













行交互动作规划是非常有必要的。

表2 评价指标以及占比表 (%)

评价指标	占比
人物进行交互动作规划很好表达了短信主题	73.04
能够看懂人物执行的交互动作所表达的内容	76.43
短信内容与主题相符合	68.44
短信不需要进行交互动作规划	7.11

取其中一个经过交互规划定量计算生成的原始MAYA文件如图5.图5(a)为经过添加人物未进行规划的原始场景图,由于给定了一块人物运动区域,交互双方由于初始位置每次都是不确定的,因此根据双方位置距离以及感兴趣点分布,M\_girl模型计算并生成可以完成交互动作内容的运动路径,如图5(b);图5(c)(d)表示人物M\_girl经过定量计算后绑定路径,走向具有等待动作行为的人物M\_boy后完成握手交互动作。

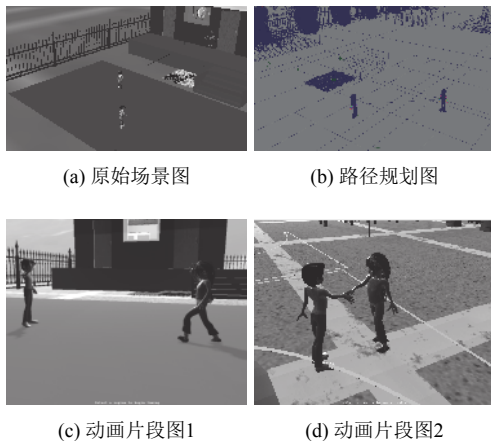


图5 定量计算结果示意图

### 5.2 交互运动多样性试验

本次实验针对短信内容为“今天是星期天,大家一起去户外活吧”连续测试100条,经过系统整体流程生成的动画短信数目为100条,其中根据短信添加虚拟人物个数的不同,生成动画包括单人动作、交互动作+单人动作、交互动作+交互动作这三种不同组合情形.而在交互动作中,在可以表达短信主题的基础上,交互动作动作准备阶段以及完成阶段的动作都是可变的.因此这100个生成的短信动画总共包含7种动作规划,56种不同的动作组合.实验表明,交互运动规划增添了动画表现的多样性.图6所展示的是根据主题进行交互运动规划规划的数据统计结果,其中x轴表示的是测试短信经过信息抽取所得到的个主题,y轴表

示根据主题所选择的动作组合个数。

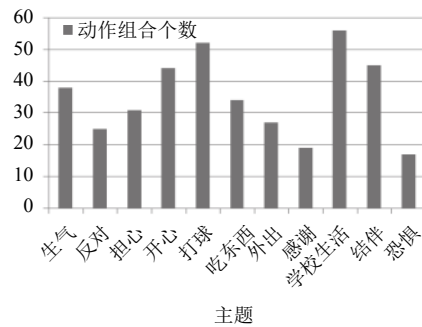


图6 动画生成片段示意图

取其中生成的短信动画片断截图,如图7所示其场景为basketball场景,添加3个虚拟人物,其中执行交互动作的两个虚拟人物为M\_girl与M\_busman,M\_girl动作准备阶段执行的为具有路径规划的拍球动作,M\_busman定量计算经过路径规划后走到M\_girl身边将水瓶递给她,M\_girl执行喝水动作,其中图7(a)、(b)、(c)、(d)分别为动画在第25帧、第75帧、第195帧、第265帧的截图.图8截取的场景是为schoolroomOut,添加的2个虚拟人物为M\_boy与M\_girl,M\_girl动作准备阶段执行的为具有等待行为的动作,M\_boy绑定交互物图书并经过定量计算规划后走到合适位置将书本递给M\_girl,M\_girl执行表示感谢行为的动作,M\_boy执行表示谦虚的动作.其中图8(a)、(b)、(c)、(d)分别为动画在第48帧、第128帧、第218帧、第298帧的截图。

