

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ РАБОТЫ ИНТЕГРИРОВАННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ

Кривошеев С.В., Потапенко В.А.
кафедра ЭВМ ДонГТУ
kryvossh@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Kryvosheyev S., Potapenko V. The approaches to simulation of activity of the integrated navigation system for inland ships. This paper presents structure of general blocks of the integrated navigation system and approaches of simulation design. The problems of the integrated navigation system simulation are described. The capacities of distributed simulation are formulated.

1. Введение

В настоящее время актуальна проблема разработки интегрированных навигационных систем (ИНС) различных транспортных и подвижных средств (самолеты, морские и речные суда, автомобили, мобильные роботы) на основе микропроцессорной техники. Благодаря применению ИНС снижаются энергозатраты, увеличивается уровень безопасности, уменьшается экологическая нагрузка на окружающую среду. В качестве примера, рассмотрим ИНС для речных судов. Описание одной из наиболее современных разработок ИНС такого типа приведено в [1, 14].

Разрабатываемая ИНС должна обеспечивать возможность интеграции в существующие действующие судовые системы автоматического управления.

В обобщенном виде принцип действия ИНС для речного судна можно представить следующим образом: априорная информация о характеристиках заданного участка местности, имеющаяся на борту (например, электронная карта местности), сравнивается с текущей информацией, поступающей от бортовых датчиков. В результате сравнения определяется истинное местоположение объекта и на основе полученных координат вырабатываются управляющие воздействия в блоке управления для исполнительных механизмов (руль и двигатель).

Типовая конфигурация ИНС приведена на рис.1. Она состоит из базы априорных знаний, блока определения истинного местоположения судна, блока оценки навигационной обстановки, блока визуализации и диалога с судоводителем, блока формирования управляющих воздействий для исполнительных механизмов.

Стандартный набор бортовых датчиков [21] можно разделить на датчики «образной» (радиолокационная станция – РЛС, лазерный сканер, видеокамера) и «необразной» (доплеровский лаг, гироскоп, приемники сигналов радионавигационных систем) информации. Эти датчики предоставляют в распоряжение данные, характеризующие навигационную обстановку вокруг судна и его курсовые параметры.

Априорные знания хранятся в форме баз знаний. Эти базы знаний включают в себя эталонное представление водного пути и участков местности, в окрестностях которой происходит навигация, математические модели участников движения, правила судовождения.

Блок оценки навигационной обстановки, блок управления судном и блок сравнения изображения от РЛС и электронной карты реализуются с помощью программного обеспечения бортового вычислительного комплекса. Таким образом, в бортовом компьютере происходит предварительная обработка информации, оценка навигационной обстановки, планирование траектории движения транспортного средства (в данном случае, судна внутреннего или смешанного плавания) и выработка управляющих воздействий, для обеспечения движения по заданной (рассчитанной) траектории.



Рис. 1 - Обобщенная конфигурация интегрированной навигационной системы

Для моделирования работы ИНС в целом, необходимо обеспечить моделирование процессов, происходящих в ее составных частях, синхронизировать их и обеспечить обмен необходимыми данными между процессами.

2. Моделирование процесса получения данных от бортовых датчиков

Как было упомянуто выше, бортовые датчики делятся на датчики «образной» и «необразной» информации.

Данные от датчиков «необразной» информации представляют из себя дискретные значения, получаемые через определенный интервал времени. Следовательно, для имитации работы источников такой информации требуется задавать значения (в виде массива значений или начальных условий) перед процессом моделирования, и в дальнейшем, при необходимости, корректировать их.

Генерация данных от датчиков «образной» информации производится на основе математических моделей участников движения, априорного знания в форме электронной карты участка местности, в районе которого происходит движение судна, статических и динамических характеристик датчика, свойств объектов облучения. Наиболее важной информацией, предоставляемой бортовыми датчиками, необходимой для функционирования ИНС является информация, поступающая от РЛС.

Таким образом, в состав системы моделирования должен входить блок генерации изображений от РЛС, который структурно можно представить следующим образом (рис. 2): модели участников движения, генератор помех, генератор отраженных лучей, электронная карта, компоновщик.

Модели участников движения (судов) и управляемого судна практически идентичны, за исключением того, что траектории прочих участников движения

задаются в начале этапа моделирования, и не могут корректироваться в процессе моделирования, а курс управляемого судна корректируется в процессе имитации управления судном. Структурная схема модели судна приведена на рис. 3. На блок «Курс судна» для управляемого судна возможно воздействие со стороны оператора.

