

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ В ВИДЕОКОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Алпатов Б.А., Балашов О.Е., Степашкин А.И.

Рязанская государственная радиотехническая академия

Значительный интерес в последние годы представляют вопросы построения видеокомпьютерных систем сопровождения объектов (ВКСС) [1]. При этом одной из актуальных задач до настоящего времени остается задача повышения точности слежения за подвижными объектами при высоких скоростях и ускорениях изменения направления на объект, обусловленных в основном наличием качки носителя следящей системы. Задача сопровождения объектов усложняется возможностью временного пропадания информации об отслеживаемом объекте в результате закрытия его различными фоновыми образованиями. В данном докладе рассматривается один из возможных путей прогнозирования управления приводами следящей системы, направленного на увеличение точности прогноза, используемого как при нормальной работе системы [1], так и при пропадании информации об объекте. Укрупненная функциональная схема видеокомпьютерной системы сопровождения объектов показана на рисунке 1, включающем видеокомпьютерное устройство (ВКУ) и приводы управления движением платформы с видеодатчиком (ВД).

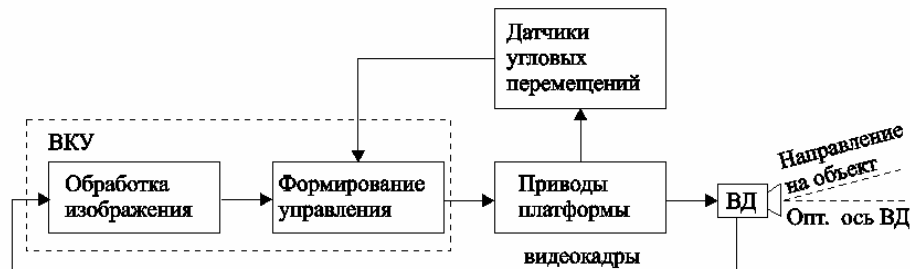


Рисунок 1 – Функциональная схема ВКСС

Ниже рассматривается случай когда платформа с видеодатчиком, закрепленная в двухосном или трехосном карданном подвесе, установлена на подвижном носителе (корабле, летательном аппарате, наземном передвижном носителе и т.п.). При отсутствии управления на приводы платформы последняя вместе с носителем подвержена угловым колебаниям, определяемым такими понятиями, как крен, тангаж, рыскание [2], имеющими место при маневрировании носителя платформы, волнении на воде в случае надводного носителя, изменении состояния воздушных потоков в случае летательных аппаратов, неровности поверхности земли для наземных носителей. Вызываемые перечисленными факторами угловые колебания могут иметь составляющие с частотами доходящими до 1...1,5 Гц. Наличие таких составляющих в угловой траектории направления на отслеживаемый объект практически делает невозможным проведение операции прогнозирования траектории на относительно длительные интервалы времени из-за большой погрешности такого прогноза. Положение усугубляется тем, что, как правило, платформа подвержена высокочастотным вибрациям, требующим применения статистического прогнозирования по достаточно длительным временным отрезкам траектории движения. Будем в дальнейшем считать, что движения в пространстве центров тяжести носителя платформы и отслеживаемого объекта определяют медленно меняющуюся составляющую траектории углового изменения направления на объект, т.е. маневрирование носителя и объекта отсутствует.

Рассмотрим три системы координат (рисунок 2). $O\xi\eta\zeta$ – неподвижно ориентированная относительно горизонта система координат. Точка O расположена в центре массы носителя платформы с ВД, оси ориентированы относительно некоторого начального положения носителя, причем плоскость $O\xi\eta$ параллельна плоскости горизонта. $OXYZ$ – неподвижная система координат относительно носителя с центром в точке O , расположение осей которой определяется расположением в пространстве строительных осей носителя. При отсутствии эволюций носителя система координат $OXYZ$ совпадает с $O\xi\eta\zeta$. Подвижная система координат $OUVW$ с центром в точке O привязана к платформе с ВД, ось OV совпадает с оптической осью видеодатчика.

Информацию об угловых положениях отслеживаемого объекта в системе координат $OUVW$ можно получить путем обработки изображения, формируемого видеодатчиком, на предмет определения отклонения центра объекта на изображении от центра изображения видеодатчика. На основе этой информации формируется управление приводами платформы в системе координат $OXYZ$. Рассмотрим направление на объект, например, по азимуту $\varphi(t)$, что не уменьшает общности суждений. В системе координат $O\xi\eta\zeta$ функция $\varphi(t)$ обычно имеет вид полинома степени $n = 1..2$ или тригонометрической функции, например, $\varphi(t) = \arctan(t)$. Управление приводами карданного подвеса осуществляется в системе координат $OXYZ$. При эволюциях носителя направление на объект по азимуту $\bar{\varphi}(t)$ в системе

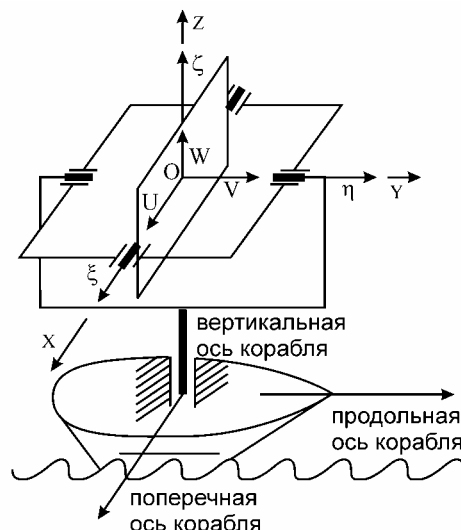


Рисунок 2 – Системы координат

координат $OXYZ$ будет отличаться от $\varphi(t)$ в системе координат $O\xi\eta\zeta$. Если причиной эволюций являются вибрации или качка, то направление на объект в системе координат $OXYZ$ будет носить колебательный характер. Такой характер изменения направления на объект уменьшает точность сопровождения объектов ВКСС по сравнению с режимом, когда отсутствуют эволюции носителя платформы с ВД.

