

基于改进 A* 算法的地图游戏寻径研究*

陈素琼, 王惠来, 向天雨

(重庆医科大学 附属大学城医院 信息中心, 重庆 401331)

摘要:【目的】对 A* 算法进行研究和改进优化, 以提高基于 A* 算法的地图游戏寻径效率。【方法】使用最小二叉堆和标记数组两种混合数据结构优化 OPEN 表的存储和遍历, 用夹角余弦值作为新的启发信息, 减少搜索过程中对非最有节点的考察量, 通过仿真实验对标准 A* 算法、改进 A* 算法地图寻径进行数据对比分析。【结果】综合地提高了路径搜索的效率。【结论】通过对 A* 算法进行改进优化, 有效提高了基于 A* 算法的地图游戏寻径效率。

关键词: A* 算法; 索引数组; 余弦函数

中图分类号: TP301.6

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2017)04-0075-04

据《2016年中国游戏产业报告》显示, 2016年中国游戏产业规模达1 655.7亿元, 其中自主研发的网络游戏达到1 182.5亿元, 同比增长19.9%。网络游戏已然成为中国互联网重要的支柱产业之一。

游戏开发技术的深入研究催生游戏产业快速发展, 地图游戏寻路策略被广泛应用在各大寻径类游戏中, 由于 A* 搜索算法的确定性和高效性, 基于 A* 算法的地图游戏寻径策略深受游戏开发人员喜爱。但 A* 搜索算法在地图游戏寻径中仍存在一些不足之处, 因此在 A* 算法的改进优化研究从未停止。

1 A* 算法

A* (A-Star)算法是一种启发式搜索策略, 是在静态地图中寻找最短路径的有效方法^[1]。A* 算法的估价函数 $f(x)$ 定义为从起始点到节点 x 已付出的实际代价与节点 x 到达目标点的接近程度估计值总和, 是代价函数 $g(x)$ 与启发函数 $h(x)$ 的折中。启发函数 $h(x)$ 的选取直接关系到能否找到最短路径(最优解)^[2]。

A* 算法搜索思想如下:

- 1) 新建 OPEN 表和 CLOSED 表, 初始均为空。
- 2) 在 OPEN 表中添加起始节点 s 。
- 3) 若 OPEN 表为空则失败退出, 否则取最小 F 值节点作为当前考察点 x 。
- 4) 将节点 x 从 OPEN 表移至 CLOSED 表。
- 5) 若节点 x 为目标节点, 则最优解找到成功退出, 否则, 扩展节点 x 并生成后继节点 n 。
- 6) 对节点 x 所有后继节点 n 进行考察:

第一, 对于后继节点 n 有 $g(n) = g(x) + g(x, n)$ 。

第二, 创建从后继节点 n 返回节点 x 的指针。

第三, 若节点 n 为 OPEN 表的旧有节点, 将旧有节点记为 o , 将节点 n 添加至 x 的子节点表中。如果 $f(n) < f(o)$, 则 $f(o) = f(n)$ 。若节点 n 不在 OPEN 表中, 则判断它是否在 CLOSED 表中。

第四, 若节点 n 为 CLOSED 表的旧有节点, 将旧有节点记为 o , 将节点 n 添加至 x 的子节点表中。如果 $f(n) < f(o)$, 则 $f(o) = f(n)$ 。否则将它添加至 OPEN 表和 x 的后继节点表。

第五, 计算 F 值, 返回步骤 3) 继续判断。

通过研究发现, 基于 A* 搜索算法的游戏寻径策略高效, 但仍有一些不足之处。首先, 在寻径过程中, 随着节

* 收稿日期: 2016-07-29 修回日期: 2017-05-05 网络出版时间: 2017-05-16 11:26

资助项目: 重庆市渝中区科委科技攻关项目(No.20110205)

第一作者简介: 陈素琼, 讲师, 研究方向为人工智能和大数据, E-mail: 34172000@qq.com; 通信作者: 向天雨, 副教授, E-mail: 421973525@qq.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20170516.1126.058.html>

点的扩展,会对 OPEN 表进行反复遍历;在大规模游戏中,反复遍历会严重影响搜索效率^[3]。其次,在寻路过程中,根据 A* 算法的搜索策略,会对具有相同 F 值节点进行对比考察;但是只有靠近目标的节点才是最优节点,导致产生大量对非最优节点的考察,直接影响搜索效率^[4]。

