

Влияние маневра источника навигационной информации на точность оценки координат воздушного судна

В статье рассмотрены вопросы повышения точности оценки координат воздушного судна на основе многоуровневой организации обмена данными (МООД). Одним из перспективных направлений повышения точности оценки местоположения является маневрирование одного из взаимодействующих объектов относительно потребителя навигационной информации.

Анализ особенностей применения авиации показывает, что на различных театрах военных действий (в условиях горной местности и над морем) работа по высокоточным источникам навигационной информации становится невозможной. Отсутствие таких источников приводит к существенному снижению точности оценки местоположения (МП) воздушного судна (ВС), при этом требования к точности сохраняются. В таких ситуациях в качестве источников навигационной информации можно рассматривать взаимодействующие ВС одной тактической группы.

Для повышения точности оценки МП ВС целесообразно использовать комплексную систему навигации (КСН) в составе системы обмена данными (СОД), инерциальной навигационной системы (ИНС) и баровысотомера, построенную на основе синтеза алгоритмов навигационно-временных определений (НВО) методами статистической теории оптимальной фильтрации [1-3]. Оценка переменных вектора состояния подсистемы КСН формируется по критерию минимума среднеквадратического отклонения (СКО) случайной величины. В основе такого комплексирования, осуществляемого на уровне вторичной обработки навигационной информации, лежит избыточность информации о дальностях между взаимодействующими объектами – ВС и навигационными опорными точками (НОТ) [1].

Один из возможных способов повышения точности оценки местоположения ВС состоит в многоуровневой организации обмена данными (МООД), основанной на использовании в навигационном фильтре потребителя измерений псевдодальностей до источников информации (ИИ), имеющих более высокую точность оценки местоположения и учете статистических характеристик (дисперсий) погрешностей ИИ при формировании коэффициента усиления децентрализованного фильтра.

Реализация МООД в КСН при групповом применении авиации строилась для следующей конфигурации: используются три воздушных судна и две НОТ. Допустим, что два ВС из трех имеют возможность постоянно использовать обе НОТ, МП которых известно и определяется без погрешностей назовем их первичными потребителями (ПП1 и ПП2), а третье ВС использует ПП1 и ПП2 в качестве подвижных ИИ, МП которых оценивается с некоторой погрешностью, при этом НОТ для него недоступны. Такое ВС назовем вторичным потребителем (ВП). При этом рассмотрим случай, когда ПП и ВП выполняют полет на одной высоте, параллельными курсами и одинаковыми скоростями.

При такой реализации МООД в КСН точность оценки координат ПП1 и ПП2 при работе по двум НОТ составляет первые единицы метров.

ВП использует ПП1 и ПП2 в качестве ИИ, причем погрешности оценки МП обоих ПП учитываются в навигационном фильтре ВП передаваемыми рангами точности навигационно-временных определений (НВО). Точность оценки местоположения ВП (2σ) при реализации МООД в КСН составляет порядка 860 м за 10 минутный интервал наблюдения.

Полученный результат не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к современным навигационным комплексам при решении большинства задач навигации, однако в ситуациях, связанных с невозможностью использования всеми ВС группы достаточного количества НОТ, целесообразно использовать децентрализованный алгоритм обработки навигационной информации при реализации МООД в КСН.

Известно, что повышение точности НВО потребителя возможно при улучшении геометрии взаимного расположения взаимодействующих объектов. Реализация такого подхода возможна в условиях маневрирования одного из ПП, направленного на улучшение геометрии группы, относительно потребителя навигационной информации.

Секция 10. Мониторинг окружающей среды

Под маневром будем понимать изменение ВС направления полета в горизонтальной плоскости (истинного курса), либо изменение скорости полета, приводящее к изменению положения линии визирования на источник информации (ПП) в локальной системе координат, выбранной для решения навигационной задачи.

Анализ исследований точности оценки плоскостных координат ВП проведен для следующих условий: маневр ПП2 осуществляется с угловой скоростью линии визирования $\Delta=3$ °/с, который начинается на 200-й секунде полета и не прекращается до конца интервала наблюдения (500-ая секунда полета). Из полученных результатов следует, что точность оценки координат ВП повышается со 860 до $45\div 50$ м.

При единых параметрах выполнении полета взаимодействующими объектами (одинаковые скорости, курс и высота) взаимные дальности между ПП и ВП в отсутствии маневра есть величины постоянные. Существенный выигрыш в точности более чем на порядок достигается за счет того, что в условиях маневрирования ПП2 на каждом интервале оценивания текущих координат ВП взаимные дальности между объектами получают дополнительные приращения т.е. повышается избыточность навигационной информации.

Результаты исследований точности оценки плоскостных координат ВП при выполнении маневра ПП1, который характеризуется приращением в скорости 20 м/с показывают, что точность оценки координат ВП повышается со 860 до $15\div 20$ м.

Данная картина наблюдается при выполнении маневра направленного на улучшение геометрии взаимного расположения взаимодействующих объектов.

Необходимо отметить, что в ходе работы были получены и отрицательные результаты исследований влияния маневра ПП1 и ПП2 на точность оценки местоположения ВП, когда геометрия взаимного расположения взаимодействующих объектов была неоптимальной или траектории ПП сближались.

Таким образом, повышение точности оценки МП ВП возможно за счет маневра ПП, причем направленного только на улучшение геометрии взаимного расположения объектов, а наилучшие результаты достигаются при расположении данных объектов, когда ВП находится в центре пересечения линий положения, а угол образованный ими составляет 90 градусов.

Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что маневр по скорости ПП1 имеет более высокие показатели точности оценки местоположения ВП по сравнению с маневрированием по курсу ПП2, при этом относительный выигрыш в точности оценки текущих координат ВП составляет три раза, а по отношению к точности ИНС – более чем на порядок.

Таким образом, маневрирование ПП позволяет существенно повысить точность оценки текущих координат ВП, а при определенных условиях – добиться высокой точности НВО, которая составляет первые десятки метров.

Литература

1. Скрыпник О.Н., Ерохин В.В. Анализ влияния взаимного расположения подвижных объектов на точность определения координат. Научный вестник МГТУ ГА №139(2), 2009 г. С.12.
2. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991. 608 с.
3. Ярлыков М.С., Миронов М.А. Марковская теория оценивания случайных процессов. М.: Радио и связь, 1993. 464 с.