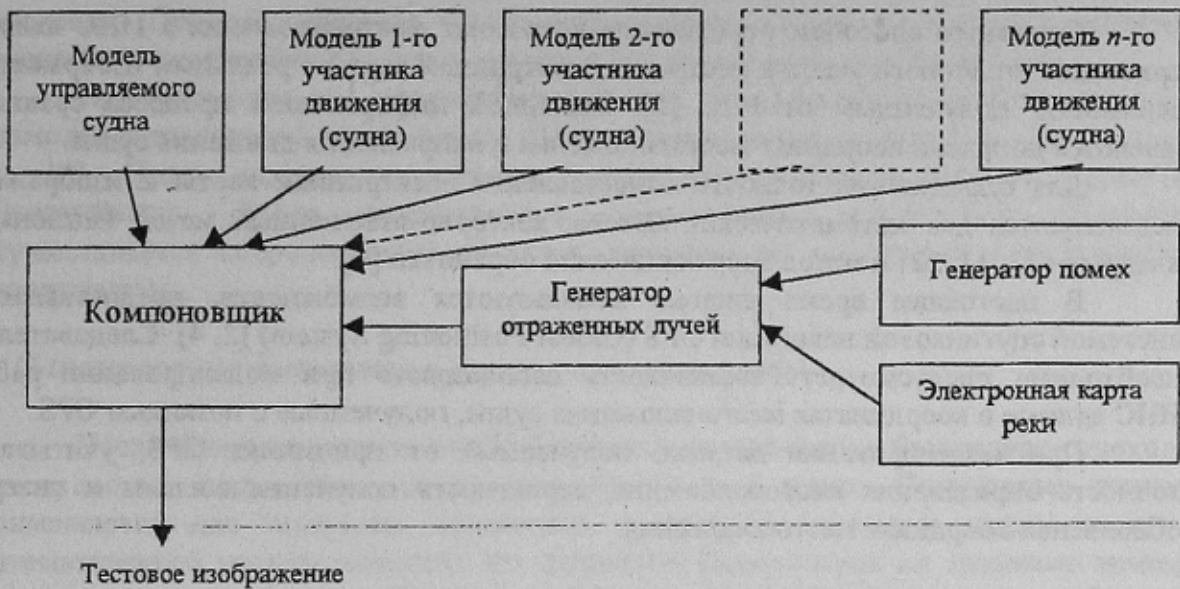


Рис. 2 - Структурная схема блока моделирования изображений от РЛС для ИНС

Для моделирования могут применяться математические модели описания динамики судна приведенные в [1, 9, 14, 17, 18, 19]. Основными переменными состояния судна являются угол курса и угловая скорость, а также координаты местоположения в абсолютной системе координат. Влияние течения реки и ветра на направление движения судна рассматриваются как стохастические процессы [1, 18].

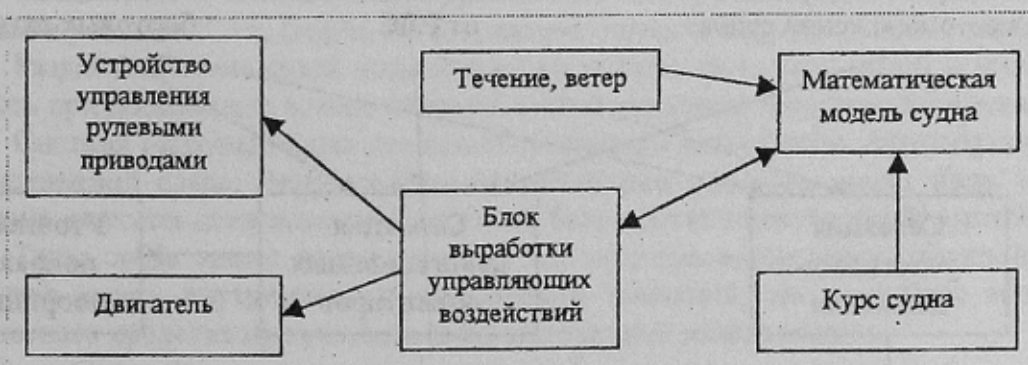


Рис. 3 - Модель судна

Генератор помех моделирует ошибки отраженного луча [8, 10], которые зависят от многих факторов, изменение характеристик РЛС, в зависимости от гидрометеорологической обстановки [16], влияние волнений, помех от РЛС участников движения.

