

Фетисов Владимир Станиславович, Артемьев Анатолий Евгеньевич

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ВИДЕОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СИСТЕМАХ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В статье описана концепция построения системы локального позиционирования беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа, которая состоит в организации сети распределенных в пространстве неподвижных следящих устройств - анкерных, каждый из которых содержит в себе видеокамеру и приемопередающий радиомодуль. Все анкерные связаны с наземной диспетчерской станцией, выполняющей комплексирование полученной информации. Для обеспечения максимальной надежности вычисления координат, кроме информации о дисперсиях измерения координат, учитывается информация о некондиционности текущих отсчетов, которые исключаются из рассмотрения. Представлена сравнительная характеристика альтернативных методов получения информации о координатах БПЛА с помощью видео- и радиотехнических средств.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2016/10/25.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2016. № 10 (112). С. 91-95. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2016/10/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 681.518.3:629.735.7

Технические науки

В статье описана концепция построения системы локального позиционирования беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа, которая состоит в организации сети распределенных в пространстве неподвижных следящих устройств – анкеров, каждый из которых содержит в себе видеокамеру и приемопередающий радиомодуль. Все анкеры связаны с наземной диспетчерской станцией, выполняющей комплексирование полученной информации. Для обеспечения максимальной надежности вычисления координат, кроме информации о дисперсиях измерения координат, учитывается информация о некондиционности текущих отсчетов, которые исключаются из рассмотрения. Представлена сравнительная характеристика альтернативных методов получения информации о координатах БПЛА с помощью видео- и радиотехнических средств.

Ключевые слова и фразы: беспилотный летательный аппарат; локальное позиционирование; видеотрекинг; RTLS-система; комплексирование.

Фетисов Владимир Станиславович, д.т.н., профессор

Артемьев Анатолий Евгеньевич

Уфимский государственный авиационный технический университет

fet777@rambler.ru

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ВИДЕОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СИСТЕМАХ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Введение

Комплексирование сигналов независимых датчиков полетных параметров является хорошо известным средством повышения точности и надежности навигационных измерений в авиации [2]. Это относится и к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА). Для того чтобы БПЛА мог успешно выполнять свою задачу, необходимо непрерывно получать точную информацию о его местоположении. Локальное позиционирование малоразмерных БПЛА в силу специфики принципа действия, конструкций и выполняемых задач имеет некоторые особенности:

- необходимость минимизации массогабаритных параметров оборудования, размещаемого на борту;
- необходимость периодической точной посадки на специальные площадки для выполнения дозаправки (подзарядки) [4];
- необходимость выполнения точных маневров в пределах ограниченного пространства, что повышает требования к точности измерения текущих координат аппарата;
- часто БПЛА работает не один, задачу выполняет сразу группа аппаратов, и отслеживать необходимо одновременно каждый из них.

Вышесказанному удовлетворяет такая концепция построения системы локального позиционирования, в которой предполагается минимум аппаратной части на бортах БПЛА, а сосредоточение ее на земле на площади их функционирования. При этом сами БПЛА могут быть стандартными и относительно дешевыми, их включение в систему требует минимальных доработок. Отслеживающие БПЛА наземные устройства могут быть различными по принципу действия: это могут быть видеокамеры, сети радиотрансиверов, сонары, оптические (в том числе лазерные) дальномеры, инерциальные навигационные устройства, барометрические высотомеры, а также приемники спутниковых сигналов, работающие в системах глобального позиционирования.

Типичные применения БПЛА, для которых вполне применима указанная концепция построения системы, довольно многочисленны. Примерами могут быть:

- выполнение сельхозработ на плантациях (распыление химреактивов, посадка семян и т.д.) с периодическим заходом на спецплощадку для дозаправки и подзарядки;
- выполнение вспомогательных работ в строительстве;
- участие БПЛА в рекламных акциях, в том числе внутри помещений.

Отслеживание положения объекта внутри помещений имеет свою специфику, связанную, в частности, с наличием экранов и переотражателей. Этой теме в последнее время посвящается множество работ [6; 12].

Осложняющими факторами при отслеживании положения БПЛА являются возможные изменения метеоусловий (туман, снегопад и т.п.), ухудшающие видимость, случайные нарушения прямой видимости БПЛА из-за случайных перекрывающих объектов, прямая солнечная засветка или появление бликов, экранирование сигналов внутри помещений или ангаров, куда возможно аппаратам требуется залетать для обслуживания (что делает использование систем глобального позиционирования, таких как GPS или ГЛОНАСС, невозможным).

