

ВОПРОСЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ СУДНА***Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы использования мобильных устройств в тренажерных системах в качестве визуализаторов динамики имитируемых управляемых объектов. Такой подход может дать начало развитию компактных тренажеров, разработка которых основана на идее о том, что мобильное устройство может служить, по сути, интерфейсом, заменяющим существующие громоздкие тренажеры. Общая схема системы, задающей тренажер в предлагаемом виде, включает три основные компоненты. Первая представляет собой компьютерную модель динамики исследуемого объекта управления. Вторая осуществляет передачу и прием данных об изменениях координат и скоростей объекта управления из компьютерной модели на внешнее устройство, обеспечивающее визуализацию динамики упомянутого объекта управления и обратно. Третья компонента непосредственно осуществляет указанную визуализацию, и в данной работе представлен мобильным устройством типа планшет/смартфон. В работе указываются основные применяемые технологии, предлагаемый подход иллюстрируется на примере имитации динамики морского судна. В результате работы реализована система, которая функционирует в двух режимах – автоматический, и режим ручного управления. В первом режиме предоставляется возможным задать необходимые параметры, во втором – управлять движением объекта сенсорными кнопками и наклонами устройства, при этом мобильное устройство служит источником управляющих воздействий, реализуемых благодаря точным датчикам, которыми оборудовано мобильное устройство.

Ключевые слова

Визуализация; динамика; объект управления.

Zhirenok D.A., Lepikhin T.A., Zhabko N.A.

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

ON SOME PROBLEMS OF VISUALIZATION FOR CONTROL OBJECT**Abstract**

The article deals with the issues of mobile devices using in simulator systems as visualizers of the dynamics of simulated controlled objects. Such approach can initiate the development of compact simulators, which are based on the main idea that a mobile device can serve, in fact, as an interface that replaces existing cumbersome simulators. The proposed form of general scheme of the simulator system includes three main components. The first is a computer model of the control object dynamics. The second component transmits and receives data on changes in coordinates and speeds of the control object from the computer model to an external device that provides visualization of the control object dynamics and back. The third component directly implements visualization, and in this work is presented by a mobile device such as a tablet/smartphone. The main used technologies are specified in the paper, the proposed approach is illustrated by the example of simulating of the marine vessel dynamics. As a result of work, the simulator system is implemented, which operates in two modes – automatic and manual control mode. In the first mode, it is possible to set the necessary parameters, and in the second mode it is possible to control the object movements by the touch buttons and slopes of the device, while the mobile device serves as a source of control effects realized by the exact sensors of mobile device.

* Труды II Международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии» (Convergent'2017), Москва, 24-26 ноября, 2017

Proceedings of the II International scientific conference "Convergent cognitive information technologies" (Convergent'2017), Moscow, Russia, November 24-26, 2017

Keywords

Visualization; control object; dynamics.

Введение

В век информационных технологий все более актуальными становятся переносимые устройства такие, как планшеты, смартфоны и мобильные телефоны. Такие устройства все больше и больше входят в нашу жизнь, однако, все еще есть громоздкие устройства, например, тренажерные системы, применяемые для тренировки пилотов самолетов, судов и прочих видов транспорта. Основная идея предлагаемого в статье похода заключается в применении мобильного устройства в качестве визуализатора динамики исследуемого объекта и, притом, в качестве управляющего воздействия. По сути, мобильное устройство может быть интерфейсом, заменяющим громоздкие тренажеры. Такой подход, по мнению авторов, может дать начало развитию тренажеров в менее громоздком виде.

Постановка задачи

Для лучшего понимания исследуемой проблематики и предлагаемого решения рассмотрим схематично компоненты, из которых состоит тренажерная система. Общая схема системы тренажера представлена на рис. 1.