2 A* 算法改进

2.1 混合数据结构

A* 寻路过程中,随着节点的扩展,会对 OPEN 表进行反复遍历,本研究针对反复遍历 OPEN 表问题,使用混合数据结构对 OPEN 表节点进行存储和标记。

首先,根据 A* 算法搜索思想,每次选取最小 F 值节点作为最优节点进行考察,本研究利用最小二叉堆对 OPEN 表节点进行存储,节点的特征值为 F 值,根据最小二叉堆特点,具有最小 F 值的堆顶节点能直接被取得^[5],避免了取 OPEN 表最小 F 值节点而反复遍历 OPEN 表的繁琐。

其次,使用标记数组来对 OPEN 表中节点进行标记,初始状态下 OPEN 表为空,无任何节点,则标记数组中的所有元素值均设为 0。当 OPEN 表中插入新节点时,将该节点对应标记数组元素值修改为 1;当删除 OPEN 表中节点时,将删除节点对应标记数组中元素值重置为 0。使用标记数组后,OPEN 成员节点的隶属判断不需要再对 OPEN 表进行遍历查询,隶属判断的时间复杂度直接减至 $O(1)$ 。

标记数组 M 元素值的设置:

$$M[i][j] = \begin{cases} 0, & \text{第 } i+1 \text{ 行 } j+1 \text{ 列结点不在 OPEN 表,} \\ 1, & \text{第 } i+1 \text{ 行 } j+1 \text{ 列结点在 OPEN 表.} \end{cases}$$

2.2 启发函数

在 A* 算法中,随着终点 N 的靠近,当前节点 F 值可能会和部分远离起止点连线的节点 F 值相同。但是远离起止点连线的节点不在最优路径上,不会被采纳。根据 A* 算法搜索思路,会对相同 F 值节点进行一一比较考察,导致产生大量无用节点的考察量^[6-7],从而大大降低寻径效率。本研究采用向量夹角余弦值作为新的启发函数,大幅减少了对非最优节点的考察,提升了搜索效率。

设状态空间中, S 为初始节点, A, B 为当前待扩展的节点, N 为终端节点。向量 \overrightarrow{SA} 和向量 \overrightarrow{AN} 的夹角为 α ,向量 \overrightarrow{SB} 和向量 \overrightarrow{BN} 的夹角为 β ,如图 1 所示。假设采用标准 A* 算法时,待考察节点 A, B 的 F 值相同;根据 A* 算法思想, A, B 节点均会被考察;而 B 远离终点,不在最优路径上,为无用节点;节点 A 在最优路径上,可做进一步优先考察。

假设起点 S 、待考察点和终点 N 组成的向量夹角为 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$),研究发现待考察节点 F 值相同时,远离终点的考察点,它与起止点组成的向量夹角 θ 越大。

考察节点 x 的启发函数 h ,根据夹角余弦公式的特性,进行了改进优化,如(1)式和(2)式所述。 $-1 \leq -\cos\theta \leq 1$, $-\cos\theta$ 为单调递增函数,改进后的 h 函数能够保证 A* 算法中启发函数的约束单调性。

$$h(x) = h_0(x) + h_{\cos}(x), \quad (1)$$

$$h_{\cos}(x) = -\omega \cos\theta, \quad (2)$$

其中, $h_0(x)$ 为标准 h 函数,它是根据欧几里得公式求出的距离值; $h_{\cos}(x)$ 为新增启发函数,它为当前节点 x 、起点 S 和终点 N 组成的向量夹角 θ 的余弦评估值; ω 为权重,它的值可根据实际规模大小进行选取或调整。

利用改进的 h 函数,对图 1 中 A, B 两待考察节点,计算出相应的新增启发函数夹角余弦值,如(3)~(5)式所示。

$$h_{\cos}(A) = -\omega \cos\alpha, \quad (3)$$

$$h_{\cos}(B) = -\omega \cos\beta, \quad (4)$$

$$h_{\cos}(A) < h_{\cos}(B). \quad (5)$$

假设标准 A* 算法中,图 1 中 A, B 两点的 F 值相同;对 A, B 节点 h 函数改进后,有 $f(A) < f(B)$;对于 A 节点的后续节点 x ,如果仍有 x 的 F 值小于于节点 B 的 f 值,则 B 节点在搜索终止前均不会再被考察——从而无用节点的考察数量得到减少,搜索的效率得到提高。