Комплексирование видеотехнических и радиотехнических средств локального позиционирования представляется наиболее разумным, так как при этом можно обеспечить не только снижение уровня погрешностей определения координат БПЛА, но и добиться повышения помехоустойчивости системы, так как указанные принципы действия отслеживающих устройств во многих случаях дополняют или заменяют друг друга.

Проанализируем различные альтернативные варианты применения указанных средств в системе локального позиционирования БПЛА. Рассматриваются преимущественно БПЛА вертолетного типа, так как они в наибольшей степени приспособлены для выполнения задач на небольших ограниченных территориях.

1. Видеотехнические средства

Для отслеживания положения БПЛА могут применяться наземные видеокамеры. Для определения положения аппарата в трехмерном пространстве необходимо как минимум 2 камеры. Для большинства применений БПЛА вполне достаточно недорогих камер с разрешением 640x480 пикселей и скоростью съемки 30 кадров/с. Качество определения координат объекта во многом зависит от программного обеспечения.

На мировом рынке имеется множество программных и программно-аппаратных комплексов для видеотрекинга. Наиболее известным является комплекс американской фирмы *Vicon* [10]. Ее программный продукт *Tracker* ориентирован на применение внутри помещений с использованием множества распределенных камер. С помощью системы *Vicon* во всем мире сделано много разработок и проведены интересные исследования по управлению малыми БПЛА [8; 11]. В состав системы *Vicon* входят несколько камер, устанавливаемых обычно по периметру контролируемого пространства, компьютер видеообработки, управляющий компьютер, интерфейсные модули и стандартные пульты-радиопередатчики для управления мобильными объектами, на которые установлены специальные световые маркеры (Рис. 1).

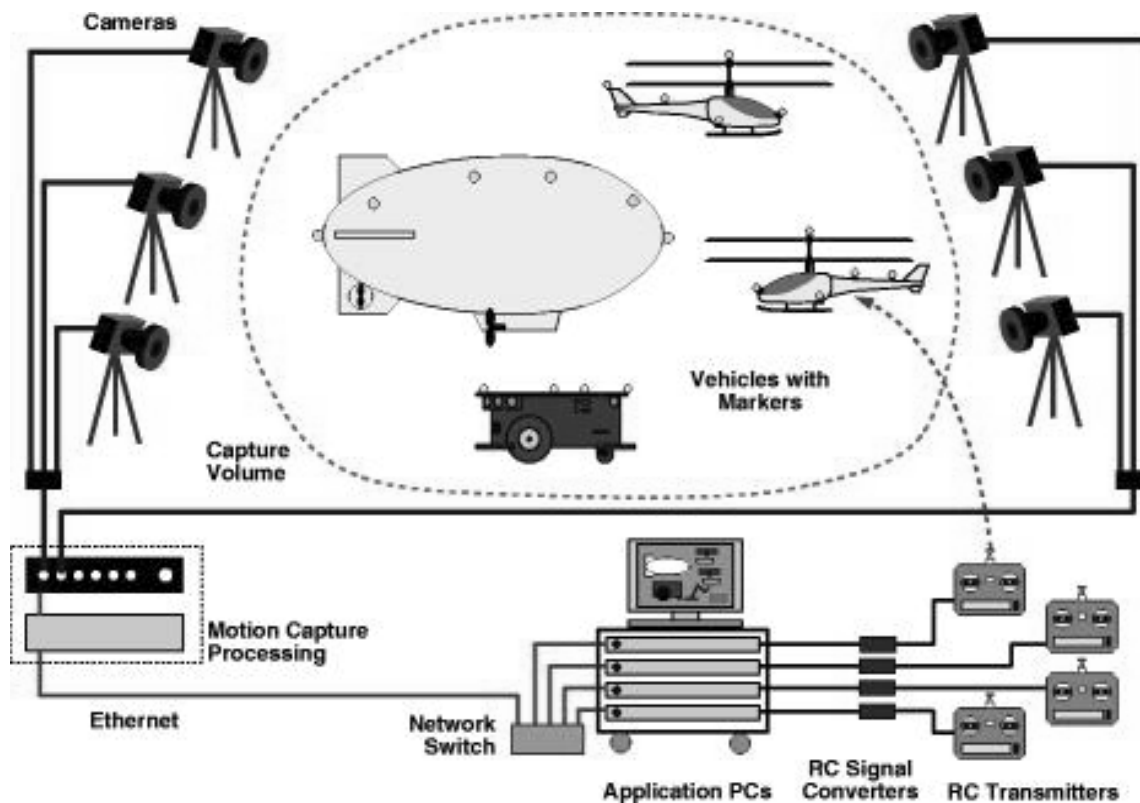


Рис. 1. Состав системы *Vicon* для задач управления группой беспилотных мобильных объектов

Точность определения расположения объекта в пространстве зависит от количества камер: чем их больше, тем точнее и надежнее отслеживание.