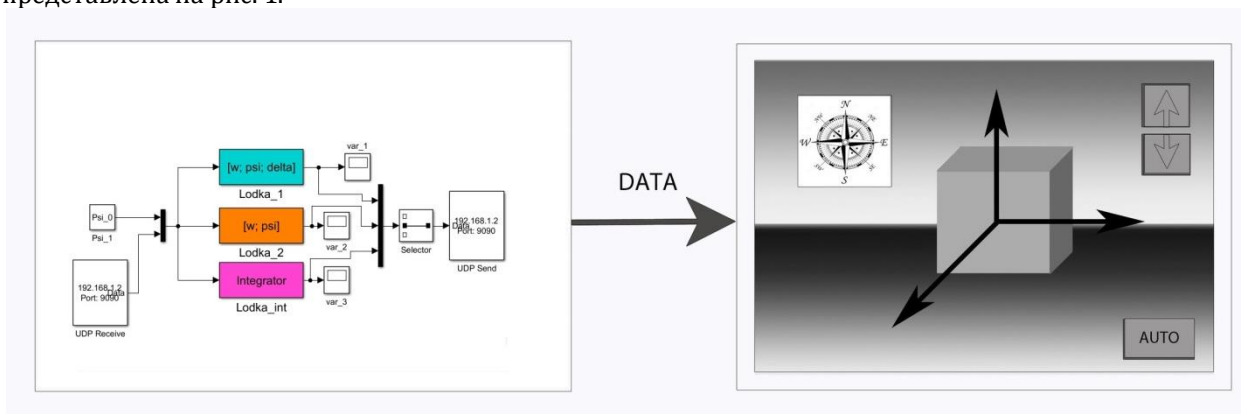


Рис. 4. Схема взаимодействия элементов тренажера в режиме визуализации

Несмотря на то, что на схеме, представленной на рис. 1 всего две части, тем не менее, условно, тренажерную систему можно разделить на три составляющие. Первая представляет собой компьютерную модель динамики исследуемого объекта управления, в частности судна. Схема компьютерной модели приведена на рис. 1 в левой части. Второй блок осуществляет передачу и прием данных об изменениях координат и скоростей объекта управления из компьютерной модели на внешнее устройство, обеспечивающее визуализацию динамики упомянутого объекта управления и обратно. Третий блок непосредственно осуществляет указанную визуализацию, и в данной работе представлен мобильным устройством типа планшет/смартфон.

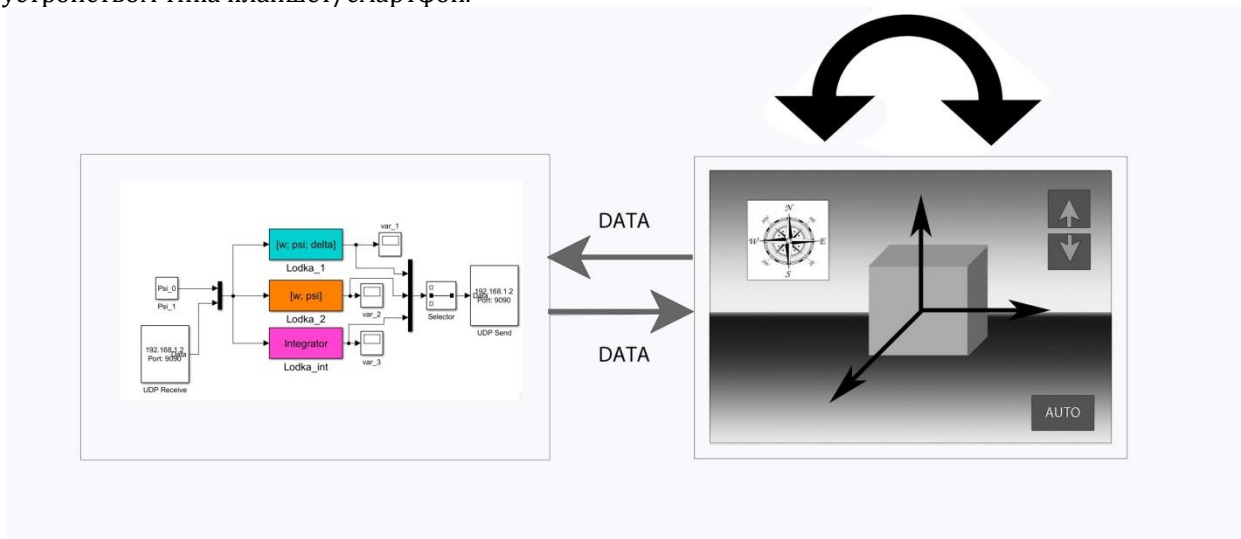


Рис. 5. Схема функционирования тренажерной системы в режиме ручного управления

Предполагается, что тренажерная система может функционировать в следующих двух режимах:

1. Динамическая модель объекта управления, представленная компьютерным эквивалентом, реализованным в пакете MATLAB/Simulink [1], показанная на рис. 1 (левая часть), производит необходимые вычисления и находит численные решения задач оптимального перехода объекта в заданное состояние. Затем через модуль передачи данных отправляет векторы изменения координат и скоростей в блок визуализации, который с помощью методов компьютерной графики представляет динамику исследуемого объекта в виде анимации в режиме условно реального времени.
2. Второй режим условно можно назвать «ручным управлением». Поскольку в этом режиме роль управления выполняет оператор за пультом, представленным мобильным устройством. В этом режиме происходит одновременная передача данных в обе стороны, как показано на рис. 2.

