РАЗДЕЛ X. КОСМОС И АВИАЦИЯ

Мужичек С.М., Обросов К.В., Лисицын В.М.

Метод эффективного обнаружения препятствий для предупреждения столкновений на основе использования лазерной локации для информационного обеспечения маловысотного полета беспилотного транспортного средства

ФГУП «ГосНИИАС»

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/sr-10-08-2020-19

idsp: sciencerussia-10-08-2020-19

Навигационная система для автономного беспилотного транспортного средства (БТС), как правило, рассматривается на базе комплексирования спутниковой навигации и бесплатформенной инерциальной навигационной системы. Однако, для БТС на основе, например, квадрокоптера или другого подобного летательного аппарата (ЛА), определение собственного положения в системе городской застройки не гарантирует получение информации о нахождении препятствий по маршруту движения. Поэтому, очевидна необходимость наличия на борту летающего БТС системы обнаружения потенциальных препятствий для построения безопасных траекторий полета.

Известно, что столкновения с препятствиями при выполнении маловысотного полета (МВП) в условиях городской застройки являются одной из важнейших причин аварийных ситуаций для современных ЛА. При этом очень часто необнаруженными препятствиями, столкновение с которыми приводят к аварийным ситуациям, являются линии электропередач и провода, которые почти не наблюдаемы экипажем ЛА даже при хорошей видимости. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали, что единственным надежным средством обнаружения любых, в том числе неметаллических препятствий являются лазерно-локационные (ЛЛ) системы. В связи с этим в последние годы ряд известных зарубежных фирм (Northrop Grumman (США), Dornier GmbH (Германия), Marconi SPA (Италия), GEC Avionics (Великобритания)) ведут работы по созданию систем обнаружения препятствий и предупреждения о столкновениях на базе ЛЛ с разной длиной волны излучения для оснащения перспективных ЛА, в том числе летающих БТС.

ЛЛ является принципиально новым средством информационного обеспечения МВП. Его применение на ЛА существенно расширяет функциональные возможности авиации [1, 2], в том числе летающих БТС, позволяя решать на предельно малых высотах полета (10-50 м) задачи точной доставки грузов, пожаротушения, мониторинга, монтажных работ при строительстве, спасательных операций и т.п. Формируемая ЛЛ 3D информация о наблюдаемой наземной сцене в сочетании со способностью своевременного обнаружения таких тонких препятствия как провода, тросы (в том числе и неметаллические), растяжки, мачты и т.п. позволяет автоматически пролонгировать траекторию полета и обеспечивает безопасность выполнения поставленных задач в сложной фоно-целевой обстановке без априорных данных о рельефе, конфигурации наземных объектов и положении потенциальных препятствий. Использование в локаторе излучения на длине волны в два раза большей, чем красная граница спектрального диапазона глаза, позволяет работать в сложных метеоусловиях и дымах и не создает угроз для глаз людей, оказавшихся на анализируемой сцене.

В настоящее время известны методы регулярного сканирования, в которых область зондирования дальностного поля в координатах угол-угол совпадает с

полем обзора локатора и формируется в результате сложения двух движений в координатах угол-угол: сравнительно медленного поворота базовой системы координат вдоль одной из угловых координат и быстрого двумерного регулярного периодического перемещения луча ЛЛ относительно базовой системы координат.

В [3] было показано, что для обнаружения тонких протяженных препятствий (ТПП), таких как провода, при условии расположения ТПП по центру диаграммы излучения уровень отраженного сигнала обратно пропорционален углу расходимости этой диаграммы. Поэтому для надежного обнаружения таких препятствий необходима концентрация лучистой энергии в малом телесном угле. Для надежного обнаружения ТПП на расстояниях 100–400 м в условиях городской застройки при типовых характеристиках ЛЛ угловая расходимость диаграммы излучения не должна превышать 1–2 угл. мин. Угловая скорость сканирования такой диаграммой при достигнутых частотах следования зондирующих импульсов (30–100 кГц) ограничена, что приводит при регулярных развертках либо к малым полям обзора, либо к низкому темпу обновления информации в поле обзора. Такой недостаток имеет место во всех созданных и разрабатываемых ЛЛ системах [4–6]. В разработанном методе предложен выход из создавшегося положения путем отказа от регулярных разверток лазерно-локационного сканирования дальностного поля с целью экономного расходования зондирующих импульсов, т.е. такого управления угловым движением лазерного луча, которое использует уже накопленную информацию о дальностном поле и ориентировано на решение конкретных задач планирования измерений угол-угол-дальность в процессе сканирования анализируемой сцены.