Точность и надежность видеотрекинга во многом зависят и от применяемого алгоритма трекинга. Методы видеотрекинга условно можно разбить на 2 большие группы: точечные и объектные [3].

Суть точечных методов заключается в выделении на первом кадре точки отслеживания. Вокруг точки строится некоторая окрестность (чаще всего квадрат или круг). На последующих кадрах находятся наиболее похожие окрестности в области вокруг исходной окрестности. Центр найденной наиболее похожей окрестности становится точкой отслеживания для следующего кадра и т.д. Множество различных алгоритмов этой группы отличаются друг от друга выбором критерия схожести окрестностей и метода его оптимизации, а также способом определения области поиска [7]. Сбои в отслеживании могут возникать из-за резких изменений освещения и фона, а также резких движений самого объекта. Установка пассивных или активных маркеров на объекте часто повышает надежность отслеживания, и, кроме того, появляется возможность определять ориентацию объекта в пространстве [5].

В объектных методах отслеживается покадровое смещение какого-либо геометрического примитива, соответствующего объекту, или контура этого объекта. В последнем случае методы называются контурными. Они обладают большим быстродействием и требуют меньших затрат оперативной памяти по сравнению с точечными методами. Что касается разрешающей способности, то контурные методы позволяют достичь т.н. субпиксельной точности, когда алгоритм позволяет различать смещения до значений порядка $0,01 \text{ pix}$ [13].

2. Радиотехнические средства

На сегодняшний день на мировом рынке радиотехнических систем локального позиционирования (RTLS – Real Time Location System) имеются следующие технологии, потенциально применимые для задач локального позиционирования БПЛА [9]:

1) **UWB** – это все радиочастотные технологии, у которых ширина полосы радиочастотного канала превышает 500 МГц. Базирующиеся на этой технологии RTLS-системы характеризуются высокой точностью определения местоположения. Главное преимущество технологии – способность сохранять эффективность в помещениях со сложной геометрией и большим количеством помех. Чем выше частота сигнала, тем больше точность, но тем меньше радиус действия.

Недостатки:

- малый радиус действия (до 40 м);
- сложная инфраструктура;
- возможная помеха для GPS.

2) **ZigBee** – стандарт для набора высокоуровневых протоколов связи, использующих небольшие, мало-мощные цифровые трансиверы, основанный на стандарте IEEE 802.15.4 для беспроводных персональных сетей. *ZigBee* предназначен для радиочастотных устройств, требующих гарантированной безопасной передачи данных при относительно небольших скоростях и возможности длительной работы сетевых устройств от автономных источников питания.

Преимущества:

- поддерживает как простые топологии сети («точка-точка», «дерево» и «звезда»), так и ячеистую (mesh) топологию с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений;
- простота развертывания, обслуживания и модернизации;
- способность к самоорганизации и самовосстановлению;
- низкое энергопотребление.

Недостаток:

- низкая скорость передачи данных.

3) **NFER (Near-Field Electromagnetic Ranging)** – относительно новая технология позиционирования, которая использует метки-передатчики и одно или несколько принимающих устройств. Технология основана на том, что сдвиг фаз между электрической и магнитной составляющими электромагнитного поля изменяется по мере удаления от излучающей антенны. Вблизи небольшой (относительно длины волны) антенны электрическая и магнитная составляющие поля радиоволны сдвинуты по фазе на 90 градусов. При увеличении расстояния от антенны эта разница уменьшается. Для обеспечения достаточно большого диапазона измерения необходимо использовать относительно низкие частоты: обычно от 1 МГц (длина волны 300 м, оптимальная дистанция до 150 м).

Недостатки:

- относительно низкая эффективность антенны;
- несогласованность антенны требует увеличения мощности передатчика и ведет к относительно большому габаритам и весу меток.

4) **NanoLOC** – это технология компании *Nanotron*, позволяющая определять расстояние между приемопередатчиками. Погрешность в определении расстояния – 1-2 метра, что позволяет определять, где находится приемопередатчик по отношению к другим таким же приемопередатчикам. Если необходимо определение в трехмерной системе координат, понадобятся четыре (и более) передатчика *NanoLOC* с известными координатами.