Модель судна

В качестве объекта управления рассматривается надводное судно. Математическая модель, описывающая динамику этого объекта управления, приведена системой дифференциальных уравнений (1).

$$\begin{aligned}\dot{\omega} &= a_{11}\omega + a_{12}\varphi + b\delta, \\ \dot{\varphi} &= \omega, \\ \dot{\delta} &= u,\end{aligned}\tag{1}$$

где ω – угловая скорость по курсу, φ – угол курса (рыскание), δ – отклонение кормовых горизонтальных рулей, u – управляющий сигнал на рули.

Наряду с уравнением объекта управления, рассматриваем уравнение регулятора в виде

$$u = k_1\omega + k_2(\varphi - \varphi_0) + k_3\delta\tag{2}$$

где $\varphi_0 = \text{const}$ – заданный командный сигнал по курсу.

Отдельно компьютерная модель описывает динамику судна и его стабилизацию по курсу. В такой модели можно задать необходимые параметры, синтезировать закон управления и посмотреть интересующие переходные процессы. В принципе средствами пакета MATLAB-Simulink можно с помощью функциональных блоков библиотеки «3D Animation toolbox» [2] сделать еще и визуализацию исследуемого объекта управления, однако сложность будет присутствовать в создании обратной связи. Поскольку управлять этим объектом с помощью какого-либо устройства ввода не получится, либо существенно затруднена реализация такой обратной связи.

Ввиду того, что в настоящем исследовании предлагается использование внешнего мобильного устройства, то необходимо наладить взаимодействие с таковым.

Кроме того, требуется понять какие сигналы достаточно отправлять во внешнюю сторону и какие необходимо принимать извне.

Исходя из математической модели объекта управления, в качестве сигналов, идущих вовне, имеет смысл рассматривать изменение курсового угла φ , изменение угловой скорости ω , рулей δ и управляющего сигнала u . В случае же ручного управления с мобильного устройства должен приходиться сигнал изменения рулей.

Блок обеспечения приема и передачи данных

Для формирования связи с внешним устройством в пакете MATLAB с подсистемой Simulink предусмотрены специальные блоки, осуществляющие передачу данных по выбранной технологии.

Ввиду того, что наиболее удобная технология обмена данными с мобильным устройством является беспроводная сеть, то в работе остановлен выбор на технологии Wi-Fi. Для ускорения передачи и приема данных выбран протокол UDP [3]. Кроме того, указанный протокол является еще и наиболее простым в реализации.

В пакете MATLAB, а именно в подсистеме Simulink есть библиотека с блоками для осуществления моделирования сетевых технологий. Соответственно, выбираем блок «UDP send» и «UDP receive» для отправки и приема данных соответственно. Затем настраиваем эти блоки в соответствии с выбранными настройками сетевого адреса, порта и скорости. После этого для успешного взаимодействия с внешним устройством необходимо настроить еще и прием и передачу данных на этом устройстве.

Внешнее мобильное устройство

Функциональную схему устройства визуализации можно представить следующим образом:

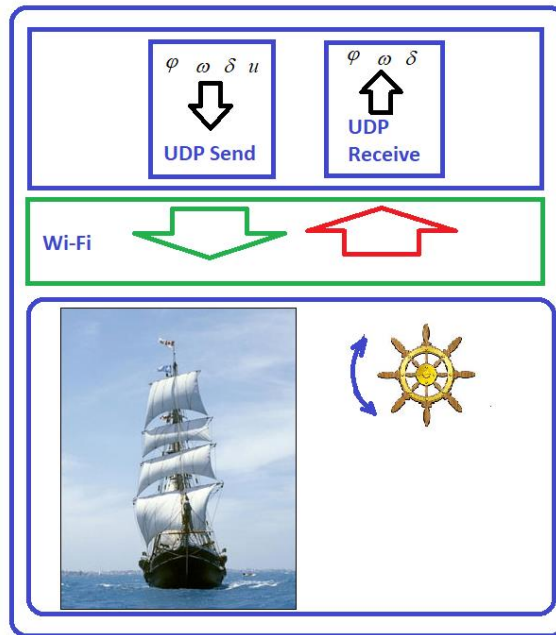


Рис. 6. Функциональная схема взаимодействия и мобильного устройства

Мобильное устройство, обеспечивающее визуализацию динамики объекта управления, функционирует в двух режимах:

- визуализация движения судна согласно динамическим характеристикам, передаваемым в режиме условно реального времени с моделирующего блока;
- режим ручного управления.

