

УДК 53.082

МАКЕТ МАГНИТНОЙ ЛОКАЦИИ

С.И. Касаткин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: serkasat@ipu.ru

П.А. Поляков

МГУ имени М.В. Ломоносова
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, физический факультет
E-mail: polyakovpa@mail.ru

О.П. Поляков

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

Н.В. Плотникова

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

В.А. Ромакин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

К.А. Савельев

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

В.С. Шевцов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

Ключевые слова: магнитная локация, анизотропный магниторезистивный компас.

Аннотация: Представлены результаты исследований по разработке макета магнитной локации на базе магниторезистивного компаса. Показана работоспособность доработанных алгоритмов и программного обеспечения для расчета пространственных и угловых координат магнитного диполя, электронной части макета магнитной капсулы. Разработано программное обеспечение по обработке данных и их трехмерной визуализации для траектории движения магнитного диполя и возможности применения в САПР.

1. Введение

В связи с развитием микроэлектроники и появлением новых измерительных и вычислительных комплексов появились возможности решать недоступные ранее научно-технические задачи. Примером такой задачи является развитие теории магнитной локации на основе использования набора тонкопленочных анизотропных магниторезистивных (АМР) датчиков магнитного поля или компасов для определения пространственных и угловых координат магнитного диполя [1-4].

Такие системы могут иметь различные применения: в медицине для определения местоположения в теле пациента различных капсул. Исследования в этом направлении ведутся, в частности, в Китайском Университете Гонконга [5]. Работы по магнитной капсуле эндоскопа ведутся в Университете Южной Австралии [6]. Возможно, использование макета магнитной локации в качестве пространственно-векторной компьютерной мыши, позволяющей расширить функциональные возможности обычной компьютерной мыши, в частности, для САПР.

2. Структурная схема макета

Основные положения теории магнитной локации изложены в [1], основная задача которой заключается в определении пространственного местоположения и ориентации магнитного диполя. Эта формулировка задачи о магнитной локации имеет важное практическое значение, так как любое намагниченное тело или магнитная неоднородность на расстояниях, много больших их характерных размеров, может рассматриваться как магнитный диполь.

Макет состоит из исследуемого объекта, трех компасов, содержащих по 3 АМР датчика с АЦП, блока предварительной обработки сигналов с датчиков и платы микроконтроллера (рис. 1). В состав макета входит персональный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением (ПО).

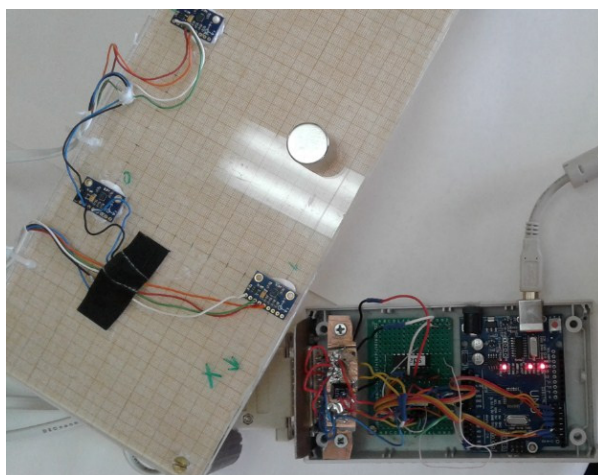


Рис. 1. Фотография конструкции макета с тремя АМР компасами, платой микроконтроллера и магнитом.

В качестве компаса выбрана микросхема Honeywell HMC5883L, разработанная для измерения слабого постоянного магнитного поля. Она включает 3-х осевые АМР датчики серии 118X высокого разрешения, чип с усилителями, автоматические драйвера

размагничивания set-reset и 12-битный АЦП, обеспечивающий точность 1-2 градуса. Микросхема обеспечивает программную калибровку и подгонку величины усиления тракта датчиков.

Для передачи показаний компасов на ПК выбрана плата «Arduino». Программно она поддерживает обмен данными только с одним компасом НМС5883L (по последовательному порту I2C). Для одновременной работы с тремя компасами разработана и реализована схема подключения компасов к плате «Arduino» с помощью двух мультиплексоров CD4051BE. Для платы «Arduino» разработан программный модуль, с помощью которого обеспечивается передача показаний магнитного поля с трех компасов по интерфейсу USB с частотой 30 Гц.

Разработано программное обеспечение (ПО) определения положения и ориентации магнитного диполя по показаниям трех магнитных компасов. ПО включает следующие блоки:

- 1) Блок приема показаний трех компасов от платы «Arduino».
- 2) Блок обработки показаний компасов. Для устранения случайных выбросов применяется медианный фильтр, для усреднения показаний – экспоненциальное скользящее среднее. Параметры фильтров настраиваются в интерфейсе пользователя.
- 3) Блок расчета положения и ориентации магнитного диполя. Для корректной работы данного блока необходимо предварительно провести измерение фона (в отсутствии магнита). После этого положение и ориентация магнитного диполя автоматически пересчитывается по мере получения очередного набора показаний трех магнитных компасов.
- 4) Блок визуализации, предназначенный для отображения
 - графиков показаний магнитных датчиков (до и после обработки);
 - трехмерной схемы с указанием координатной сетки, расположения компасов, траектории магнита и его текущего расчетного положения и ориентации. Изображение магнита представлено на схеме в виде 3D-модели, расположенной и ориентированной в соответствии с текущими расчетами. Модель загружается из файла в формате VRML. При перемещении и вращении магнита изображение 3D-модели перемещается и вращается соответствующим образом. Имеется возможность изменить точку наблюдения за трехмерной схемой, либо задать один из трех основных видов (сверху, спереди, слева).

