

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОПОЛОЖЕНИЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ГРУППЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

DETERMINATION OF POSITIONAL RELATIONSHIP OF SMALL UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE GROUP FOR THE CONSTRUCTION OF THE COMMUNICATION SYSTEM

*A. Gribanov
A. Efimov
I. Nelin*

Annotation

Purpose of work – to determine the unmanned aerial vehicles (UAV) positional relationship in the group. Objective – to develop a method for determining positional relationship UAVs without signals from external navigation systems. Knowing configuration group (swarm) in the transmission of information between the members of the group outside of their direct radiovision allows us to solve many challenges from the conducting search and scouting activities to the rapid deployment of communication lines between the two points. The structure of the group effect on the range of communication, information transmission speed and noise immunity.

Keywords: UAV, swarm of UAVs, passive navigation.

Грибанов Александр Сергеевич

*Ст.н.с., к.т.н., ФГБОУ ВО Московский
авиационный институт, НИУ*

Ефимов Андрей Геннадьевич

*Аспирант, ФГБОУ ВО Московский
авиационный институт, НИУ*

Нелин Игорь Владимирович

*К.т.н., ФГБОУ ВО Московский
авиационный институт, НИУ*

Аннотация

Цель работы – определение взаимоположения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в группе. Задача – разработка метода определения взаимоположения БПЛА без применения сигналов от внешних навигационных систем. Знание конфигурации группы (роя) при передаче информации между членами роя вне их прямой радиовидимости позволяет решать множество сложных задач от проведения поисковых и разведывательных мероприятий до быстрого развертывания линий связи между двумя точками. Структура роя влияет на дальность обеспечения связи, скорость передачи информации и помехоустойчивость.

Ключевые слова:

БПЛА, рой БПЛА, пассивная навигация.

При работе группы беспилотных летательных аппаратов на открытой местности положения в группе определяется с помощью малогабаритных приемников сигналов спутниковой радионавигационной системы (далее СРНС). При этом погрешность взаимоположения будет зависеть от параметров движения. Обеспечение устойчивой связи через последовательно размещенные ретрансляторы (на БПЛА) будет зависеть от точного направления передачи информации между элементами группы ретрансляторов.

Поэтому разработка независимого метода определения взаимного положения БПЛА актуальна.

Описание задачи

Управление роем БПЛА осуществляется централизованно по каналу радиосвязи. Это накладывает ограничения по дальности применения и заставляет принимать во

внимание человеческий фактор. Один из вариантов распределенного управления роем это управление с использованием искусственного интеллекта.

Для эффективной работы распределенного управления элементами роя воспользуемся методикой определения взаимоположения элементов роя.

Определить взаимоположение членов роя можно с помощью методов спутниковой навигации. В случае проблем в работе СРНС определение членов роя возможно с помощью радиолокационных методов и методов пассивной навигации.

Для определения взаимоположения двух членов роя относительно друг друга требуется найти азимут от первого на второго, расстояние между ними и угол прихода сигнала в трехмерной системе координат. Далее составляется карта роя по данным измерений от каждого БПЛА.

После нахождения относительных координат точные координаты определяют как для каждого аппарата в отдельности, так и только для одного опорного БПЛА. Выбор сводится к определению необходимости и возможности усложнения аппаратуры на каждом БПЛА.

В общем случае определение координат БПЛА может проводиться многими методами, но основным будет определение местоположения с помощью наземных маяков (опорных излучателей с точной координатной привязкой), либо по характерным точкам на местности, например середина моста или высокое здание.

Возможная реализация

Поскольку каждый БПЛА оборудован радиолинией для передачи данных, то можно использовать кодовую структуру CDMA, её несущую частоту для определения требуемых параметров.

Важной особенностью является то, что БПЛА фактически осуществляет пассивный поиск других членов роя, в то время как каждый БПЛА излучает в окружающее пространство информационный сигнал. Это позволяет избежать использования сложных радиолокационных станций и позволяет строить сложную систему роя.

Нахождение координат источника сигнала

Определение точной дальности между двумя членами роя возможно, основываясь на предположении о синхронности бортовых шкал времени и источников опорной частоты. Синхронность бортовых шкал времени определяется синхронизацией шкал перед запуском роя или непосредственно при запуске, когда расстояние между членами роя очень мало.

Со временем корреляционная ошибка по времени между генераторами на БПЛА будет расти, и этот фактор ограничивает время максимальной автономной работы без изменения параметров, либо потребует синхронизации роя в процессе его работы.

При реализации метода необходимо найти положение источника сигнала относительно своего местоположения, поэтому задача решается разностно-дальномерным методом (РДМ). Суть метода заключается в определении расстояния между приемно-передающими позициями, после чего геометрическими методами вычисляются требуемые параметры.

Дальностей между двумя БПЛА может быть найдена как:

$$R = c \cdot t \quad (1)$$

где

R – расстояние между двумя БПЛА;
 c – скорость распространения света;
 t – время от момента формирования сигнала до момента приема.

