

航天员辅助操作系统中人工标识的选取^①

李海龙, 刘玉庆, 朱秀庆

(中国航天员科研训练中心 人因工程重点实验室, 北京 100094)

摘要: 介绍了两种常用的人工标识系统 ARToolKit 和 ARTag。通过实验对两个系统在最小识别尺寸、识别正确率、系统运行速度以及防遮挡等方面的表现进行了比较, 并且从算法机制上阐述了表现差异的原因, 为航天员辅助操作系统中人工标识的选取提供技术参考。

关键词: 人工标识; 增强现实; 辅助操作

Selection of Artificial Mark System in Astronaut Operation Assistant System

LI Hai-Long, LIU Yu-Qing, ZHU Xiu-Qing

(National Key laboratory of Human Factors Engineering, China Astronaut Research and Training Center, Beijing 100094, China)

Abstract: Two common artificial mark systems, i.e. ARToolKit and ARTag are investigated in the paper for selection. Important aspects of the two system, such as minimal recognition size, recognition accuracy, processing speed and occlusion, are compared in details. Furthermore, the algorithms are analyzed in order to present the difference in performance between the two systems. Results of the paper can offer technical reference for selection of Artificial Mark System in Astronaut Operation Assistant System.

Key words: artificial Mark; augment reality; astronaut operation

2012年6月神舟九号与天宫一号飞船手控交会对接取得圆满成功, 相信不久中国就将建立自己的空间站, 届时, 航天员将在空间站操作各种专业设备, 为了使这些操作变得简单, 课题计划利用增强现实技术制作一套辅助操作系统, 用于辅助航天员科研训练和操作实验设备, 其辅助操作效果图类似于图 1, 图中中间黑白方框是人工标识(一种人为制作的特征明显, 便于计算机识别的图像), 通过人工标识的三维空间定位, 操作者戴上透视头盔(头盔的显示器是一种半反射半透明的玻璃, 即可以直接看到外面的真实场景, 又可以看到显示器上显示的文字或图像)操作设备时, 计算机生成的文字被准确地“放置”在三维空间相应的位置处。通过文字的指导, 操作者可以更好地完成设备操作任务。辅助操作系统将使空间站实验设备的操作变得更加自如。课题的一个关键问题就是如何让计算机生成的文字准确地显示在需要显示的位置, 这就需要建立真实空间与虚拟空间之间的坐标关系, 也就是三维空间注册。

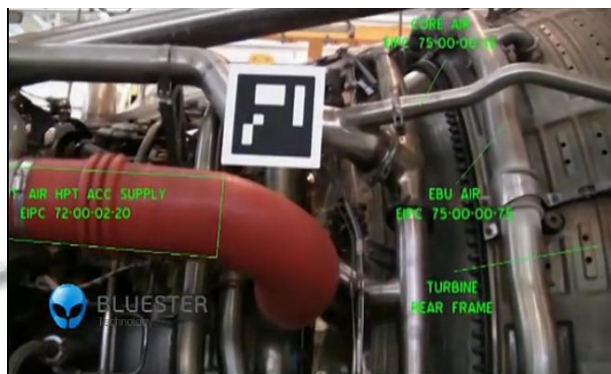


图 1 辅助操作示意图

增强现实(Augmented Reality, 简称 AR)就是将计算机生成的虚拟物体与真实世界结合在一起, 构造出虚实融合的空间。计算机系统虚拟出的文字图像信息用来增强用户对现实世界的感知能力, 可以增强人眼所看到的, 将计算机生成的虚拟物体、场景或系统所提示的信息叠加到真实场景中, 从而实现对现实

^① 基金项目:中国航天医学工程预研项目(2010SY5413004)

收稿时间:2012-10-24;收到修改稿时间:2012-11-17

世界的“增强”^[1]。增强现实技术已经广泛应用于多个领域，特别是各类演示平台，随着会展、机构培训等行业的迅速发展，增强现实技术的应用价值已经越来越得到人们广泛认可。

增强现实的一个核心技术是三维注册技术，即得到准确的虚拟物体与现实世界的坐标关系，为虚拟物体的叠加提供准确的三维空间坐标。当前基于计算机视觉的三维注册方法主要有两种：基于人工标识的三维注册和基于自然特征的三维注册。基于人工标识的三维注册系统是将人工制作的特殊标识添加到背景环境，利用计算机视觉的方法进行识别，并找出人工标识与摄像机的空间位置关系，从而准确地进行三维定位；基于自然特征的三维注册是对背景环境进行特征提取，并与先前计算机内存储好的特征信息进行比较，找出关键的一个或几个特征来实现三维注册。相比之下，基于人工标识的三维注册具有算法简单，速度快，对环境条件和硬件条件要求都比较低的特点，如做成辅助训练系统，可扩展性较强^[3]。当前比较成熟的两种人工标识系统是 ARToolKit 和 ARTag，下面将通过实验对它们在太空舱环境下的各项性能参数进行比较，选择一个更好的应用到课题的辅助操作系统中。

