

Текущее развитие системы обнаружения и предотвращения столкновений БПЛА

A Zhahir, A Razali and M R Mohd Ajir

Department of Aerospace Engineering, Engineering Faculty, Universiti Putra Malaysia, Malaysia
School of Electrical System Engineering, Universiti Malaysia Perlis, Malaysia

shikinrazali01@gmail.com

***Аннотация.** Поскольку беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в настоящее время имеют высокий спрос на гражданском и коммерческом рынке, система обнаружения и предотвращения столкновений (СОИПС) в настоящее время является одной из важных особенностей в исследовании БПЛА. Здесь представлены несколько типов датчиков, используемых в текущих исследованиях СОИПС и технологии комбинирования датчиков, которые предлагают отличную возможность для улучшения системы обнаружения и отслеживания. Цель данной статьи - предоставить обзор развития системы СОИПС в целом, а также текущие проблемы, с которыми сталкиваются исследователи и дизайнеры БПЛА.*

1. Введение

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) теперь используются в различных военных областях, включая разведку, мониторинг окружающей среды, пограничный патруль, поисково-спасательные операции, помощь в случае стихийных бедствий, отслеживание и мониторинг. Ожидается, что в следующем десятилетии рынок БПЛА будет быстро расти в гражданских и коммерческих отраслях, таких как сельское хозяйство, энергетика, коммунальные услуги, горнодобывающая промышленность, строительство, недвижимость, средства массовой информации и производство фильмов [1, 2]. Этим отраслям требуются маленькие и подвижные БПЛА, летающие на низкой высоте или работающие внутри зданий, которые подвержены многим опасностям и препятствиям. Тем не менее, существующая технология БПЛА в автоматическом зондировании, обнаружении и предотвращении постоянных препятствий, таких как линия электропередач, строительство, башни, деревья и движущиеся препятствия вроде птиц и других воздушных судов, по-прежнему недостаточно развита по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами [3]. Поскольку прогнозируется, что рынок БПЛА будет обеспечивать миллиарды долларов экономического роста, особенно на коммерческом рынке, исследователи во всем мире сейчас спешат разработать эффективную автоматическую систему СОИПС для удовлетворения запросов и требований БПЛА. Более того, еще один фактор, способствующий ускорению этой области исследований, связан с новым постановлением со стороны авиационных властей, которое будет реализовано в ближайшее время. Постановление требует, чтобы каждый БПЛА имел эту автоматическую СОИПС для снижения риска столкновения и, таким образом, улучшал безопасность полетов в неразделённом воздушном пространстве [4].

На рисунке 1 показана основная схема того, как СОИПС должна автоматически функционировать. В БПЛА используются несколько датчиков для сбора и записи данных вдоль траектории полета. Во время работы датчики несут ответственность за обнаружение и выявление любых препятствий или угроз для БПЛА в зависимости от их спецификации. Датчики предоставляют информацию о картировании окружающей среды на основе внедренной модели отслеживания. Информация от нескольких датчиков собирается и обрабатывается с помощью программы предотвращения столкновений, встроенной в основной процессор. Существует множество типов программ предотвращения столкновений, таких как нелинейное прогнозирование модели, алгоритм поиска графов, потенциально полевой метод и нейронная сеть, основанная на зрении. В конце БПЛА выполняет действие по предотвращению столкновения, которое зависит от обработанной информации о препятствиях.

Во время предотвращения столкновения могут меняться несколько параметров, таких как положение, скорость, размер и угол наклона БПЛА. Этот цикл постоянно повторяется для захвата следующей среды сопоставления, в то время как БПЛА должен лететь вперед, чтобы выполнить свою оперативную цель в обязательном порядке. Способность обнаруживающей функции заключается не только в обнаружении присутствия и позиции препятствий, но и в прогнозировании скорости и траектории

перемещающихся препятствий. С другой стороны, функция предотвращения столкновений должна обеспечивать путь маневрирования для предотвращения идентифицированного столкновения с учетом кинематического и динамического аспектов [2, 3, 4]



Рисунок 1. Схема системы СОИПС

Основными задачами внедрения технологий предотвращения столкновений в беспилотных летательных аппаратах являются их размер, вес и потребление электроэнергии. Ограничение полезной нагрузки, особенно в небольших БПЛА, препятствует интеграции технологии предотвращения столкновений, поскольку используемые датчики должны быть легкими, малыми по размеру и потребляющими малую мощность. Алгоритм управления также должен быть эффективным с вычислительной точки зрения и менее сложным, так как размер памяти основной платы мал, а процессор имеет меньшую скорость с ограниченным питанием. Несмотря на то, что скорость БПЛА медленнее пилотируемых самолетов, ожидается, что система СОИПС будет обрабатывать данные достаточно быстро, чтобы избежать столкновения с более быстрыми пилотируемыми самолетами. Кроме того, поскольку количество сфер применения БПЛА увеличиваются, система СОИПС должна быть способна работать в различных средах, погодных условиях и состояниях. Поэтому менее сложный алгоритм с совместимыми датчиками и соответствующей стоимостью является важным фактором при разработке эффективной системы СОИПС.