Погрешность измерения разности времени прихода (дальности):

$$\sigma_{\tau}^2 = \frac{\tau^2}{2 \cdot \Theta / N_0} \quad (2)$$

где Θ – энергия сигнала;
 τ – длительность импульса;
 N_0 – спектральная мощность шума.

Азимут от первого на второй БПЛА и от второго на третий БПЛА находятся согласно рис. 1 и формуле (4). Для упрощения вычислений используем вычисления по временам распространения сигналов, а не вычисляем дальности между БПЛА. Таким образом, мы устраняем ошибку при вычислении дальности.

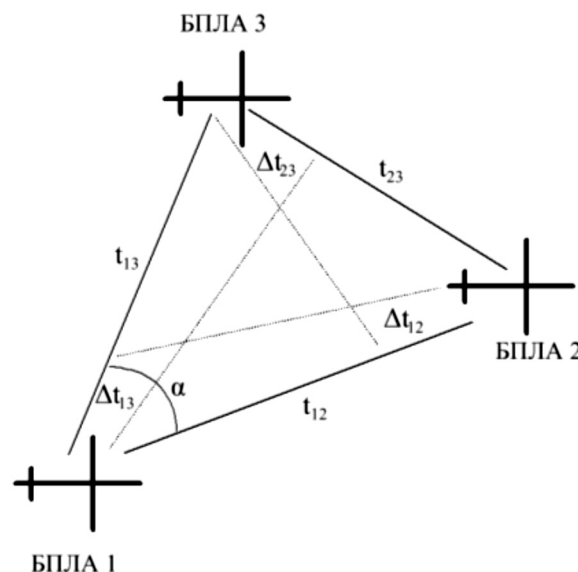


Рисунок 1. Способ определения взаимоположения БПЛА разностно-дальномерным методом.

Периметр треугольника равен:

$$P = \frac{1}{2} (t_{12} + t_{23} + t_{13}) \quad (3)$$

Тогда угол между направлениями от первого БПЛА на второй и третий БПЛА равен:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{P(P - \Delta t_{23})}{\Delta t_{12} \cdot \Delta t_{13}}} \quad (4)$$

Метод предполагает точное измерение времени распространения сигнала между парами БПЛА. Чем больше измерений, тем выше точность и меньше неоднозначность.

Решение получается неоднозначным. Устранение неоднозначности требует применения избирательных по направлению антенн. Каждая из антенн может состоять из нескольких антенных элементов, каждый из которых принимает сигнал с определенного направления. Для идентификации элементов роя и определения БПЛА от которого принят сигнал используется информация о кодовом или частотном разделении сигналов.

В случае кодового разделения (CDMA) сигнал второго БПЛА модулирован соответствующей кодовой последовательностью и посмещении кодовых последовательностей вычисляется разность расстояний. В случае частотного разделения каналов каждому БПЛА выделяется индивидуальная несущая частота. Трудность такого разделения заключается в том, что при работе системы в СВЧ диапазоне, на частотах в сотен гигагерц аппаратная реализация становится более трудоемкой, чем при кодовом разделении каналов.

При кодовом разделении меняется только кодовая последовательность в каждом канале, аппаратная же часть не меняет от канала к каналу.

При частотном разделении каналов потребуется пе-

рестройка генератора на передающем БПЛА, перестройка формирующих фильтров. На приемном БПЛА это повлечет усложнение приемного (аналогового) тракта.

Поскольку современный уровень вычислительных устройств позволяет обрабатывать большие объемы информации, то усложнение программной части становится менее трудоемким, чем усложнение аппаратной части в СВЧ области.

Неоднозначность измерений устраняется системной избыточностью: увеличением числа разнесенных приемников.

Выводы

Группа БПЛА с известной структурой построения группы может служить высокоскоростной сетью передачи данных.

Использование CDMA позволяет упростить реализацию измерений взаимного положения БПЛА.

1. Дальность определяется распределением БПЛА в пространстве.

2. Скорость передачи информации определяется числом связей между элементами системы – БПЛА.

3. Помехоустойчивость обеспечивается структурной определенностью – динамической фиксацией взаимного положения БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибанов А.С., Сеченых А.М. Сетевые структуры для передачи информации. Системы и средства связи, телевидения и радиовещания, 2013, вып.1,2, с.91–93.
2. Грибанов А.С. Системы пассивной разведки. Успехи современной радиоэлектроники / №2 за 2014 г. / с. 43–49.
3. Грибанов А.С., Сеченых А.М. Система дальней связи. Материалы 16-й международной научно-технической конференции "Кибернетика и высокие технологии 21 века", 13–14 мая 2015 г., г. Воронеж с.154–159.

© А.С. Грибанов, А.Г. Ефимов, И.В. Нелин, (gribanov.a@inbox.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ БИЗНЕС-ОБРАЗОВАНИЯ

негосударственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Реклама

Традиции. Инновации. Успех!

МИБО