Одним из возможных способов увеличения точности сопровождения может быть следующий многоэтапный подход. Производится пересчет угловых координат объекта в декартовы координаты системы координат $OUVW$. Затем путем использования информации от датчиков углов поворота карданного подвеса полученные координаты пересчитываются в систему $OXYZ$ применением линейного преобразования базисных векторов из одной системы координат в другую. На основе информации о параметрах качки носителя производится переход в систему координат $O\xi\eta\zeta$. Таким образом, получаемое направление на объект по азимуту будет описываться некоторой функцией $\varphi(t)$ с наложенной на нее высокочастотной преобразованной вибрационной составляющей. С учетом имеющего место в контуре управления значительного запаздывания τ (величина τ может достигать значения, равного времени между поступлением двух соседних кадров изображений с видеодатчика), обусловленного сложностью применяемых алгоритмов обработки изображений в ВКСС, решается задача статистического прогнозирования получаемой траектории в системе координат $O\xi\eta\zeta$ на величину τ . Затем полученный спрогнозированный отсчет траектории объекта пересчитывается из системы координат $O\xi\eta\zeta$ в систему координат носителя $OXYZ$ для расчета требуемых угловых перемещений рамок карданного подвеса, обрабатываемых следящими приводами рамок с использованием информации с датчиком углов поворота этих рамок относительно своих осей [1]. Введение блока прогноза позволяет увеличить точность слежения за объектом. В дополнение к этому возможно увеличение частоты квантования внутри следящего контура в несколько раз по отношению к частоте следования кадров изображений, что позволяет расширить полосу пропускания следящей системы, за счет прогнозирования координат объекта в промежуточные моменты времени. Расширение полосы пропускания следящего контура позволяет увеличить точность воспроизведения задающего воздействия.

Как отмечено ранее, в ВКСС по различным причинам возможно пропадание информации о положении объекта на изображении, что требует организации на время пропадания сигнала движения платформы с видеодатчиком по прогнозу. Прогнозирование направления на объект в системе координат $O\xi\eta\zeta$ осуществляется с большей точностью, так как координаты последовательности единичных векторов, определяющие угловую траекторию объекта свободны от составляющих колебаний, вызванных качкой носителя. Далее процедура вычисления задающих воздействий на следящие приводы карданного подвеса остается по сути такой же, что и описанная ранее.

Прогнозирование положения объекта в пространстве возможно и в системе координат $OXYZ$, однако при отсутствии информации в течении более чем один – два кадра изображения ВД, ошибка прогнозирования становится значительной и не позволяет осуществлять движение по прогнозу с приемлемой точностью. Большая ошибка прогнозирования обусловлена наличием эволюций носителя, определяемых в основном качкой последнего.

Как уже отмечалось, траектория объекта может содержать высокочастотную вибрационную составляющую. Вибрация отдельных частей носителя возникает обычно при наличии работающего

двигателя (машина, самолет), различных дисбалансах и технического несовершенства в устройствах крепления и подавления вибраций. Вибрации приводят к дополнительным ошибкам в слежении за объектом. Для компенсации подобных внешних воздействий на ВКСС возможно применение сглаживания координат объекта в системе координат $OXYZ$, однако это приведет к запаздыванию в слежении за маневрирующим объектом, что является недопустимым. Лучшим подходом для компенсации вибраций является рассмотренный выше подход формирования управляющих сигналов, то есть перевод формирования управления приводами карданного подвеса из системы координат $OXYZ$ в $O\xi\eta\zeta$. Следует при этом также учитывать то обстоятельство, что в системе координат $OXYZ$ возможно перекрытие частотных спектров составляющих качки и вибрации, что делает невозможным выполнение операции полного разделения этих двух составляющих, в то время как в системе $O\xi\eta\zeta$ возможно эффективное уменьшения влияния вибрации в случае, если траектория движения объекта при отсутствии качки и вибраций носит низкочастотный характер, то есть частотный спектр такой траектории объекта практически не пересекается со спектром высокочастотных вибраций.

Перевод координат из одной системы в другую осуществляется с помощью линейного преобразования базиса первой системы координат в базис второй системы, подобные преобразования осуществляются по формуле

$$Y = AX, \quad (1)$$

где X – базисный вектор первой системы координат, Y – базисный вектор системы в которую осуществляется переход, A – матрица линейного преобразования, составленная из направляющих косинусов одной системы координат относительно другой [2, 3]. Матрица A вычисляется с использованием информации от гироскопических датчиков углов крена, тангажа, рыскания носителя и датчиков углов поворота рамок карданного подвеса относительно своих осей. Прогнозирование координат объекта может осуществляться различными методами, описанными, например, в [4].

Литература

1. Алпатов Б.А., Балашов О.Е., Степашкин А.И. Управление приводами гиростабилизированной платформы в видеокомпьютерной системе сопровождения объектов // Вестник РГРТА. Рязань, 2003. №12 С. 38–41.
2. Бесекерский В.А., Фабрикант Е.А., Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. Л.: Судостроение, 1968. 352 с.
3. Математические основы теории автоматического регулирования / В.А. Иванов, В.С. Медведев, Б.К. Чемоданов, А.С. Ющенко. М.: Высшая школа, 1977. 518 с.
4. Коршунов Ю. М. и др. Расчет и проектирование цифровых сглаживающих и преобразующих устройств. М.: Энергия, 1976. 335 с.

