

## **2D- И 3D- ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ СЕНСОРЫ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ**

*Бержанский В. Н., доктор физико-математических наук, профессор,  
Лагунов И. М., Веренкиотова Ю. И., студентка*

Создание удобных и надежных устройств ввода информации и управления компьютерными системами – актуальная задача современной компьютерной техники. В настоящее время для этого используются различного типа клавиатуры, манипуляторы, голосовые и видеосистемы. Подавляющее большинство манипуляторов содержат механическую и механооптическую систему получения информации, они появились исторически и уже не отвечают требованиям пользователей. В данной статье рассматривается возможность применения двух- (2D) и трехкомпонентных (3D) гальваномагнитных сенсоров (в дальнейшем – магнитный сенсор) в системах ввода информации в компьютер на примерах отдельных манипуляторов из разработанных авторами за последнее время.

Основным преимуществом магнитных сенсоров является возможность некоторых из них реагировать на направление вектора магнитной индукции, определяя таким образом свое положение в пространстве. Нами испытаны магнитные сенсоры на основе эффекта Холла [1], магнитных аморфных микропроводов и лент. Их чувствительность достигает  $10^{-3} \dots 10^{-4}$  Гс, что позволяет использовать геомагнитное или специально созданное поле в качестве внешнего силового поля. Холловские сенсоры обладают большими возможностями для интеграции, поэтому они были применены в предлагаемых устройствах ввода информации.

### **Манипулятор типа мышь на 2D-магнитном сенсоре**

Выпускаемые промышленностью манипуляторы типа мышь имеют механооптическую систему снятия информации о его перемещении [2]. Мы предлагаем получать информацию о перемещении манипулятора, применив магнитный коврик (magnetic pad) с оптимальным для конкретных целей градиентом магнитного поля и мышь с 2D-магнитным сенсором, который может измерять направление вектора индукции магнитного поля, создаваемого magnetic pad. Назовем такой манипулятор двухмерной магнитной мышью (2D-magnetic mouse).

Необходимый для устойчивой работы манипулятора диапазон магнитной индукции выбирается из следующих соображений: нижний предел должен быть выше значения индукции магнитного поля Земли, верхний предел определяется экономической целесообразностью и соответствующими санитарно-гигиеническими нормами. Технологически верхний предел может быть определен по величине максимального модуля вектора индукции магнитного поля magnetic pad, после выбора градиента поля, необходимого, например, для позиционирования курсора по всему диапазону плоскости дисплея (при заданной разрешающей способности).

Нами разработано множество пространственных конфигураций магнитного поля magnetic pad. Один из вариантов, представленный на рис. 1, был выбран на основе следующих требований: 1) при перемещении манипулятора из одного крайнего положения в другое компоненты вектора магнитной индукции изменяются максимально в выбранном диапазоне; 2) измеряемые компоненты не должны иметь переход через 0 и приближаться к нему, так как тогда определяющим будет являться магнитное поле Земли и потребуется предварительная коррекция манипулятора перед работой.

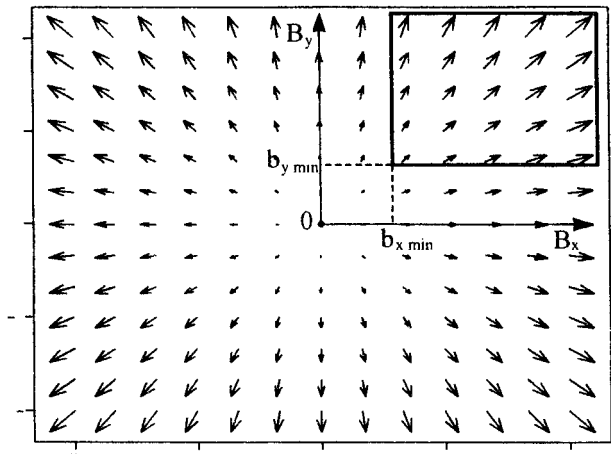


Рис. 1.  
Конфигурация вектора магнитной индукции magnetic pad.

Из вышеизложенного следует, что можно, например, взять область радиального магнитного поля, удаленную от двух выбранных перпендикулярных радиальных направлений на величину несколько большую магнитного поля Земли. На рис.1 приведена радиальная конфигурация магнитного поля и выделен участок поля выбранный для magnetic pad. Смещение  $(b_{x\min}, b_{y\min})$ , выводит рабочий участок магнитного поля коврика выше геомагнитного.

В конструкции 2D-magnetic mouse (1, рис. 2) находится 2D-магнитный сенсор, ориентированный в плоскости magnetic pad (2, рис. 2), и электронные компоненты получения аналоговой информации с сенсора, ее цифрового преобразования и передачи по используемому интерфейсу.