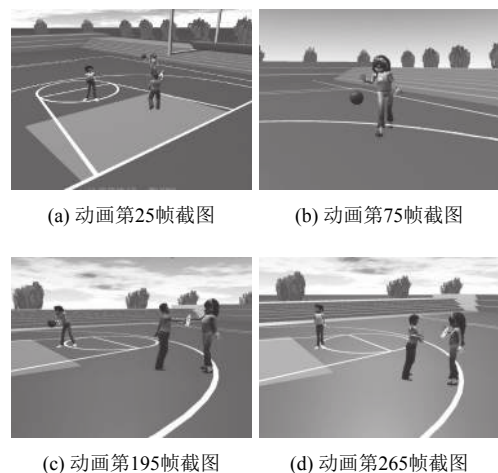


图7 动画生成片段示意图

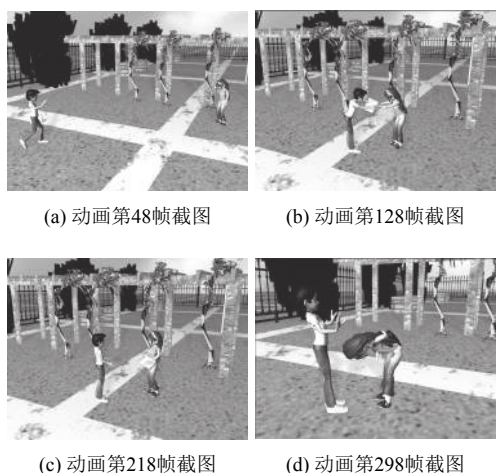


图8 调查问卷示意图

### 5.3 规划辨识度与对比性试验

针对 20 条不同的短信文本, 分别在有交互规划运行以及无交互运动规划下<sup>[17,18]</sup>的手机 3D 系统中进行测试, 每条短信文本测试 4 条, 测试共计 160 条短信, 最终生成的动画数量为 160, 在其随机选取 20 个动画制成网络调查问卷, 并提出“我知道人物是什么动作”, “我认为人物运动很流畅”, “我认为人物运动符合短信内容”, “我认为人物运动效果很好”和“我认为没有人物运动更好”5 个针对性问题以及“交互动作规划较于单人动作规划表达动画主题更为优秀”1 个对比性问题. 问题采用 10 分制评价, 对问题的认同度越高, 分数越高. 截至 2018 年 1 月 10 日, 共收到有效问卷 18 份. 如图 8 为调查问卷示意图.

表 3 是调查问卷平均分统计结果. 从图 6 可看出, 不进行运动规划的平均分值小于 3, 说明当前人物运动规划对于手机 3D 动画自动生成系统具有一定提升价值, 但还有很高的提升空间; 对于调查问卷中的对比性问题“交互动作规划较于单人动作规划表达动画主题更为优秀”用户其评分超过了 7, 其余运动规划的辨识度、合成效果、短信符合程度、运动整体感觉的 4 个指标的平均分值略高于 6, 说明当前交互运动规划能够良好的表现动画内容, 且系统中存在交互运动规划相较于无交互运动规划优势明显, 用户体验更好, 人物交互运动规划达到了预期效果.

## 6 结束语

本文研究的主要内容是首次在手机 3D 动画自动生成系统中添加虚拟人物交互运动规划自动生成功能,

将语义网技术、MAYA、骨骼动画与 FK/IK 应用到手机 3D 动画生成系统中, 实现虚拟人物交互运动的动态规划. 首先提出三层动作识别判断方法对交互动作进行阶段划分, 建立交互动作库并对交互动作属性进行刻画, 结合模型本体库与情节规划库, 根据主题以及场景信息添加交互动作, 之后运用 FK 以及 IK 动态计算虚拟人物的骨骼坐标以及运动状态, 动态规划虚拟人物运动路径以及交互物路径, 从而完成虚拟人物动作之间的交互响应, 最终实现对虚拟人与虚拟人之间、虚拟人与交互物之间的交互运动.



