

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК _____

Галай
Евгений Александрович

Планирование траектории движения летательного аппарата
в двумерном пространстве с запретными зонами

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 02 «Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети»

Научный руководитель
Волков Кирилл Аркадьевич
кандидат технических наук,
доцент

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

При создании симуляторов, подразумевающих перемещение БЛА (беспилотных летательных аппаратов) по большим территориям с учетом текущей тактической обстановки, возникают проблемы с выбором алгоритма поиска оптимального пути, так как на его использование накладываются ограничения, вызванные следующими факторами:

- большой объем данных реальных карт местности, превышающий объем оперативной памяти, поэтому в большинстве случаев нет возможности хранить полную информацию о промежуточном состоянии маршрута в памяти;

- сложность представления пространства, в котором перемещаются объекты, это требует минимизации числа запросов на определение проходимости определенного участка пути;

- большой разброс в сложности получаемого пути: оптимальным решением может оказаться как прямая, так и сильно изломанная линия.

Кроме указанных, при реализации конкретных алгоритмов может возникать ряд других проблем.

Существует большое количество алгоритмов, позволяющих определить маршрут, по которому можно попасть из одной точки в другую. Эти алгоритмы можно разбить на две группы:

- алгоритмы, позволяющие определить оптимальный путь;

- алгоритмы, позволяющие найти субоптимальный путь.

В первой группе для нахождения решения требуется полностью исследовать некоторую область. Самым простым способом поиска оптимального пути является полный перебор всех возможных маршрутов. В этом случае найденный путь будет кратчайшим. Однако такой способ неприменим в большинстве случаев из-за чрезмерных накладных расходов, так как требуется полное исследование всей карты и хранение ее в памяти. В связи с этим на первый план выходит разработка алгоритмов поиска субоптимальных путей. Примером являются эвристические алгоритмы, которые на каждом шаге приближаются к конечной точке.

В данной работе на основе тестового анализа было предложено использовать алгоритм поиска оптимального пути A^* (STAR).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: в мире беспилотные летательные аппараты (БЛА) применяются во многих сферах жизнедеятельности, в том числе, в геодезических изысканиях при строительстве, для составления кадастровых планов промышленных объектов, транспортной инфраструктуры, для создания карт, планов и 3D-моделей городов и предприятий.

Такая распространенная практика применения БЛА влечет за собой высокую вероятность работы над территориями в воздушных пространствах с закрытыми для полетов зонами, такими как: аэропорты, военные, промышленные и прочие стратегически важные объекты. Полет через такую зону может повлечь за собой ряд негативных последствий, в том числе опасных для жизни и здоровья людей: например, полет над территорией аэропорта с высокой интенсивностью воздушного движения может привести к экстренной посадке или даже столкновению с бортом.

Таким образом, БЛА должен быть способен избегать входа в закрытые для полетов зоны. В связи с ограниченными ресурсами и дальностью полета летательного аппарата, встает проблема решения задачи поиска оптимального пути в пространствах, содержащих такие зоны.

Целью данной работы является анализ существующих алгоритмов поиска пути в графе и выбор оптимального из них, решение проблемы создания сетки, состоящей из ключевых узлов, базирующихся на проекции географических карт, для дальнейшего применения алгоритма поиска в таких графах. Создание программных модулей, решающих вышеупомянутые задачи.

В ходе выполнения исследований был проведен анализ различных алгоритмов поиска оптимального пути, в числе лучших всего зарекомендовали себя такие алгоритмы, как: алгоритм Дейкстры, алгоритм A^* и алгоритм Θ^* . Экспериментально был выбран алгоритм A^* , как отвечающий необходимым требованиям для разработки на его основе программных модулей для решения поставленной задачи поиска пути.

По результатам исследований можно сделать вывод, что алгоритм A^* может быть успешно применен для решения задачи поиска оптимального пути БЛА в пространствах с закрытыми для полетов зонами.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения (выводов) и приложения. Объем диссертационной работы: 55 страниц.

Во введении обоснована актуальность темы, описаны цели и задачи работы.

В первой главе «Обзор алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе» изложено описание работы существующих алгоритмов поиска оптимального пути в графе, их особенностях, вычислительной сложности и предъявляемых к ним требований. Также приведено математическое и алгоритмическое описание алгоритмов, проведен анализ их эффективности и сделаны выводы о целесообразности использования конкретных алгоритмов для решения поставленной задачи.