2. Датчики

Хотя бортовая система предупреждения столкновений (БСПС), а также система радиовещательного автоматического зависимого наблюдения (АЗН-В) уже могут использоваться для предотвращения столкновений в пилотируемом воздушном транспортном средстве, система в настоящее время работает только для тех устройств, на которых установлена. Технология АЗН-В с точки зрения системы передатчика и приемника не только способна предоставлять данные о других воздушных судах, но также предоставляет информацию о высоте и скорости воздушного судна. Кроме того, система может передавать информацию о погодных и ландшафтных условиях [5]. Учитывая эти преимущества, ожидается, что потребность в интеграции АЗН-В со всеми БПЛА всех размеров ожидается в связи с текущими исследованиями, сосредоточенными на миниатюризации оборудования, которое будет полезно для системы СОИПС. Исследования по электронным датчикам для наземной системы СОИПС также проводятся для быстрого решения в ограниченном пространстве.

Многие исследователи больше сосредоточились на несовместных датчиках активного и пассивного типа, поскольку они могут обеспечить лучшее обнаружение препятствий, не связанных с кооперацией, особенно когда возникает проблема потери данных. Несовместные датчики действительно важны, особенно для БПЛА, которые летают внутри зданий, поскольку препятствия - это в основном стены, машины, оргтехника и люди. Активные датчики в применении включают лазерный диапазон, сигнал радара и сигнал сонара при обнаружении препятствий. Они обычно предоставляют очень хорошую информацию о расстоянии до препятствий, и это очень важные критерии при отслеживании. С другой стороны, пассивные датчики, такие как электрооптические, инфракрасные, тепловизионные и детекторы движения, зависят от обнаружения сигнала, испускаемого препятствием [6].

Применение электрооптических датчиков в сочетании с радиолокационным/ инфракрасным датчиком/тепловизионным датчиком движения является очень популярным подходом в системе СОИПС. Электрооптический датчик небольшого размера и веса имеет высокую скорость сканирования и высокое разрешение изображения. Они также немного стоят и потребляют мало электроэнергии. Тем не менее, они не способны оценивать диапазон препятствий и иногда создают высокий уровень ложной тревоги [7]. Поскольку они нуждаются в свете при их работе, то плохая погода или облачность могут действительно

повлиять на их эффективность при обнаружении объектов. Следовательно, они не могут хорошо функционировать при малой освещенности [8]. Благодаря инфракрасному датчику, который помогает обнаружению электрооптического датчика ночью, электромагнитные помехи не влияют и могут измерять диапазон препятствий, вычисляя инфракрасный свет, излучаемый объектами. Датчик теплового изображения обнаруживает тепло и способен работать при погодных условиях, в то время как функция детектора движения определяется направлением и скоростью объектов [6].

Миллиметровый волновой радиолокатор с узкой шириной луча способен обнаруживать малую высоту цели без многолучевых эффектов. Преимущество этого радара заключается в том, что он может хорошо работать в любых погодных условиях, поэтому пыль и молния не так воздействуют на него. Тем не менее, его работа может быть легко нарушена электромагнитом, а также он имеет плохую точность слежения, когда цель скрыта [9]. Лазерная система обнаружения и измерения дальности (ЛСОИД), которая имеет высокую точность и разрешение при измерении расстояний, способна обнаруживать объекты разных размеров и форм, вычисляя время, затраченное на движение света вперед и назад. Скоростное целеуказание ЛСОИД широко используется в контурном сопоставлении, но это дорогостоящее оборудование, потребляющее много энергии. В то время как датчик эхолота широко используется в морских условиях, поскольку он дешев, имеет малый вес и размеры, он обеспечивает точное определение расстояния только до плоской и вертикально закрытой среды. Обнаружение объекта неправильной формы, такого как наклонные крыши, деревья и заборы с помощью датчика эхолота, приведет к ошибке системы [10].

3. Техника комбинирования датчиков

Комбинирование датчиков дает прекрасную возможность преодолеть физические ограничения чувствительных систем. Он объединяет информацию с нескольких различных датчиков, чтобы обеспечить надежное и полное описание летающей среды, которая быстро меняется. Поскольку каждый датчик имеет свои достоинства и недостатки, необходима технология для интеграции нескольких датчиков на одной платформе БПЛА, чтобы улучшить обнаружение и минимизировать ошибку при отслеживании. Эффективная система слежения приведет к точному и надежному отслеживанию и может выполнять ускоренное маневрирование, если выявлена опасность столкновения [9, 11, 12].

