在全景地图中进行路径规划的目的是找到一条从起点到终点的最优路径。为了保证相机转动的过程中尽可能高效地获取环境中的有用信息，规划出来的路径要满足长度最短和整条路径的代价和较小的特点。基于此本文提出了一种改进的A\*路径规划算法。该算法将A\*路径规划的对象从平面栅格地图扩展到了球面栅格地图，并且结合了栅格地图中的代价值，使得规划出来的路径可以满足主动视觉SLAM的需要。

传统A\*路径规划算法可以搜索到终点的原因是当前节点可以向周围相邻的所有栅格节点进行搜索，当前节点直线移动一个栅格的距离为1，沿着斜线移动一个栅格的距离为。传统A\*路径规划算法提高搜索效率的原因是加入了终点的启发函数，使得搜索有目的地向终点靠近，节省了计算资源，提高了搜索的效率。由于全景地图为球面地图，改进的A\*搜索算法首先改进了平面栅格的搜索策略，将平面的距离改为了基于球面的距离，如下所示：

其中，W是图像的宽度，H是图像的高度，Column是当前栅格点的列标，Row是当前栅格点的行标。代表该栅格点的方位角，代表该栅格点的高程。

其中，(x,y,z)代表从球心到该栅格点的向量，Distance代表两个栅格点V1,V2之间的直线距离。

同时，对启发函数的改进主要体现在地图的代价值上。传统的A\*算法将针对每一个栅格，规定了当前栅格点到起点的代价g和和到终点的代价h，总的代价f=g+h。在改进的A\*规划中，加入了地图当前栅格点的代价值e,同时总的代价f=g+h+ke，其中k为归一化系数。

|  |
| --- |
| **Algorithm 1** Improve A\* Path Search |
| Require: Xs，Xg∈X //Xs为起点，Xg为终点，X为地图  **Input:** The image of the map,Xs,Xg  **Output:**The path   1. let OpenList = ∅, CloseList = ∅ //两个集合置空 2. Xs->pred = null //起点的父节点置为空指针 3. OpenList.push(Xs) //起点加入到开式列表中 4. **While** OpenList≠∅ **do** 5. x = OpenList.min() //取出openlist中f代价最小的节点 6. CloseList.push(x) //加入到closelist中 7. **if** x = Xg **then** //找到了终点 8. **break** 9. **else** 10. **for** i = 1:8 **do //**从上下左右左上右上左下右下八个方向进行节点搜索 11. Xcurr = f(X,i) //对于每一个邻居节点 12. **if** XcurrCloseList **then //**该点不在闭式列表中，避免重复搜索 13. newG = Xcurr.getG() //计算g值，不更新 14. **if** Xcurr OpenList **or** newg < g(Xcurr) //不在O中或在O中但是g更小 15. Xs->pred = x 16. Xcurr.updateG() //更新g值 17. Xcurr.updateH() //更新h值 18. Xcurr.updateE() //更新e值 19. OpenList.push(Xcurr) //放入到O中 20. **end if** 21. **end if** 22. **end for** 23. **end if** 24. **end while** 25. Path = Rewire(x) **//**根据终点的父节点值，一步步回溯，找到起点，得到path 26. **Return** Path |

首先获取地图、起点和终点，将OpenList和CloseList置为空。将起点的父节点置为空指针，并加入到CloseList中。从OpenList中选取f值最小的节点，即代价最小的点。若该点为终点，表明已经搜索到了终点，路径搜索过程结束。否则，按照上下左右左上右上左下右下八个方向搜索周围节点。以某一个节点Xcurr为例，如果该点不在CloseList中，即未搜索过去，计算g值。g值的更新采用的是球面两点的距离。如果该点不在OpenList或在OpenList中但是g值更小，则更新g值、h值和e值。h值采用的是该点到终点的球面距离，e值为该点所在位置的代价值。然后更新其父节点。如此循环直到找到终点，利用Rewire函数，利用节点保存的父节点信息向上查找，直到到起点，就得到了一条代价无论从地图距离还是地图代价上来看都更优的路径。

Yongkang Zhang received B.S degree from Shandong University of Science and Technology,Qingdao,China,in 2018 and M.S. degree form Beihang University,Beijing,China,in 2021.He is currently a Ph.D. student in vehicle engineering at the School of Transportation Science and Engineering,Beihang University,Beijing,China.His current research interests include mobile robot planning and navigation,automated driving and vehicle formation.