Во второй главе «Разработка программы поиска оптимального пути следования БЛА в пространстве с закрытыми для полетов зонами» подробно рассмотрены теоретические понятия географических информационных систем, их структура и классификация. Представлен обзор существующих сервисов картографирования, предоставляющих программный интерфейс приложения для работы с географическими картами. Проведен анализ актуальности и эффективности работы таких сервисов. Представлено обоснование выбора конкретного сервиса для решения поставленной задачи. Приведены теоретические сведения и математический аппарат необходимый для решения геодезических задач, представления географических координат в различных базисах, расчет проекций географических карт с учетом пространственных искажений. Представлено алгоритмическое описание модуля решающего задачи представления географической информации и теоретические сведения его программной реализации. Представлено алгоритмическое описание модуля поиска пути на основе полученных данных, заполнение графа узловых точек на основе географической проекции, теоретические сведения программной реализации данного модуля.

В третьей главе «Экспериментальная оценка работы модулей поиска оптимального пути БЛА» приведена оценка эффективности работы программных модулей поиска оптимального пути следования БЛА на основе анализа полученных данных работы этих модулей. Представлены рекомендации по использованию программных модулей и их улучшению. В заключении подводятся итоги проделанной работы, сделаны выводы по полученным результатам исследований.

В приложении размещен программный код модулей поиска оптимального пути следования БЛА в пространстве с закрытыми дл полетов зонами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главная проблема задачи поиска пути заключается в том, что не существует какого-либо универсального алгоритма ее решения. Вместе с тем, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в случае поиска пути на географических картах необходимо выбирать один из следующих способов решения задачи. Если требуется получить наиболее реалистично выглядящий субоптимальный путь, рекомендуется использовать алгоритм Theta*.

Когда затраты на обращение к ландшафту оказываются критичными, рекомендуется использовать следующую комбинацию алгоритмов:

- применяем алгоритм A* для получения маршрута;
- удаляем точки, лежащие на одной прямой;
- для каждой пары из небольшого множества полученных ключевых точек применяем алгоритм проверки наличия пути по прямой.

Можно применять этот алгоритм только к соседним отрезкам пути, разбивая их путем внедрения фиктивных точек. В общем случае необходимо строить систему алгоритмов, имеющих схожие входные и выходные данные, что позволит обмениваться данными на отдельных шагах, комбинируя различные подходы к решению задачи. Помимо этого, немаловажным окажется введение иерархии: объединяя отдельные области ландшафта, можно прокладывать пути сначала между крупными областями, потом, применяя другие алгоритмы, — на отдельных участках, и дальше по аналогии.

В данной работе были проанализированы различные алгоритмы поиска оптимального пути. В качестве основных алгоритмов, рассматривались: Алгоритм Дейкстры, Алгоритм A*, Theta*. В конечном итоге на основании анализа полученных результатов и проведенных экспериментов был выбран алгоритм A*, как основной алгоритм для реализации модуля поиска оптимального пути беспилотного летательного аппарата.

По результатам исследования можно сделать вывод, что алгоритм A* хорошо справляется с задачей поиска пути в графе, представляющим из себя сетку географических координат, спроецированную на карту местности. В

качестве улучшения производительности модуля, возможно применить алгоритмы постобработки для удаления избыточных узлов сетки, что существенно увеличит производительность модуля. Рекомендации по улучшению приведены в работе. Проведенный предварительный анализ эффективности алгоритма A^* на географических картах, показал, что он может быть успешно применен для поиска оптимального пути БЛА в пространстве с закрытыми для полетов зонами.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1 – А. Галай, Е. А. Алгоритм Дейкстры для нахождения кратчайших путей во взвешенных графах / Е.А. Галай, И. В. Лещинский // Телекоммуникационные системы и сети: материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 2–6 мая 2017 г.). – Минск: БГУИР, 2017. – С. 53-54.

2 – А. Ланденюк, В. О. Лазерное сканирование земной поверхности с использованием БЛА / В.О. Ланденюк, А.В. Парасочка, Е.А. Галай // Телекоммуникационные системы и сети: материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 2–6 мая 2017 г.). – Минск: БГУИР, 2017. – С. 48-49.