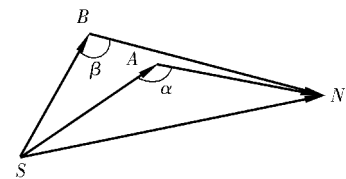


图 1 起止点和待考察节点的向量夹角

Fig. 1 The vector angle of starting and ending points with the node to be investigated

3 仿真实验

本研究通过大规模仿真实验,发现权值 ω 在一定范围内,可以有效缩减 A* 在搜索过程中无效节点考察量,从而提高 A* 算法的搜索效率。改进前后的 A* 算法实验数据对比如表 1 所示。

本研究采用 Java 语言来模拟地图游戏寻径过程的实现。针对改进前后 A* 算法进行寻径对比试验^[8]。对每次寻路得到的考察节点数和耗时进行对比分析,验证了改进后的 A* 算法的有效性^[9]。模拟实验效果图如图 2 所示。

对表 1 的数据进行进一步对比分析,得到图 3 的访问节点对比图和图 4 的耗时对比图。

从上面的数据分析可以看出,综合改进后的 A* 算法有效缩减了无用访问节点访问数,同时也减少了搜索过程的耗时。改进后的 A* 算法明显比标准 A* 算法搜索效率高。

表 1 改进前后的 A* 算法实验数据对比表

Tab. 1 The comparison of experimental data for improving the A* algorithm before and after

实验组次	标准 A* 算法考察节点数/个	标准 A* 算法消耗时长/ms	改进后 A* 算法($\omega=15$)考察节点数/个	改进后 A* 算法($\omega=15$)消耗时长/ms
1	125	1.1	81	0.4
2	259	1.8	121	1.3
3	660	3.4	337	3.0
4	570	3.0	305	2.4
5	408	2.9	161	2.2
6	956	4.3	641	3.5
7	1 268	5.4	249	4.3
8	55	0.2	33	0.0
9	184	1.3	81	0.3
10	306	2.7	161	2.1

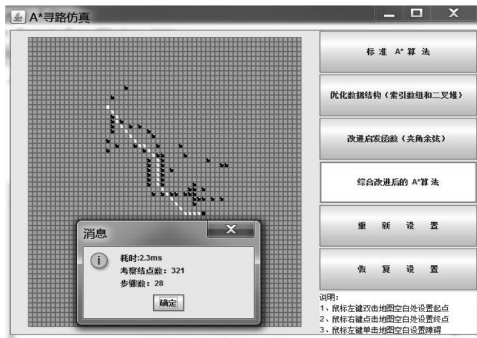


图 2 仿真实验效果图

Fig. 2 The rendering of simulation experiment

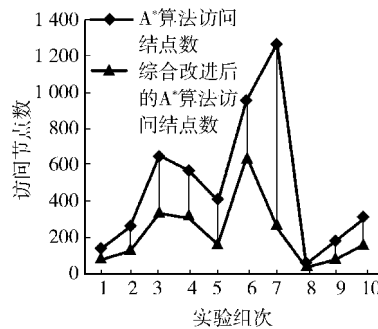


图 3 访问节点数对比分析图

Fig. 3 Comparison of the number of access nodes

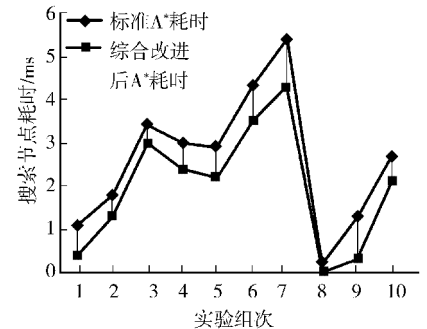


图 4 耗时对比分析图

Fig. 4 Time-consuming comparative analysis

4 结语

通过模拟实验的对比数据分析可以得出,OPEN 表的存储结构使用标记数组进行优化后,能大幅度减少遍历 OPEN 表的次数,降低了 A* 算法在整个搜索过程的耗时;使用新的启发函数后,大幅降低搜索过程中无用节点的访问量,整体上提高了基于 A* 算法的地图寻径效率。根据新启发函数中余弦公式的权重 ω 选值不同,改进后的 A* 算法寻径效率能提高到 15% 左右^[10-12]。

参考文献:

[1] 郑扣根,庄越挺.人工智能[M].北京:机械工业出版社,2013.
ZHENG K G,ZHUANG Y T.Artificial intelligence[M].Beijing:China Machine Press,2013.