В первом режиме осуществляется прием данных с моделирующего устройства, распознавание и применение этих данных для движения графического объекта в соответствующих плоскостях, как показано на рис. 4.

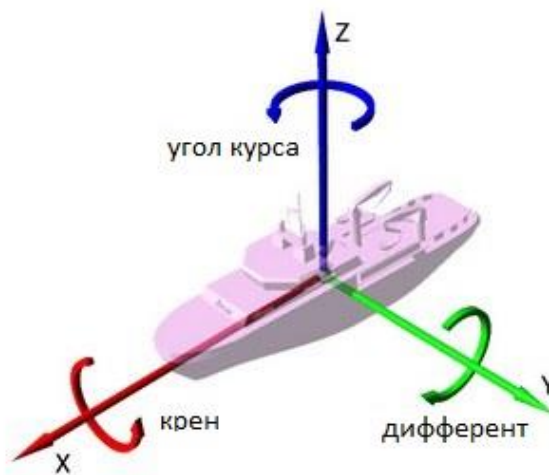


Рис. 7. Графический объект управления

Второй режим, а именно режим ручного управления подразумевает использование мобильного устройства в качестве источника управляющих воздействий. Управление судном, используя мобильное устройство, может быть осуществлено также в двух вариантах:

- 1) управление сенсорными кнопками;
- 2) управление посредством наклона мобильного устройства в соответствующих плоскостях, как показано на рис. 5.

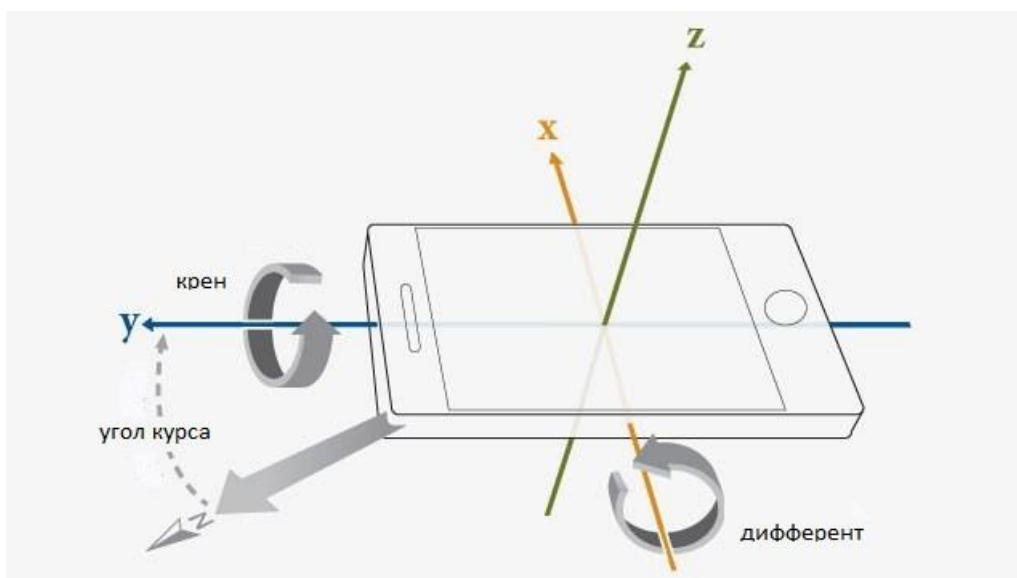


Рис. 8. Схема режима ручного управления

Такое управление представляется возможным в связи с тем, что мобильное устройство обладает необходимым и достаточным числом датчиков положения, в частности довольно точным гироскопом и акселерометром. В связи с этим можно заявлять, что устройство позволяет измерять не только углы наклона в соответствующих плоскостях, но и их угловые скорости.

Поскольку настоящая работа является первой нашей работой по заявленной тематике, то принято решение исключить внешние воздействующие факторы, влияющие на динамику объекта управления. Речь идет, в первую очередь, о наличии морского волнения и ветра.

