

# 作品介绍

姓名：顾睿臻

联系方式：13167002517

邮箱：[ravenna1031@sina.com](mailto:ravenna1031@sina.com)

## 1. 简介

此文档为本人伯明翰大学硕士毕设项目—Difficulty Based Procedural Game Level Generation by Genetic Algorithm 的游戏 demo 介绍。此项目可通过对程序输入一个难度值来生成匹配该难度的关卡内容（敌人的数量、HP、伤害）等，并通过玩家完成当前关卡的时间来更新下一个关卡的难度值。因此项目的主题为人工智能，所以在游戏的美术、玩法设计等方面没有进行深入。此项目通过 Unity 引擎实现。目前代码部分已基本完成，正在调试参数及撰写论文的工作中。

该项目没有使用任何插件或资源，像素画也由本人自行完成，但没有添加动画器。

项目 Github 地址：<https://github.com/RuizhenGu/MScProject>

## 2. 游戏设计

此项目的开发初衷为设计一款具有 rougelite 元素的俯视角射击游戏，并可通过玩家自身的操作表现来更新难度，旨在让每个玩家都能找到属于自己的心流区间。

### 2.1 关卡地图

最初的设计想法为通过多个  $1 \times 1$  大小的砖块组成  $5 \times 5$  或者  $3 \times 3$  大小的地面，随机决定每个关卡的地面数量及地面之间位移量拼接而成组成关卡，如图 1 所示。每块地面会根据四周是否有碰撞体来在地图周围加上墙壁。

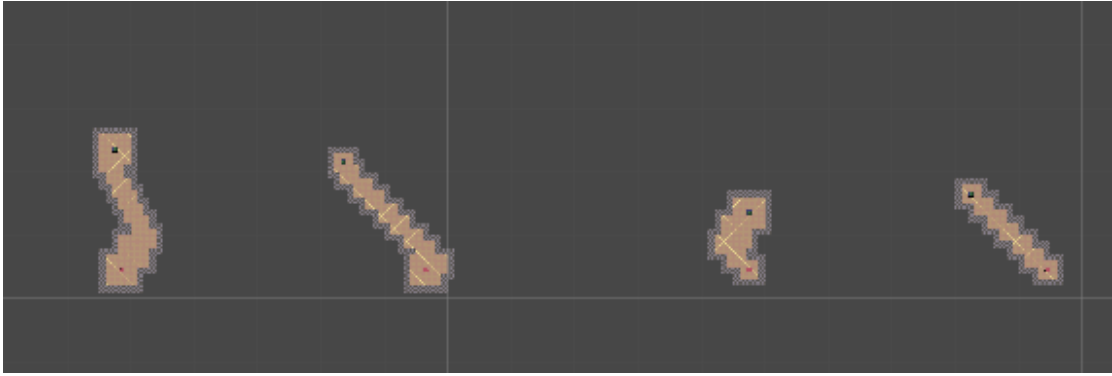


图 1 随机生成的地图

最初建立地图的想法为所有关卡地图同时出现在一个场景中，每个关卡地图中间有一定的间隔确保两个相邻的地图不会重叠，玩家可通过传送门进入到下一个地图。但在寻路程序中，A\*算法需要建立网格系统，过多的地图需要一个较大的网格系统，会严重影响游戏加载的速度，因此最终关卡的地图采用了一个固定大小的矩形区域。

## 2.2 玩家操作

玩家可通过 WASD 操控人物移动，鼠标控制武器的射击方向，点击鼠标左键可发射子弹，长按可持续发射，游戏界面如图 2 所示。



图 2 游戏界面及说明

## 2.3 交互系统

玩家具有血量条及经验条，击杀怪物可获得经验，升级后，当前血量及血量上限提升，攻击力提升，下一次升级所需的经验也会提升。

当玩家进入传送门时，当前传送门消失，场上出现敌人，当场上敌人全部被消灭时，在随机位置再次生成传送门，并重复此流程

敌人的攻击方式与玩家相同，敌人武器指向的方向为玩家的当前位置。敌人/玩家被子弹击中后会失去生命值，子弹击中墙壁后会消失，子弹与子弹相互碰撞不会消失。

游戏共有 10 个关卡，完成 10 个关卡即为胜利，胜利后可选择重新开始或退出游戏。玩家死亡后也可选择重新开始或退出游戏。

## 2.4 敌人 AI

敌人的 AI 由一个简单的状态机所实现，如图 3 所示。敌人会在生成位置的附近区域内巡逻，若玩家进入跟踪的范围内便会沿着寻路程序给出的路线跟踪玩家，当玩家进入攻击范围时，敌人会暂时停下并进行一次攻击，攻击结束后根据玩家的距离来决定是跟随还是再次攻击。