[2] LESTER P.A* pathfinding for beginners[EB/OL].(2016-06-25)[2005-07-18].http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial.htm.

[3] 韩玮.游戏地图寻路及其真实性研究[D].重庆:西南大学,2013.
HAN W.Research of pathfinding and reality on game[D].Chongqing:Southwest University,2013.

[4] 钟瑛,陈凌峰,朱顺慈.改进 A* 算法在游戏地图路径搜索

- 中的应用研究[J].网络安全技术与应用,2013(8):54-56.
- ZHONG Y, CHEN L F, ZHU S Z. Research on improved A* algorithm of path finding in game map[J]. Network Security, 2013(8):54-56.
- [5] 周小镜. 游戏地图中寻找路径的改进算法研究[J]. 信息技术, 2010(12):125-127.
- ZHOU X J. Research on path finding improved algorithm in game map[J]. Information Technology, 2010(12):125-127.
- [6] 邱磊. 基于 A* 算法的游戏地图寻路实现及性能比较[J]. 陕西科技大学学报, 2011, 29(6):89-93.
- QIU L. Implementation of pathfinding on gamemaps based A* algorithm and compare the performances of various algorithms[J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology, 2011, 29(6):89-93.
- [7] 邱磊. 利用跳点搜索算法加速 A* 寻路[J]. 兰州理工大学学报, 2015, 41(6):102-107.
- QIU L. Speed-up of A* path finding with jump point search algorithm[J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2015, 41(6):102-107.
- [8] 王善坤, 张治海. 一种混合算法在游戏寻径中的应用[J]. 电子设计工程, 2016, 24(10):22-24.
- WANG S K, ZHANG Z H. The study of hybrid algorithm in implementing of game[J]. Electronic Design Engineering, 2016, 24(10):22-24.
- [9] 顾青, 豆风铅, 马飞. 基于改进 A* 算法的电动车能耗最优路径规划[J]. 农业机械学报, 2015, 46(12):316-321.
- GU Q, DOU F Q, MA F. Energy optimal path planning of electric vehicle based on improved A* algorithm[J]. Journal of Agricultural Mechanization, 2015, 46(12):316-321.
- [10] 占伟伟, 王伟, 陈能成, 等. 一种利用改进 A* 算法的无人机航迹规划[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2015, 40(3):315-320.
- ZHAN W W, WANG W, CHEN N C, et al. Path planning strategies for UAV based on improved A* algorithm[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2015, 40(3):315-320.
- [11] 王浩, 林棻, 张尧文. 基于模拟退火算法的无人驾驶车辆轨迹跟踪控制[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2015, 29(11):106-111.
- WANG H, LIN F, ZHANG Y W. Research on trajectory tracking control of self-driving vehicle based on simulated annealing algorithm[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2015, 29(11):106-111.
- [12] 戴翠琴, 李剑, 唐煌. 卫星时变网络中基于连接计划的最短路径优化算法[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2017, 29(1):29-35.
- DAI C Q, LI J, TANG H. Contact plan based the shortest path optimization algorithm in satellite time-varying networks[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2017, 29(1):29-35.

Research of Path-finding in Game Maps Based on Improved A* Algorithm

CHEN Suqiong, WANG Huilai, XIANG Tianyu

(Information Center, University-Town Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401331, China)

Abstract: [Purposes]The A* algorithm is studied and improved to improve the efficiency of map game routing based on A* algorithm. [Methods]Use the smallest binary heap and the index array to optimize the storage and traversal of the OPEN table for the mixed data structure. The cosine function is used as the new heuristic information to reduce the useless nodes in the search process through the simulation experiment, the standard A* algorithm and improved A* algorithm are compared and analyzed. [Findings]The efficiency of path search is improved synthetically. [Conclusions]By improving the A* algorithm, the efficiency of map game search based on A* algorithm is improved.

Keywords: A* algorithm; index array; cosine function

(责任编辑 游中胜)