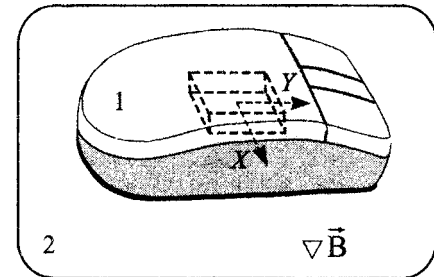


Рис. 2.  
Манипулятор 2D-magnetic mouse.

В конструкцию также включается необходимое число кнопок для поступления информации от пользователя и первичной коррекции положения манипулятора (при необходимости).

### Пространственный манипулятор на 3D-магнитном сенсоре

Пространственный манипулятор на 3D-магнитном сенсоре, названный нами 3D-magnetic mouse, представляет собой объект произвольной формы, который пользователь свободно держит в руке и манипулирует им, изменяя его положение относительно геомагнитного или специально созданного магнитного поля (рис 3). Для удобства дальнейших пояснений на рис.3 выбрано направление на центр дисплея. Основу такого манипулятора составляет 3-х компонентный сенсор магнитного поля,

позволяющий определять пространственную ориентацию манипулятора относительно вектора магнитной индукции поля.

Свяжем с манипулятором трехмерную прямоугольную декартову систему координат. Вращение относительно оси  $Z$  на угол в

диапазоне  $20...40^\circ$  дает нам движение типа «вверх, вниз, влево, вправо». Угол вращения может находиться в диапазоне от  $0$  до  $\pm \alpha_{max}$ , где  $\alpha_{max}$  в каждом конкретном приложении может иметь свой смысл.

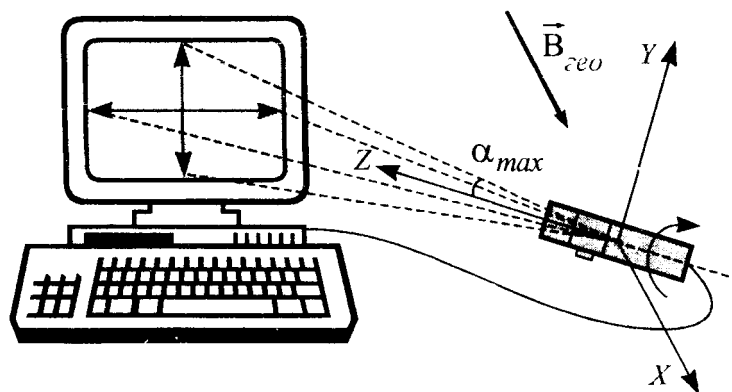


Рис. 3.  
Манипулятор 3D-magnetic mouse.

Например, при перемещении курсора по рабочей плоскости экрана (рис. 3)  $\alpha_{max}$  – это крайнее положение курсора на экране (для простоты рассматриваем случай квадратного экрана), которое определяется выбранным режимом дисплея и шагом перемещения курсора. Угол  $\alpha_{max}$  удобно выбирать в диапазоне  $10...90^\circ$  самому пользователю (если это доступно программно). Значение  $\alpha_{max}$  может доходить и до  $360^\circ$ , однако это неудобно при кабельном соединении манипулятора с компьютером. Помимо отклонения от оси  $Z$  возможно использовать еще одну степень свободы – кручение вдоль оси  $Z$ .

На манипуляторе расположены кнопки ввода информации от пользователя (2 кнопки) и установки первоначального положения (1 кнопка). Возможно размещение дополнительных кнопок в зависимости от конкретного назначения манипулятора.

При использовании данного манипулятора в магнитном поле Земли и необходимости прецизионного ввода информации требуется применение второго 3D-магнитного сенсора, находящегося вне манипулятора и отслеживающего геомагнитную обстановку программным путем, учитывая ее изменение.

Применение 3D-magnetic mouse с неограниченными углами вращения имеет большую перспективу при создании панорамного и объемного ориентирования, где использование известных манипуляторов или невозможно, или существенно затруднено. Возможно совместное использование 3D-magnetic mouse с инфракрасным портом компьютера.

В настоящий момент данный манипулятор (по нашим сведениям) не имеет аналогов. Манипулятор 3D-magnetic mouse прошел первые испытания на кафедре экспериментальной физики

Симферопольского госуниверситета в марте 1997 года и показал свою работоспособность. Разработка такого манипулятора – первый шаг к созданию систем виртуальной реальности (см. ниже) на 3D-магнитных сенсорах.