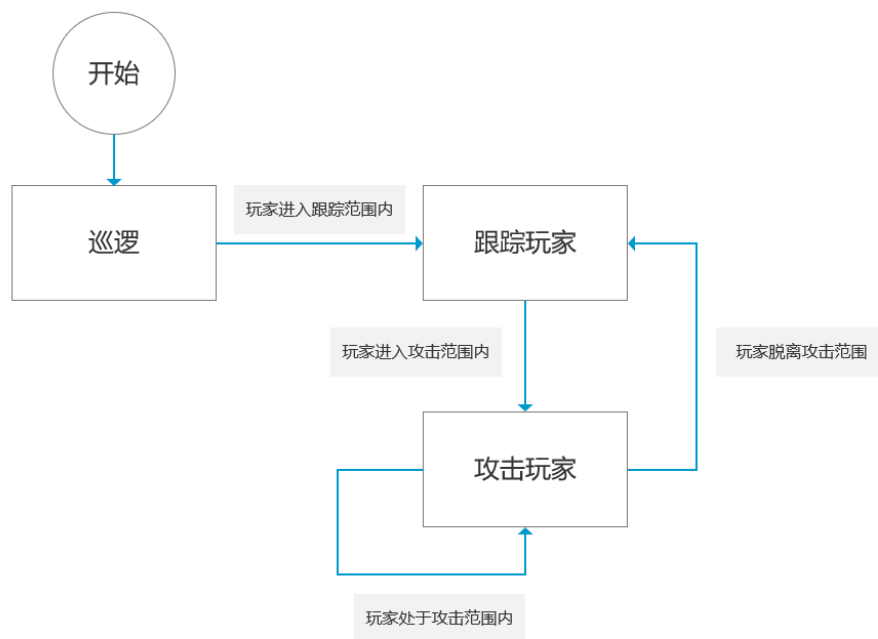


图 3 怪物 AI 状态机

A\*算法的路线分为直角与对角线，当敌人与玩家之间存在障碍物时，算法能够给出最短的路线，但此时障碍物的碰撞器与的敌人的碰撞器会阻止怪物沿着此路线前进。因此在由 A\*得到最短路径后，会再次判断敌人周围是否有障碍物，同时计算路径相邻节点的坐标偏移量，之后在路径中添加新节点来得到新路径。效果如图 4 所示。

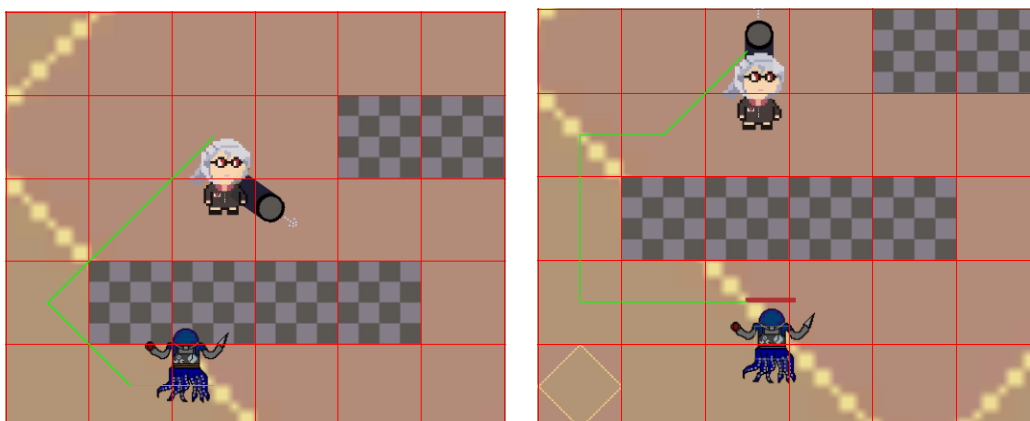


图 4 修改之前的路径与修改之后的路径

### 3. 人工智能（过程化内容生成）

心流理论中的能力在此项目中的体现为：玩家的等级（玩家的伤害与最大 HP），玩家的当前 HP（玩家受到的伤害），挑战体现为：敌人的伤害、HP、数量。一个关卡的难度可被视为玩家通过当前关卡的概率，概率越高，难度越小。该项目通过遗传算法，在每次输入难度时，通过适应度公式来生成最符合输入难度的关卡。

#### 3.1 关卡难度的评估

若确定以下参数：

D：关卡的难度 ( $D < 1$ )