Перемещение и вращение магнита может интерпретироваться разными способами:

- 1) Магнит ассоциируется с 3D-моделью, т. е. перемещение и поворот магнита изменяют положение и ориентацию 3D-модели. Этот вариант можно использовать, например, в системах САПР или для демонстрационного показа 3D-модели.
- 2) Магнит ассоциируется с элементом 3D-модели. В этом случае движения магнита влияют только на этот элемент 3D-модели. Возможные применения: в системах САПР, в задачах 3D-сборки и пр.
- 3) Магнит ассоциируется с 3D-указателем (наподобие указателя мыши) и позволяет выбрать требуемую часть 3D-модели.
- 4) Магнит ассоциируется с наблюдателем. Перемещение и поворот магнита следует интерпретировать как изменение положения и ориентации наблюдателя, а сама 3D-модель остается неподвижной.

Переключение между различными вариантами может быть программным или аппаратным. В текущем варианте ПО реализованы 1-й и 4-й варианты. На рис. 2 показана 3D-модель рельефа местности (вид сверху), расположение наблюдателя V и направление взгляда наблюдателя. На рис. 3 показано изображение модели рельефа, которое видит наблюдатель из указанной позиции V. При перемещении (повороте) магнита на-

блюдатель перемещается (поворачивается) в 3D-модели, и соответственно изменяется изображение, которое он видит.

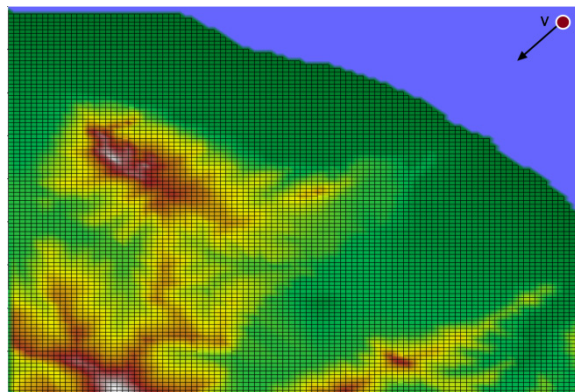


Рис. 2. 3D-модель рельефа (вид сверху).

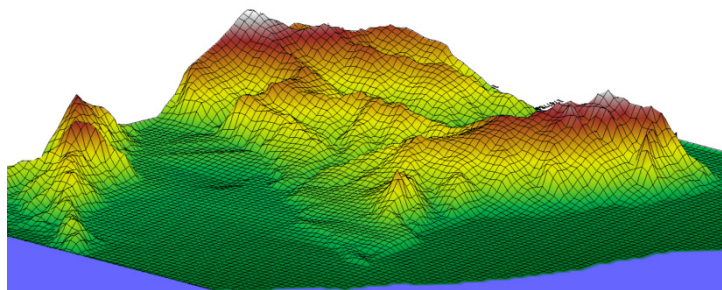


Рис. 3. 3D-модель рельефа (вид со стороны наблюдателя).

3. Заключение

В результате доработки метода магнитной локации на базе проведенных ранее работ доработан макет магнитной локации с новым матобеспечением. Показана работоспособность доработанных алгоритмов и программного обеспечения для расчета пространственных и угловых координат магнитного диполя и обработки данных (измеренных магнитных полей АМР датчиками) с трехмерной визуализацией траектории магнитного диполя и изменяющей ориентацию объемной модели в качестве возможного приложения для САПР. Для измерения были применены три современных чипа АМР компаса с тройкой датчиков в каждом, электронными схемами и на выходе микросхемы 12-разрядным АЦП. Для связи с компьютером использована плата с микроконтроллером «Arduino». В компьютере проводится обработка данных и их визуализации, в первую очередь, результаты обработки экспериментальных данных, траектории движения магнитного магнита и изменение ориентации объемной модели.

Проведенные исследования показали работоспособность доработанного макета магнитной локации: измерение магнитного поля магнита тремя АМР компасами и определение пространственных и угловых координат магнита производится с точностью не хуже половины шага сетки $\pm 0,5$ см в режиме реального времени. Частота полного цикла работы макета от измерения магнитных полей до следующего их измерения приблизительно составляет 12 Гц. Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение характеристик и возможностей макета магнитной локации и поиск возможности его применения в различных практических приложениях.

Список литературы

1. Касаткин С.И., Поляков О.П., Плотникова Н.В., Ромакин В.А. и др. Макет магнитной локации на базе магниторезистивного компаса // Изв. РАН. Сер. Физ. 2018. №8. С. 81-85.
2. Артамонов Е.И., Касаткин С.И., Балабанов А.В., Муравьев А.М. и др. Система магнитной локации // Датчики и системы. 2012. № 12. С. 2-5.
3. Касаткин С.И., Муравьев А.М. и др. Анизотропные магниторезистивные датчики магнитного поля и тока // Автоматика и телемеханика. 2009. № 6. С. 141-152.
4. Kasatkin S.I., Polyakov O.P., Rusakova N.E., Rusakov A.E. On uniqueness of solution of a reverse problem of magnetic location // JMMM. 2006. Vol. 205, No. 2. P. 361-364.
5. Wang X. Study on magnetic localization and actuation of active capsule endoscope / Thesis. 2006. The Chinese University of Hong Kong. 171 p.
6. Aziz S.M., Grcic M., Vaithianathan T. A real time tracking system for an endoscope capsule using multiple magnetic sensors // Smart Sensors and Sensing Technology. 2008. P. 201-218.