#### **Манипулятор типа трекбол на 3D-магнитном сенсоре**

Манипулятор трекбол традиционно имеет механооптическую систему съема информации и ему присущи все недостатки манипуляторов такого типа [2]. Применив 3D-магнитный сенсор и постоянный магнит, получаем magnetic trackball.

Небольшой постоянный магнит (1, рис. 4) закрепляется внутри шара на некотором расстоянии от его центра. Характерные размеры магнита – порядка размера шара, смещение магнита относительно центра шара необходимо для однозначного соответствия положения шара с информацией, поступающей от 3D-магнитного сенсора (2, рис. 4), который расположен в корпусе манипулятора недалеко от шара. В данном трекболе известно не только изменение положения шара, но и абсолютное его положение в пространстве манипулятора, что невозможно в механооптическом аналоге, но может потребоваться в отдельных прикладных программах. В манипуляторе такой конструкции сохраняется механическая система крепления шара, но нет переноса информации об изменении его позиционирования через трение механических частей. Например, проскальзывание шара по удерживающим валикам (или другого типа крепежам) уже не будет сказываться на работоспособности манипулятора. Также устранена оптическая часть съема информации о движении шара.

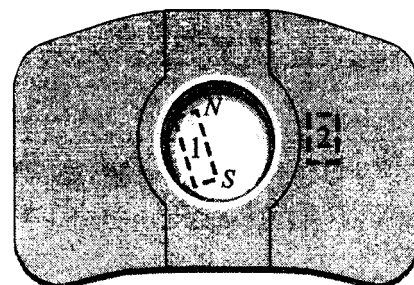


Рис. 4.  
Манипулятор magnetic trackball.

#### **Системы виртуальной реальности на базе 3D-магнитных сенсоров**

Для систем виртуальной реальности важно знать положение отдельных частей объекта, например, тела пользователя и окружающих его предметов. Применяемые оптические системы очень громоздки при большом числе степеней свободы [3]. Гравитационные системы инерционны для работы в реальном времени.

Укрепив 3D-магнитные сенсоры на отдельных частях тела человека или объекта (рис. 5), мы получим информацию о их пространственной ориентации во внешнем магнитном поле зная величину трех проекций вектора магнитной индукции. Магнитные сенсоры позволяют работать в системах реального времени, так как они практически безинерционны.

Современные 3D-магнитные сенсоры достаточно компактны (характерный размер около 8 мм), чтобы можно было получать информацию закрепив их на отдельных частях тела и предметах, и достаточно чувствительны, чтобы использовать геомагнитное поле в качестве внешнего силового

поля. Такое силовое поле может быть также создано искусственно малогабаритным постоянным магнитом. Эксперименты показали точность позиционирования не хуже десятой доли градуса угла поворота, хотя для многих применений такая точность избыточна.

Для отслеживания возможных вариаций геомагнитного поля, которые в данных системах могут вносить погрешность, необходимо использовать дополнительный стационарный 3D-магнитный сенсор (SMS) для введения поправок к информации с динамических 3D сенсоров.

В начальный момент времени потребуется одновременное первичное снятие значений со всех сенсоров при заранее известном позиционировании частей тела пользователя и окружающих предметов, но затем информация, поступающая от 3D-магнитных сенсоров даст нам картину движения в реальном времени. Число сенсоров равно числу степеней свободы всей системы в целом. При помещении объекта в специально созданное внешнее стационарное магнитное поле превышающее значение геомагнитного, дополнительный сенсор не требуется.

В компьютерную систему информация с 3D-магнитных сенсоров может передаваться инфракрасным, радиочастотным, кабельным или другим способом.

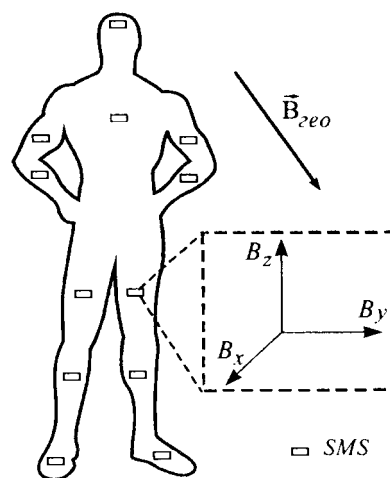


Рис. 5.  
Применение 3D-магнитных сенсоров в системах виртуальной реальности.

#### Литература.

1. Кучис Е.В. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. - М.: Радио и связь, 1990. - 264 с.
2. Борзенко А.Е. IBM PC: устройство, ремонт, модернизация. - 2-е изд., - М.: ТОО «Компьютер Пресс», 1996. - 344 с.
3. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC: Пер. с англ. /Под ред. У.Томпкинса, Дж.Уэбстера. - М.: Мир, 1992. - 592 с.