L：玩家的等级系数

$H_p$ ：玩家的当前 HP  $\div$  最大 HP

$O_d$ ：单个敌人的初始难度（可通关概率）

$H_e$ ：敌人 HP 增量的难度系数

$D_e$ ：敌人伤害增量的难度系数

N：敌人的数量

则可初步得出以下公式：

$$D = L \times H_p \times (O_d \times H_e \times D_e)^N$$

玩家等级的上升，可提高游戏通关的概率；玩家当前 HP/最大 HP 的比例会影响下一个关卡的通关概率；敌人具有初始 HP 与伤害值，其增量是相应预设区间内的值（可为复数）；当玩家面对多个敌人时，其受到的威胁应呈指数级上升，所以 N 为指数。

目前仅使用这些参数来达到通过数值的变化更改难度的目的。其他可调整的参数：敌人的攻击频率，敌人的攻击范围等。

### 3.2 关卡难度的更新

相比单个敌人的难度与整个关卡的难度，单个敌人可被视作低位的挑战，关卡则可被视作高位的挑战，而高位挑战的难度可由低位挑战的难度来推算得出。所以在此项目中，使用了消灭单个敌人所需的时间来推算玩家完成一个关卡所需的时间。

若确定以下参数：

$T_f$ ：完成关卡所需的预期时间

$H_e$ ：敌人的最大 HP

$D_p$ ：玩家的伤害

$F_p$ ：玩家的最小攻击频率（预设值）

$E_t$ ：时间误差

N：敌人的数量

则可初步得到以下公式：

$$T_f = (H_e \div D_p \times F_p) \times N + E_t^N$$

其中， $(H_e \div D_p \times F_p)$  为玩家击杀单个敌人的最短时间，乘以敌人数量，再加上呈指数级上升的时间误差增量，则可初步推算出玩家完成一个关卡的所需时间。

通过玩家完成关卡的实际时间与预期时间对比，从而得出下一个关卡的难度是应上升、下降还是小范围内浮动。图 5 为理想状态下的两组不同表现的程序测试结果示意图，横坐标为关卡数，纵坐标为难度的改变量。

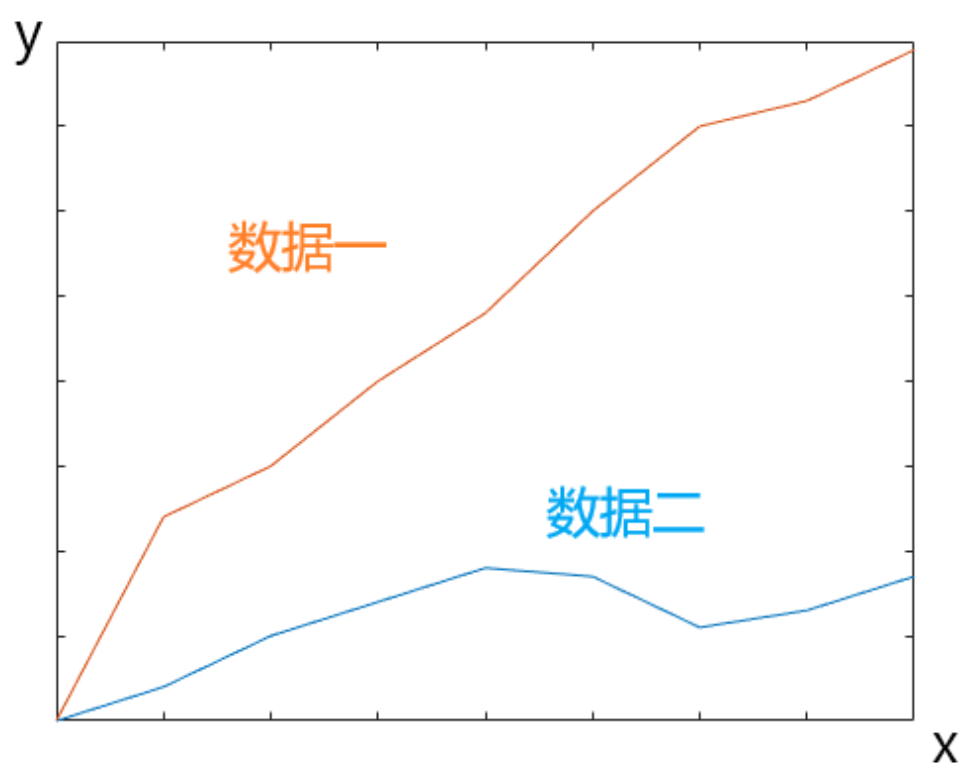


图 5 难度更新曲线