Выходной информацией генератора отраженных лучей является изображение местности обзора, которая соответствует изображению от РЛС при полном отсутствии участников движения и полном обороте антенны.

3. Определение координат местоположения

Основным способом определения координат местоположения в ИНС является сравнение эталонного участка местности электронной карты с реальным изображением местности, полученным от РЛС [5]. Выходной информацией процесса сравнения являются поправки координат местоположения и направления движения судна.

Для определения точности сопоставления электронной карты и изображения используются два математических метода: векторно-взвешенный метод наименьших квадратов [3, 11, 22] и метод корреляционной обработки [7].

В настоящее время широко используются возможности, предоставляемые системой спутниковой навигации GPS (Global Positioning System) [2, 4]. Следовательно, необходимо предусмотреть возможность использовать при моделировании работы ИНС данные о координатах местоположения судна, полученные с помощью GPS.

При моделировании данных, получаемых от приемника GPS, учитывается точность определения местоположения, вероятность получения сигнала и интервал обновления координат местоположения.

4. Оценка навигационной обстановки

Процесс оценки навигационной обстановки включает в себя два основных процесса: слежение за участниками движения и выделение стационарных навигационных ориентиров (буй, вежа, бакен). Этот этап обработки информации представлен на рис. 4. Входной информацией для этого этапа являются поправки координат местоположения и измерения от навигационных приборов.

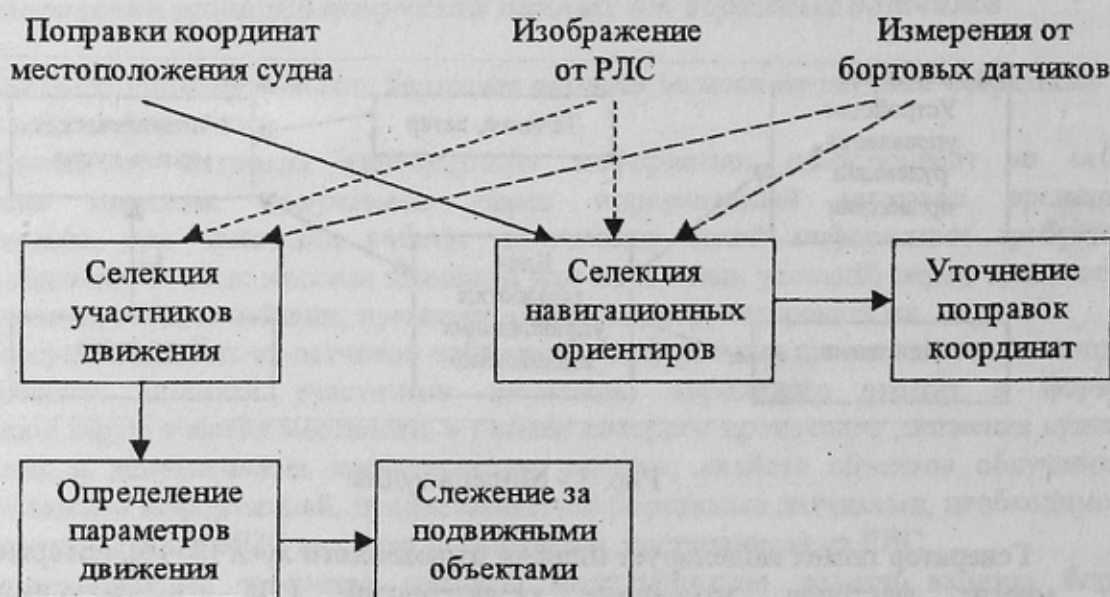


Рис. 4 - Элементы этапа оценки навигационной обстановки

Вследствие того, что на точность определения поправок и достоверность этих значений влияют условия навигации (например, уровень воды в реке, который может

изменяться в широких пределах), для увеличения точности определения координат местоположения судна применяется отдельный процесс сравнения - обнаружение стационарных объектов, которые представлены в электронной карте как ориентиры (например, радиобуй). Результатом этого сравнения также являются поправки для определения координат местоположения судна.

Для обеспечения безопасной навигации необходимо учитывать участников движения. Процесс слежения за объектами предполагает определение траекторий движения и автоматическое сопровождение без дополнительных измерений.

При обнаружении подвижного объекта происходит генерация нескольких возможных траекторий его движения. Для этого применяются подходы, приведенные в [1, 12]. После оценки полученных траекторий, наиболее близкие траектории объединяются. Затем определяются вероятности полученных траекторий, осуществляется сопровождение объектов движения по траектории с максимальной вероятностью.

