图 3. AR Museum Sangiran 的主菜单界面

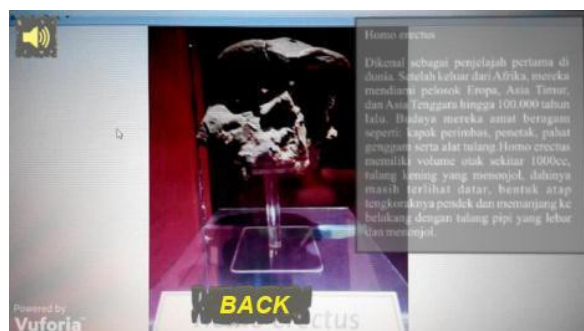


图 4.当相机检测到 3D 无标记时显示的文本信息内容

在检测测试中, 3D Markerless 关键点开始从近距离或距离最远的距离识别, 并基于跟踪测试维持虚拟物体的能力, 该虚拟物体显示交叉角度越大, 距离越小/距离越窄无标识。但是, 提供光强度的距离越大, 保持虚拟物体外观的范围就越宽。从图 5 所示的目标图像的检测和跟踪中的距离, 角度和光强度的影响之间的图形趋势关系中, 可以确定平均 25° 时可以识别 3D 无标记的最小角度。

在使用以单向访问者的视角为目标的图像的情况下, 3D 无标记识别的成功精度很低, 这是因为 3D 无标记方法的一些弱点, 第一个弱点非常易于改变位置展览本身的对象。因为展览的对象被拍摄并且没有返回到起始位置, 所以可能导致位置变化。

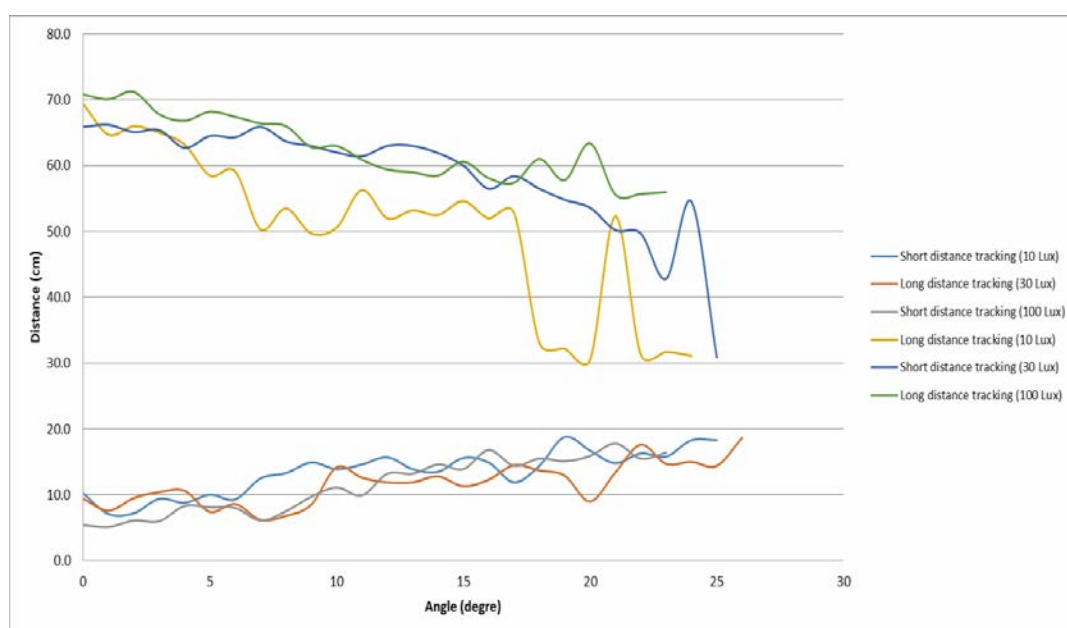


图 5.检测距离和偏差角度之间的 3D 无标记追踪结果

在早期测试中, 当在 0° 至 25° 的范围内水平改变角度位置时, 可以检测到 3D Markerless 的使用。在最初假定展览的对象置于玻璃静止且不可能被触及或被采取的初始假设下使用 3D 无标记被证明是错误的。博物馆桑吉兰派对清洗展品, 两件物品都炫耀, 玻璃柜内的大大小小的物品陈列室也每周一清洗一次。因此, 展览对象的深度清洁与初始位置相比有机会转移。这使得在展览对象开始时