1 ARToolKit和ARTag简介

ARToolKit 是由美国华盛顿大学的 HTL 实验室设计开发的一套基于人工标识的增强现实系统。ARToolKit 系统的全部源代码都是开放的，而且可以免费下载，可以方便的在各种平台编译配置。该系统速度快，精度比较高，使用方便，运行稳定。因此 ARToolKit 成为当前应用最为广泛的增强现实系统。基于 ARToolKit 标识系统的应用程序非常多^[4,5]。

ARToolKit 采用如图 2 所示的标志点图形，人工标识图形外部是黑色方形边框，内部为作为编码匹配识别的标志图案。



图 2 ARToolKit 标识图

ARTag 是 M. Fiala 在 2005 年发表的人工标识跟踪注册系统^[2]。这个人工标识系统具有很多优秀的特性。ARTag 可以适用于各种光照条件，最大程度地减少光照的影响。ARTag 也可以允许人工标识上的部分遮挡。另外 ARTag 的编码解码算法加入了编码校验和误码恢复法，并对于 2 维条形码编码给出了系统的分析。

ARTag 采用如图 3 所示形式的人工标识。整个标志点有 10×10 个单元，其中边框有两个单元，内部有 6×6 个单元储存信息。每个内部单元为黑色或白色，可以储存 1 位信息，因此一旦边框确定之后，可以检测到 36 位的内部信息。

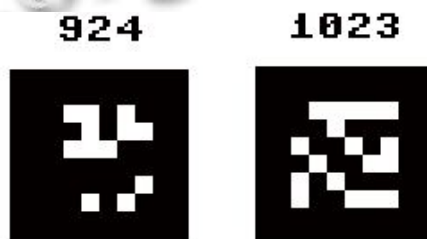


图 3 ARTag 标识图

2 两种标识系统性能比较

2.1 最小识别尺寸

实验中 ARToolKit 和 ARTag 标志点都布置于距离摄像头 60cm 远(航天员在操作设备时距离设备的最远距离)的位置，摄像头选取 130 万像素 USB 2.0 摄像头，光照条件为模拟舱内的一般光照环境。实验采用可以提供 24 个对应特征点的 ARToolKit 标志点和 24 个对应特征点的 ARTag 标志点。实验中将测试 7 种不同尺寸的标志点，并比较两种注册系统的识别率。标识点分辨率为 72 像素/英寸，比较结果如下表所示：

表 1 两标识系统不同尺寸识别率对比

标志点宽度(像素)	ARToolKit	ARTag
160	100%	100%
150	100%	100%
140	91.66%	100%
130	83.33%	100%
120	75.00%	100%
110	66.66%	87.50%
100	54.16%	75.00%

由表 1 得出，在设定的实验条件下，ARToolKit 要达到识别率 100%，标识大小需取 150 像素宽，而 ARTag 标识大小只要 120 像素宽就可以。

2.2 识别准确率

试验中设定摄像头与人工标识距离为 15cm. 制作从 10mm 大小开始, 每次宽度递增 2mm 的标识, 对这些大小依次递增的标识进行识别, 可以得出一组与之对应的识别率的实验数据, 得出如表 4 所示. 表 4 中第二列代表 ARTag 不同尺寸标识的识别率, 1 表示识别率为 100%, 第三列、第四列代表 ARToolKit 不同尺寸标识在不同 c.f.值(被识别标识与预先加载标识模板的匹配度)下的识别率. 由实验可以看出, ARTag 在标识宽度接近 16mm 的时候, 识别率就达到 100%, 而 ARToolKit 标识在较低的 c.f.指数下(c.f. \geq 0.6), 宽度在 30mm 时, 标识识别率也只能达到 75%.

表 2 ARTag 和 ARToolKit 不同尺寸标识识别率

标识大小 (mm)	ARTag	ARToolKit(c.f. \geq 0.6)	ARToolKit(c.f. \geq 0.8)
10	0	0	0
12	0.10	0.10	0
14	0.50	0.25	0
16	1.00	0.30	0.10
18	1.00	0.40	0.15
20	1.00	0.50	0.20
22	1.00	0.55	0.20
24	1.00	0.60	0.25
26	1.00	0.60	0.30
28	1.00	0.70	0.35
30	1.00	0.75	0.40

2.3 运行速度

标识系统运行速度是评价一个标识好坏的重要指标, 运行速度越快, 处理时间就越接近同步, 越能使虚拟信息与真实信息更好的融合在一起. 针对载入标识模板数不同分别进行试验, 由于 ARToolKit 算法原理是从摄像头拍摄的图片中检索与预先载入的标识模板相匹配的图片, 当预先载入模板较多时, ARToolKit 要进行一一对比, 会减慢算法运行速度, 而 ARTag 模版都是计算机生成的, 所以在模板规模比较大的应用中处理速度更快, 所以在标识规模比较大的工程里, 用 ARTag 标识系统, 运行速度会更快. 图 4 中的曲线代表 ARToolKit 和 ARTag 这两种人工标识系统针对不同规模的标识数量, 识别所需要的时间. 其中曲线 1 代表 ARToolKit 载入 200 张标识模板, 曲线 2 代表 ARTag 全分辨率模式, 曲线 3 代表 ARToolKit 载入 100 张标识模板, 曲线 4 代表 ARTag 半分辨率模式, 曲线 5 代表 ARToolKit 载入 30 张标识模板, 曲线 6 代表 ARToolKit 载入 1 张标识模板. (图 4 横坐标代表要识别的标识数量,