5. Планирование движения и управление объектом

После оценки навигационной обстановки определяются безопасное судоходное пространство, ограничения возможных отклонений судна. Полученные значения применяются для генерации возможных траекторий движения судна на основе математической модели описания его динамики. Основываясь на заданные критерии оптимизации движения выбирается требуемая траектория движения. Величина управляющих воздействий обеспечивает удержание судна на заданной траектории.

Объектами управления являются руль и силовая энергетическая установка. Выходными параметрами объектов управления являются: угол отклонения пера руля и количество оборотов винта.

6. Инструментальные средства для разработки среды моделирования

Наиболее эффективный вариант реализации среды моделирования представляет собой комплексное использование различных инструментальных средств: языков программирования (C++, Delphi, Java) и математических пакетов (Matlab, MathCAD).

Разрабатываемая среда моделирования должна быть модульной и обеспечивать гибкость при добавлении нового оборудования и удалении «старого» оборудования.

Система моделирования должна обеспечивать способность функционирования в распределенной среде. Распределенными объектами при этом могут быть участники движения, спутник навигационной системы, база знаний с электронной картой.

Такая среда может использоваться для моделирования навигационной системы не только судов внутреннего и смешанного плаваний, но и любого подвижного технического средства при условии соответствующей модификации.

7. Заключение

Рассмотренные выше подходы к моделированию работы ИНС легли в основу разрабатываемой на кафедре ЭВМ среды моделирования, выполняемой в рамках договора о научном сотрудничестве с Институтом системной динамики и управления (ISR) Штуттгартского университета (Германия).

Литература

1. Gilles E.D., Neul R., Plocher T., und Kabatek U.: Ein integriertes Navigationsystems für Binnenschiffe. *Automatisierungstechnik* 38 (1990), S.202-209, 247-257.
2. <http://wwwhost.cc.utexas.edu/ftp/pub/grg/gcraft/notes/gps/gps.html>
3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М., Численные методы. М.: Наука, 1987
4. Wells D.E. et al. *Guide to GPS Positioning*. Canadian GPS Associates, Fredericton, NB, Canada, 1986.
5. Sandler M., Kabatek U. and Gilles E.D.: Application of an electronic chart in an integrated navigation system for inland ships, in: EURNAV 92(London, 1992) Royal Institute of Navigation and the German Institute of Navigation (DGON).
6. Справочник по теории автоматического управления. Под ред. А.А.Красовского. М.: Наука, 1987.
7. Бочкарев А.М. Корреляционно-экстремальные системы навигации. *Зарубежная радиоэлектроника* №9, 1981.
8. Справочник по радиоэлектронным системам. Под ред. Б.Х.Кривицкого. Т.2 М.: Энергия, 1979
9. Фрейдзон И.Р. Математическое моделирование судовых систем автоматического управления. Л.: Судостроение, 1969
10. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Л.: Физматгиз, 1962
11. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы М.: Советское радио, 1971
12. Plocher T., Gilles E.D. Rekursive Objektverfolgung in Bildsequenzen. *Automatisierungstechnik* 40 (1992).
13. Ржевкин В.А. Автономная навигация по картам местности. Корреляционно-экстремальные системы навигации. *Зарубежная радиоэлектроника* №9, 1981.
14. Sandler M., Wahl A., Zimmermann R., Faul M., Kabatek U. and Gilles E.D. Autonomous guidance of ships on waterways. *Robotics and Autonomous Systems* 18 (1996), p.327-335.
15. Навигация. Под ред. Ю.К. Баранова. СПб.: Лань, 1997.
16. Красюк Н.П. и др. Влияние тропосферы и подстилающей поверхности на работу РЛС. М.: радио и связь, 1988.
17. Управление судами и составами. Под ред. Н.Ф. Соларева. М.: Транспорт, 1983.
18. Першиц Р.Я. Управляемость и управление судном. Л.: Судостроение, 1983.
19. Nomoto T., Honda H. On Steering Qualities of Ships. *JSP*, 1957, №35, p.56-64.
20. Соболев Г.В. Управляемость корабля и автоматизация судовождения. (Гидродинамика криволинейного движения и регулирование курса). Л.: Судостроение, 1976.
21. Технические средства судовождения. М.: Транспорт, 1990.
22. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Л.: Физматгиз, 1962.