登记的目标图像减少了展示 54.3% 没有被 AR 应用博物馆成功识别的关键点的对象数量。在 Vuforia 的图像注册目标中，对于评级高于 3 或更高值的展览对象也必须进行优化，这意味着目标图像易于被 AR 系统识别。

第二个弱点是，使用 3D Markerless 非常容易发生很大变化。在进行的测试中，AR 被给予 10Lux, 30Lux 和 100Lux 的光强度变化。这意味着，随着这种强度变化而出现在物体上的光线总量显示出来，AR 系统仍然可以识别并提供虚拟信息。在展厅内，展示物体上的灯光会影响 3D 无标识识别，如果初始状态下注册图像与目前 AR 应用测试博物馆的状态不同时。桑吉兰博物馆的陈列室受到房间外光线的影响。该情况可能是由于使用电力照明展厅博物馆时光强度的变化造成的。使用寿命短的电灯时，电容器和电阻元件会经历数值减少并导致光强度约为展览对象也将减少。太大的光强度的减少将影响 AR 所针对的图像识别系统。

第三个缺点是，使用 3D Markerless 在覆盖物体展示厅的阴影中非常有影响力。在 Sangiran 博物馆里，有很多物品被放置在玻璃内部，以使展览的参观者不会对物体造成伤害。放置在玻璃橱柜中的物体在一定距离内将会看到反射光线和阴影的炫耀物体，影响对象关键点展示厅的检测。

作为第一种解决方案，可以采用一种方法来解决在该方法中使用 3D 无标记的缺点，即使用 3D 对象 Markerless 适用于完全没有改变位置的对象。将对象放置在永久位置上使得 AR 系统更容易识别功能的引入。在只能从一个角度看到并且可能会发生玻璃反射光的物体摆放展示厅中，使用 Markerless 可以在诸如展厅等物体上使用名称标签。这是因为 AR 系统使用的 2D 无标记范围读取角度大于使用 3D 无标记的情况，因此只能在 0°-25° 范围内的物体炫耀处。第二种解决方案，在使用电灯的情况下，可以用白炽灯替换，以便炫耀物体上的光强度并且不会对物体上的目标图像造成太大影响以炫耀。

在 Sangiran 博物馆的展览中对 3D 物体进行测试时，变化检测位置在 0°-180° 之间，如图 6 所示。位置发生变化的虚拟信息检测也定制了透视图的外观，以便访问者可以轻松读取信息 并配备了包含对象表演的概要描述的音频配音。

开发的 AR 应用程序还显示 3D 对象，例如古象中的信息外观，因为显示的 3D 模型形式的古象的无标记 3D 模型包括旋转动画，以便游客可以在 360° 中看到古代的大象。大象虚拟 3D 模型可以在图 6 中显示。与 Sari [5] 进行的研究相比，该方法能够在 0 度到 360 度的角度之间检测无标记。