Преимущества:

- возможность работы в нелицензируемых диапазонах при мощности до 100 мВт;
- используемые методы определения местоположения обеспечивают возможность локализации объектов за пределами периметра зоны обслуживания со снижением точности;
- автокорреляционные свойства сигнала делают технологию устойчивой к внешним помехам.

Недостатки:

- ограничения по количеству устройств в сегменте;
- проприетарная технология.

Ниже представлена сводная таблица по указанным радиочастотным технологиям.

Наиболее перспективными из радиочастотных технологий для применения в качестве средства отслеживания координат БПЛА в ближней зоне (до 500 м) стоит признать технологии *UWB* (для небольших радиусов охвата) и *NanoLOC*.

Таблица 1.

**Сравнительная характеристика радиочастотных технологий,
пригодных для позиционирования БПЛА**

	UWB	ZigBee	NFER	NanoLOC
Диапазон рабочих частот	3-10 ГГц	868 МГц, 915 МГц, 2,4 ГГц	до 30 МГц	2,4 ГГц
Используемые методы позиционирования*	TDoA, ToF	RSS, TDoA, ToF	-	RSS, TDoA, ToF
Погрешность позиционирования	до 0,1 м	до 2 м	до 1 м	до 1 м
Зона охвата	до 40 м	до 300 м	до 70 м	до 900 м
Пропускная способность	до 480 Мбит/с	до 250 Кбит/с	-	до 2 Мбит/с
Стоимость оборудования	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя
Стоимость монтажа и обслуживания	Выше средней	Низкая	Выше средней	Ближе к низкой

* Возможные методы:

RSS (Received Signal Strength) – расстояние до объекта оценивается по мощности (уровню) сигнала.

ToF (Time of Flight) – измерение времени прохождения сигнала от опорной станции до мобильного объекта и обратно.

TDoA (Time Difference of Arrival) – производится измерение разницы времени прихода сигнала от мобильного объекта до нескольких опорных станций. Требуется строгая синхронизация времени на опорных станциях.

**3. Особенности предлагаемой системы комплексирования
видео- и радиотехнических средств позиционирования БПЛА**

Основы структуры и функционирования предлагаемой авторами системы сводятся к следующему.

1. В операционном пространстве БПЛА располагают несколько опорных узлов (анкеров) с известными координатами. Каждый анкер включает в себя приемопередающий радиотехнический узел и видеокамеру с модулем обработки видеoinформации. Все анкеры связаны с диспетчерским компьютером, который выводит управляющие сигналы на стандартный пульт радиоуправления. На БПЛА установлены радиопередающий модуль, обменивающийся информацией с анкерами, и пассивные или активные маркеры для облегчения видеотрекинга.

2. В алгоритм работы системы заложены обычные в таких случаях процедуры фильтрации с использованием фильтра Калмана. Результирующие значения координат вычисляются в виде взвешенной суммы видео- и радиотехнических измерений, где весовые коэффициенты обратно пропорциональны дисперсиям оценок координат [1].

3. В программное обеспечение модуля обработки видеoinформации кроме процедуры видеотрекинга входит также процедура обнаружения некондиционности кадра, которая распознает такие ситуации как перекрытие БПЛА посторонним объектом или потеря изображения маркера вследствие наличия мутной рассеивающей среды (туман, дым, снег). Аналогичная процедура обнаружения критической радиопомехи есть и в обработчике радиотехнической информации. В любом случае некондиционность видео- или радиотехнической информации приводит к изменению режима комплексирования результата.

Заключение

Предложение авторов сводится к такому построению системы локального позиционирования, при котором производится комплексирование сигналов от распределенных в пространстве совмещенных анкерных, каждый из которых включает в себя видео- и радиотехнический модули. Для максимальной эффективности комплексирования необходимо, кроме информации о дисперсиях измерения координат, учитывать информацию о некондиционности текущих отсчетов и вовремя исключать их из рассмотрения.

Сочетание видео- и радиотехнических средств позволит более эффективно выполнять задачи навигации на различных расстояниях. Позиционирование на основе простых систем машинного зрения наиболее эффективно на небольших расстояниях, подобные системы позволяют определять положение БПЛА относительно площадки взлета и посадки, выполнять задачи высокоточной навигации в пределах небольших пространств в радиусе порядка 10-50 м. Основным средством позиционирования БПЛА при большом удалении от следящих устройств (в радиусе от 100 м и далее) становятся радиотехнические средства, возможно в совокупности с бортовыми навигационными системами.

Комплексирование видеотехнических и радиотехнических средств позволяет одновременно не только снизить уровень погрешности измерений координат БПЛА и повысить их надежность, но и сохранить живучесть системы позиционирования в случае отказа одного из средства навигации.