图9 交互动作规划结果表

问题	平均分
我知道人物是什么动作	6.46
我认为人物运动很流畅	6.65
我认为人物运动符合短信内容	6.06
我认为人物运动效果很好	6.42
我认为没有人物运动更好	2.79
交互动作规划较于单人动作规划表达动画主题更为优秀	7.34

本文主要研究的是双人交互以及三人交互, 这是由于多人交互与群体动画在处理虚拟人物位置关系、计算虚拟人物运动路径上会更为复杂, 并且随着虚拟人物的增多, 动画渲染时间也会增加, 同时对系统硬件环境要求有所提高, 不满足当前实际情况, 对于多人交互规划还需要依据今后实际情况进行研究. 另外, 由于



当前规划受限于交互动作库的丰富程度以及动作精细程度,需要对交互动作库进行数据添加以及对动作数据精细化处理;然而动作库若是无限进行添加则会增加搜索计算量,因此如何在数据量增加的同时提高搜索效率或者研究对基本骨骼数据加工重定向获得更多新的动作数据,也是接下来进一步研究的重点。

### 参考文献

- 1 陆汝钐,张松懋.从故事到动画片——全过程计算机辅助动画自动生成.自动化学报,2002,28(3):321-348.
- 2 Kong Y, Jia YD, Fu Y. Interactive phrases: Semantic descriptions for human interaction recognition. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2014, 36(9): 1775-1788.
- 3 Nystrom R. 游戏编程模式. GPP 翻译组,译.北京:人民邮电出版社,2016.
- 4 Buckland M. 游戏编程中的人工智能技术.吴祖增,沙鹰,译.北京:清华大学出版社,2006.
- 5 Bayazit OB, Lien JM, Amato NM. Better group behaviors in complex environments using global roadmaps. Proceedings of the 8th International Conference on Artificial Life. Cambridge, UK. 2002. 362-370.
- 6 Mamei M, Zambonelli F. Field-based motion coordination in quake 3 arena. Proceedings of the 3rd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent System. New York, NY, USA. 2004. 1532-1533.
- 7 Lindhe M, Ogren P, Johansson KH. Flocking with obstacle avoidance: A new distributed coordination algorithm based on voronoi partitions. Proceedings of 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Barcelona, Spain. 2005. 1797-1802.
- 8 Swartling JO, Shames I, Johansson KH, *et al.* Collective circumnavigation. Unmanned Systems, 2014, 2(3): 219-222. [doi: 10.1142/S2301385014400019]
- 9 Xidias EK, Azariadis PN. Computing collision-free motions for a team of robots using formation and non-holonomic constraints. Robotics and Autonomous System, 2016, 82: 15-23. [doi: 10.1016/j.robot.2016.04.008]
- 10 李朕阳.基于SRCKF的多移动机器人协同定位与目标跟踪研究[硕士学位论文].芜湖:安徽工程大学,2017.
- 11 Zhu HH, Li J, Wang YC. Knowledge representation and semantic inference of process based on ontology and semantic web rule language. Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2017, 34(1): 72-80.
- 12 白卫静,张松懋,刘椿年.中国古建的语义网络知识库及其高效实现.智能系统学报,2010,5(6):510-521.
- 13 Sarker MK, Krisnadhi A, Carral D, *et al.* Rule-based OWL modeling with ROWLTab protégé plugin. Proceedings of the 14th International Conference on the Semantic Web. Portorož, Slovenia. 2017. 419-433.
- 14 成红艳.大规模古代士兵群体运动建模与仿真研究[硕士学位论文].西安:西安工程大学,2012.
- 15 Zhou CX, Fu W, Lin P. Algorithm research and simulation of robot inverse kinematics solution. Proceedings of the 2nd International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics (AMEII 2016). Paris, France. 2016. 481-486. [doi: 10.2991/ameii-16.2016.146.]
- 16 Welman C. Inverse kinematics and geometric constraints for articulated figure manipulation [Master's thesis]. Vancouver, Canada: Simon Fraser University, 1993.
- 17 邱真真.面向手机3D动画的运动规划的设计与实现[硕士学位论文].北京:北京工业大学,2012.
- 18 郝亮亮.面向手机3D动画自动生成的复杂运动规划的设计与实现[硕士学位论文].北京:北京工业大学,2016.