单位为个, 纵坐标代表识别所需时间, 单位为 ms)

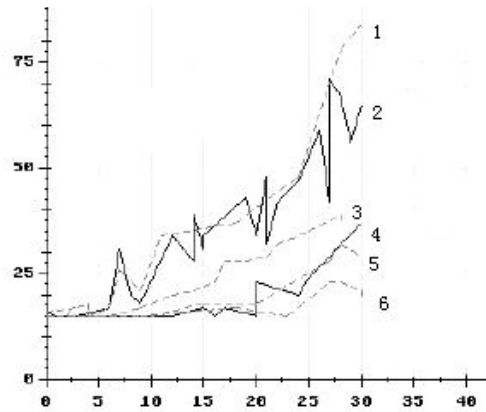


图 4 两标识识别速率比较图

2.4 防遮挡程度

防遮挡是标识系统能否很好应用于辅助操作类的增强现实的一个重要指标, 因为在操作员操作设备时, 手经常会对标识产生遮挡. 下面通过试验验证 ARToolKit 和 ARTag 两个标识系统的防遮挡能力.

图 5 中左图是 ARToolKit 标识在无遮挡的情况下精准叠加虚拟线条方框和交叉的图, 右图是在标识图部分被遮挡的情况下, 无法完成三维注册. 实验证明 ARToolKit 标识在部分被遮挡的情况下, 无法完成三维注册.

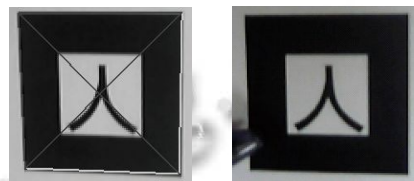


图 5 ARToolKit 标识三维注册图

图 6 中是 ARTag 标识在部分被遮挡情况下仍能实现三维注册, 并精准叠加虚拟线条方框和交叉的图.

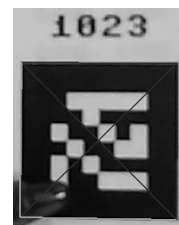


图 6 ARTag 标识被部分遮挡的三维注册图

3 结语

本文通过试验, 针对课题要求的特殊环境, 对在

增强现实领域应用比较广泛的人工标识系统 ARToolKit 和 ARTag 进行了对比,从 4 个方面论述了二者的优缺点.通过实验得出,ARTag 在最小识别尺寸、识别正确率、防遮挡等方面表现较好.因 ARToolKit 和 ARTag 采用不同的模板匹配算法,使它们在运行速度上表现各异,由于 ARToolKit 算法机制中必须预先载入模板文件,使之比较适合模板规模小的应用,而 ARTag 模版都是计算机生成的,所以在模板规模比较大的应用中处理速度更快.课题要求制作一套集成多个设备辅助操作功能于一体的航天员辅助操作系统,综合考虑,将选择 ARTag 标识系统,从前文可知,课题中 ARTag 标识大小可定为 120 像素.

参考文献

- 1 Azuma RT. Survey of augmented reality. *Teleoperators and Virtual Environments*,1997,6(4):355-385.
- 2 Fiala M. ARTag, An Improved Marker System Based on ARToolKit. NRC Publications Archive, 2004:36-40.
- 3 汪燕.增强现实中的注册技术研究[学位论文].武汉:华中科技大学,2008.
- 4 李江.基于 ARToolKit 的增强现实技术在恐龙博物馆中的应用研究[学位论文].成都:西南交通大学,2007.
- 5 田洪波,石刚,马小虎.基于 ARToolKit 的三维教学演示模型设计与实现.第三届全国教育游戏与虚拟现实学术会议,2009.

(上接第 162 页)

参考文献

- 1 泰勒尔.产业组织理论.北京:中国人民大学出版社,1997:344-351.
- 2 Vidale M, Wolf H. An operations research study of sales response to advertising. *Operations research*,1957,5(6):370-381.
- 3 宋福根,瞿轶喆.基于自适应模型遴选规则库的组合预测系统初探. *东华大学学报(自然科学版)*,2008,34(4):490-495.
- 4 Saunders J. The specification of aggregate market models. *European Journal of Marketing*,1987,21(2):1-47.
- 5 张耀辉.产业组织与规制.北京:经济科学出版社,2006.191-193.
- 6 戴超凡,陈俊.模型组合技术研究与应用. *计算机应用研究*,2009,26(4):1419-1421.
- 7 加里·利连.营销工程与应用.北京:中国人民大学出版社,2005.40-49.
- 8 Lancaster KM, Judith A, Stern. Computer-based advertising budgeting practices of leading U.S. consumer advertisers. *Journal of advertising*,1983,12(4):4-9.
- 9 宋福根.现代企业决策与仿真.北京:科学出版社,2010.78-81.