Приложение, осуществляющее графическую визуализацию динамики судна, разработано и реализовано на языке программирования java и представлено на рис. 6.

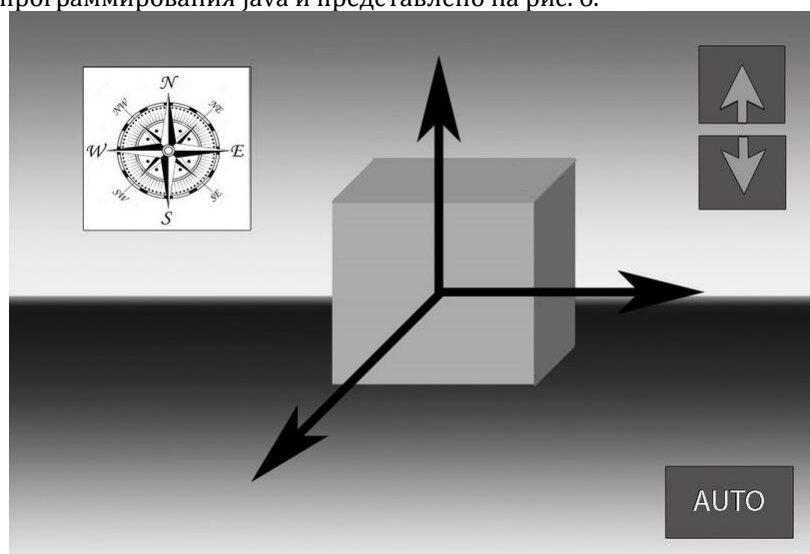


Рис. 9. Общий вид приложения

С помощью кнопок на экране «вверх» и «вниз» можно задать скорость судна. В данном приложении достаточно просто нажимать кнопки для задания скорости и объект постепенно начнет увеличивать или уменьшать скорость до требуемого значения.

Программная структура приложения состоит из двух частей. Первая ответственна за прием и передачу данных по протоколу UDP, используя беспроводную сеть Wi-Fi. Вторая часть реализует визуализацию судна и его движения.

Заключение

В данной работе реализован подход, который позволит упростить реализацию тренажеров в различных областях, используя мобильное устройство. Такая реализация в перспективе также позволит

экономить затраты на оборудовании и существенно облегчить возможность тренировки навыков управления объектами, ведь достаточно иметь планшет с установленным программным обеспечением.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ проект № 17-07-00361 А.

Литература

1. Дж.Дэбни, Т.Харман. Simulink 4. Секреты мастерства. М: Бином. Лаборатория знаний, 2003 г. 404 с.
2. Лепихин Т. 3D-анимация на базе пакета Virtual Reality Toolbox. Труды V Международной научной конференции «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB». 2011. С. 397-403.
3. В. Олифер, Н. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 5-е издание. 2016, 992 с.

References

1. Dzh.Djebni, T. Harman. Simulink 4. Sekrety masterstva. M: Binom. Laboratorija znanij, 2003 g. 404 s.
2. Lepihin T. 3D-animacija na baze paketa Virtual Reality Toolbox. Trudy V Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Proektirovanie inzhenernyh i nauchnyh prilozhenij v srede MATLAB». 2011. S. 397-403.
3. V. Olifer, N. Olifer. Komp'juternye seti. Principy, tehnologii, protokoly. 5-e izdanie. 2016, 992 s.

Об авторах:

Жирёнок Дарья Александровна, студентка, кафедра Компьютерных технологий и систем, Санкт-Петербургский государственный университет, dashazhirenok@yandex.ru

Лепихин Тимур Андреевич, кандидат физико-математических наук, главный специалист, Санкт-Петербургский государственный университет, t.lepihin@spbu.ru

Жабко Наталия Алексеевна, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра компьютерных технологий и систем, Санкт-Петербургский государственный университет, n.zhabko@spbu.ru

Note of the authors:

Zhirenok Daria A., student, Department of Computer Applications and Systems, Saint-Petersburg State University, dashazhirenok@yandex.ru

Lepihin Timur A., Candidate of Physics-Mathematical Sciences, Chief Specialist, Saint-Petersburg State University, t.lepihin@spbu.ru

Zhabko Nataliia A., Candidate of Physics-Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Applications and Systems, Saint-Petersburg State University, n.zhabko@spbu.ru