Список литературы

1. Борисов Е. Г., Турецкий Л. С. Комплексирование координатной информации в бортовой многодатчиковой системе наблюдения // Информационно-управляющие системы. 2012. № 2. С. 67-73.
2. Иванов Ю. П., Синяков А. Н., Филатов И. В. Комплексирование информационно-измерительных устройств летательных аппаратов: учеб. пособие / под ред. В. А. Боднера. Л.: Машиностроение, 1984. 207 с.

3. Складенко М. С. Оценка точности методов трекинга для определения 2D-координат и скоростей механических систем по данным цифровой фотосъемки // Компьютерная оптика. 2015. Т. 39. № 1. С. 125-135.
4. Фетисов В. С., Ахмеров Ш. Р., Сизоненко Р. В., Красноперов Р. А. Наземные станции подзарядки электрических беспилотных летательных аппаратов на основе открытых контактных площадок // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2014. № 2. С. 44-53.
5. Ducard G., D'Andrea R. Autonomous Quadrotor Flight Using a Vision System and Accommodating Frames Misalignment // Proceedings of SIES '09 – IEEE International Symposium on Industrial Embedded Systems. Lausanne, 2009. P. 261-264.
6. Gu Y., Lo A., Niemegeers I. A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2009. Vol. 11. № 1. P. 13-32.
7. http://compression.ru/video/seminar/slides/2012_object_tracking_methods_review.pdf (дата обращения: 29.10.2016).
8. http://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/recherche/plates-formes.php?id_plateforme=79 (дата обращения: 29.10.2016).
9. <https://habrahabr.ru/company/rtl-service/blog/281837> (дата обращения: 12.10.2016).
10. <https://www.vicon.com/what-is-motion-capture> (дата обращения: 29.10.2016).
11. <https://www.youtube.com/watch?v=MvRTALJp8DM> (дата обращения: 29.10.2016).
12. Mautz R. Indoor Positioning Technologies: Ph.D. Thesis. Zürich, 2012. 36 p.
13. Shapiro L., Stochman G. Computer Vision. Prentice Hall, 2001. 608 p.

INTEGRATION OF RADIO AND VIDEO FACILITIES IN SYSTEMS OF LOCAL POSITIONING OF SMALL UNMANNED AERIAL VEHICLES

Fetisov Vladimir Stanislavovich, Doctor in Technical Sciences, Professor
Artem'ev Anatolii Evgen'evich
Ufa State Aviation Technical University
fet777@rambler.ru

The article describes the conception of constructing a local positioning system of unmanned aerial vehicles of the helicopter type, which consists in organization of a net of fixed follower arrangements – anchors – distributed in space, each comprising a video camera and a transceiving radio-module. All anchors are connected to the ground dispatching station performing integration of received information. To ensure maximum reliability of coordinates calculation, apart from information on dispersion of coordinate measuring, information about defects in current samples, which are excluded from consideration, is taken into account. The paper presents a comparative characteristic of alternative methods of obtaining information about UAV coordinates via video and radio equipment.

Key words and phrases: unmanned aerial vehicle; local positioning; video tracking; RTLS-system; integration.

УДК 342.25

Политология

Статья раскрывает содержание понятия «региональная политика», которое является одним из определяющих в вопросе об общесистемной государственной политике на современном этапе в рамках развития отдельных регионов. На примере Забайкальского края рассматриваются тенденции развития субъекта Российской Федерации через потенциальные ресурсы и управленческую деятельность органов государственной власти.

Ключевые слова и фразы: региональная политика; стратегия; конкуренция; субъекты Российской Федерации; развитие.

Шарова Татьяна Владимировна, к. соц. н.
Забайкальский государственный университет, г. Чита
sharova_59@list.ru

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНОГО РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ)

В настоящее время в ситуации коренного изменения существующей рыночной системы, продолжающегося реформирования экономики, суверенизации субъектов Российской Федерации одной из актуальных проблем является организация прозрачной, четкой и эффективной региональной политики. Значение четко выверенной региональной политики не раз подчеркивалось на самом высшем уровне и рассматривается как значимый фактор государственной безопасности Российской Федерации. Реализация региональной политики России предполагает принятие и осуществление федеральных целевых программ социально-экономического развития регионов, выполнение которых должно быть направлено на такие цели как повышение жизнеспособности хозяйства регионов, выравнивание уровня социально-экономического развития регионов, уровня жизни населения, оказание государственной помощи по миграционным, демографическим и др. проблемам, а также по обеспечению бездефицитности бюджетов субъектов России.