Разработанный метод заключается в следующем:

- задают диапазон минимальных дальностей до подстилающей поверхности, определяемый периодом сканирования, скоростью полета и надежному обнаружению всех возможных препятствий, включая провода, тросы и т.п.;
- используя технически реализуемые фрагменты траектории сканирования с управляемыми параметрами, которые могут изменять конфигурацию фрагментов траектории, в том числе их угловую ориентацию в вертикальной плоскости, обеспечивают многократную реализацию таких фрагментов за время полупериода обновления информации о дальностном поле, т.е. за время медленного поворота базовой системы координат в сторону левой или правой границы поля обзора;
- в процессе сканирования определяют требуемые параметры каждого следующего фрагмента траектории по результатам обработки имеющихся измерений углов и дальностей так, чтобы угловая ориентация этого фрагмента в вертикальной плоскости соответствовала попаданию прогнозируемых минимальных дальностей в заданный диапазон максимальных дальностей надежного обнаружения всех возможных препятствий;
- в процессе сканирования формируют сигналы управления исполнительными устройствами так, чтобы реализуемые в текущий момент времени фрагменты траектории имели параметры с минимально возможными отклонениями от требуемых значений. Тем самым обеспечивают в процессе сканирования отрицательную обратную связь в системе автоматического управления угловым положением по вертикали нижних участков, соответствующих минимальным дальностям на траектории сканирования, удерживая

эти нижние участки траектории на таких углах наклона зондирующего луча, которые соответствуют заданному диапазону максимальных дальностей.

Предлагаемый метод позволяет автоматически формировать траекторию сканирования в координатах угол-угол, концентрируя при этом направления измерений дальностей в области положений возможных препятствий над земной поверхностью в заданном диапазоне дальностей при любом рельефе местности. Задание такого диапазона дальностей может быть проведено заранее. Его верхняя граница определяется тактико-техническими требованиями на ЛЛ в части его основной характеристики – максимальной дальности надежного обнаружения ТПП в ограниченно-сложных метеоусловиях. Нижняя граница диапазона дальностей рассчитывается как разность между верхней границей и произведением скорости полета ЛА на период обновления информации в пределах поля обзора.

Выполненное авторами математическое моделирование процессов информационного обеспечения МВП показало, что использование предложенного метода адаптивного сканирования позволяет пролонгировать безопасные траектории полета ЛА в азимутальном секторе, который в два-четыре раза больше, чем сектор пролонгации безопасных траекторий полета в случае применения регулярного сканирования для обнаружения препятствий при одинаковых средних плотностях точек зондирования в информативных областях полей обзора.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 19-29-06077 мк.)

1. Себряков Г.Г., Лисицын В.М., Обросов К.В. Использование лазерных локаторов в перспективных информационных системах летательных аппаратов // Лазеры в науке, технике, медицине. Сб. науч. тр. Т. 21 / Под ред. В.А. Петрова–М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова, 2010. С. 16 – 20.
2. Лисицын В.М. Оценка эффективности комплексированной оптико-электронной пилотажной системы при выполнении маловысотного полета // Лазеры в науке, технике, медицине. Сб. науч. тр. Т. 25 / Под ред. В.А. Петрова–М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова, 2014. С. 16 – 21.
3. Дановский В.Н., Ким В.Я., Лисицын В.М., Обросов К.В., Тихонова С.В. Сравнение возможностей радиолокации и лазерной локации как средств информационного обеспечения маловысотного полета // Изв. РАН, Теория и системы управления, № 4, 2007. С. 154-165.
4. «Obstacle avoidance system for helicopter and other aircraft», Патент USA № 5465142 от 7 ноября 1995 г.
5. Schulz K.R., Scherbarth S., Fabry U. Hellas: obstacle warning system for helicopters // Proc. SPIE. 2002. V.4723. P. 1-8.
6. Gunther Winkle, Hellas Protect Helos Defence Helicopter, December 1998 - January 1999, pp. 23-25.