Однако разработки в области комбинирования датчиков еще далеки от уровня готовности. Интеграция датчиков в основную плату требует работы в режиме реального времени программ для встраиваемых систем, что потребует высокой вычислительной мощности при захвате и обработке различных сигналов с нескольких датчиков. Алгоритм быстрого ответа без особой сложности предпочтительнее для, чтобы убедиться, что система определения и обнаружения функционирует должным образом. Этот быстрый процесс в режиме реального времени увеличит вероятность успешного маневра уклонения препятствия в требуемые временные рамки. Другая проблема заключается в увеличении полезной нагрузки БПЛА при использовании нескольких датчиков. На рынке доступно лишь несколько эффективных облегченных датчиков. В результате некоторыми датчиками со многими преимуществами следует пренебрегать из-за увеличения проблем с массой полезной нагрузки, поскольку также необходимо учитывать стабильность и скорость БПЛА.

Ramasamy и Sabatini (2015) успешно продемонстрировали симуляционное исследование комбинирования датчиков, которое объединяет несколько датчиков взаимодействия, несовместимых датчиков и естественного датчика [11]. Интеграция и последовательность датчиков были сделаны на основе Булевой логики. Система использовала фильтра Калмана на каждом датчике и затем передавала данные в центр, где объединён в глобальный файл. Алгоритм, известный как отслеживание треков, объединяет оценку с наблюдением, где может решать такие проблемы устойчивости, как ограниченная информация об окружающей среде и частичная потеря информации. С другой стороны, Fasano et al. (2015) зафиксировали значительное улучшение характеристик обнаружения столкновения при комбинировании нескольких радиолокационных и электрооптических датчиков [12]. Эффективность комбинирования датчиков в летном эксперименте успешно уменьшила частоту ложных срабатываний, чувствительность диапазона обнаружения и проблемы с вычислительной нагрузкой. Аналогичный результат был обнаружен в [8] для исследования комбинирования электрооптического датчика и радиолокатора с синтезированной апертурой, который показал, что количество ложных срабатываний на площади изображения (в км) значительно сократилось до 14-23%. Кроме того, согласно [13], комбинированное использование инфракрасных и ультразвуковых датчиков эффективно уменьшило шум и ошибки чтения, что привело к точной оценке диапазона при предотвращении столкновений.

4. Выводы

В данной статье успешно представлен обзор развития СОИПС, а также проблемы, с которыми сталкиваются исследователи. Предполагается, что усовершенствованная технология миниатюризации, такая как МЕМ и микроконтроллер, будет способствовать высокому исследованию встроенной сенсорной архитектуры системы СОИПС. Хотя на настоящий момент еще не решены некоторые проблемы, индустрия еще не развита, и растущие требования рынка для гражданского/коммерческого применения наверняка привлекут крупные компании и отрасли для финансирования исследований СОИПС и тем самым ускорят развитие технологий.

Список источников

- [1] Ballve M 2015 The Drones Report: Market Forecasts, Regulatory Barriers, Top Vendors, And Leading Commercial Application
- [2] Lin Y and Saripalli S 2013 American Helicopter Society 69th Annual Forum (Arizona)
- [3] Alexopoulos A, Kandil A, Orzchowski P and Badreddin E 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (Manchester) p1969-1974
- [4] Patel A and Winberg S 2011 IEEE Africon (Livingstone)
- [5] Cornic P, Garrec P, Kemkemian S and Ratton L 2011 IEEE Aerospace Conference (Montana) p1-14
- [6] Muraru A 2010 INCAS Bulletin 2 133-41
- [7] Recchia G, Fasano G, Accardo D and Moccia A 2006 IEEE Aerospace Conference (Montana) p1-9
- [8] Kim J and Kwag Y K 2014 10th European Conference on Synthetic Aperture Radar (Berlin) p632-633.
- [9] Yin J, Cui B and Wang Y 2010 Chinese Journal of Electronics 19 752-6
- [10] Tin F E 2015 Understanding the Sense and Avoid Challenge EagleView Technologies, Inc.
- [11] Ramasamy S and Sabatini R 2015 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (Denver) p765-73
- [12] Fasano G, Accardo D, Tirri A E, Moccia A and DeLellis E 2015 Aerospace Science and Technology 46 436-50
- [13] Rambabu R, Bahiki M R and Ali S A 2015 Jurnal Teknologi 76 89-93