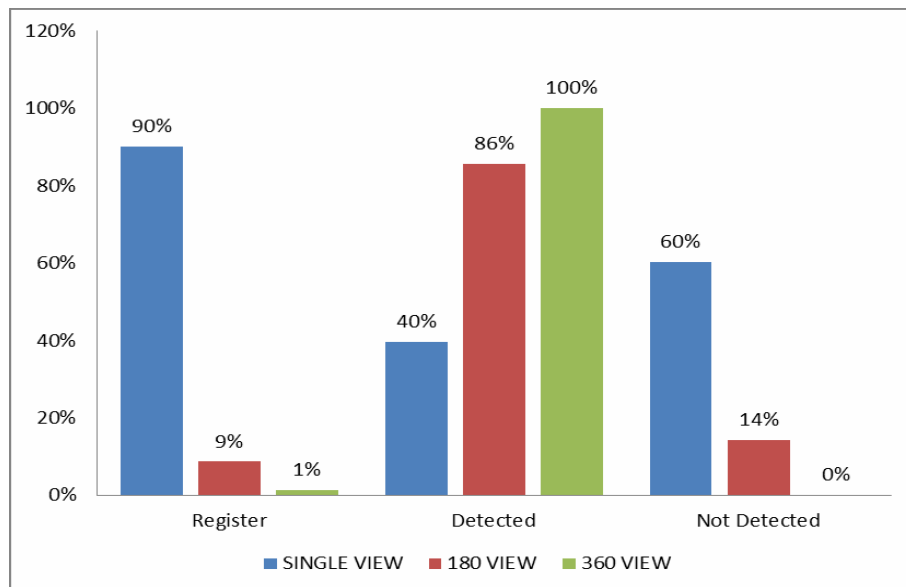


(a)

(b)

图 6. Sangiran 博物馆陈列室的测试，在 0°-180° (a) 和 360° (b) 之间的检测位置

图 7 是 Sangiran 博物馆展出的 81 件物品的测试结果，其中 AR 应用博物馆的无标记物品展示厅的检测率为 40%，Markerless 为 86% (角度为 0° - 180°) 100% (角度 0° - 360°)，检测距离为 23 厘米至 540 厘米。响应时间开始平均 12 秒开始检测 3D 无标记。从参观者对博物馆的调查结果来看，以有效性和可靠性形式的分析结果产生了 0.97 的 Cronbach alpha，因此所有问题都被宣布为有效和可靠。应用 AR 博物馆 Sangiran 的受访者体现在五个方面：对值得同意的应用程序的兴趣 - 非常同意 93%，获取信息的难易程度同意方面 - 强烈同意 97%，导航方便性值得商定 - 强烈同意 100%，值得同意的交互式应用方面 - 强烈同意 94%，应用创新方面值得同意 - 强烈同意 97%。根据访问者的反馈，文本呈现在特定的陈列室中，对象看起来仍然很小，并且在提供信息时被提供了音频内容。在这项研究中还测试了智能手机设备硬件规格的变化。测试结果表明，AR 博物馆可以使用硬件规格为 Dual Core 1.2 GHz 处理器，GPU Power VR SG5X，8 MP 自动对焦相机，1 GB 内存的设备的最低标准运行。性能越好，运行应用程序和检测 3D Markerless 的速度就越快。



4. 结论

在使用基于 Android 的 Augmented reality 和 Markerless 的考古博物馆 Sangiran 中的互动应用程序是一个在陈列室博物馆成功创建并运行良好的物体。Vuforia 检测 3D Markerless 的能力必须最小偏差角度为 25°，即 0° 倾斜角度可达 25°，而 3D Markerless 可识别，而在这些角度范围之外，3D Markerless 无法识别。目标图像的每个角度的额外特征能够从不同视点水平地显示虚拟信息。

致 谢

非常感谢我的毕业设计指导老师翁仲铭副教授，自从我加入实验室以来，翁老师一直给予我非常多的帮助以及指导，在大学生创新训练项目中，定期与我们讨论思路以及技术问题，并且无论是在设备上还是精神上都为我们提供了足够的支持；在毕业设计中，他耐心的为我解决课题上的困惑，为我的设计思路指引了正确的方向，并且为我提供了良好的实验室氛围以及环境，同时，翁老师乐观积极的态度也无时无刻不在感染着我，使我能够坚强的面对并克服遇到的困难。

感谢天津大学给予我良好的学习和科研环境，感谢天津大学软件学院对我的悉心栽培，感谢家人对我的支持与关爱。