

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ

Т.А. Онуфриева, А.С. Сухова
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга

Проблема ориентирования людей с ограничениями по зрению в современной городской среде с постоянно изменяющейся и модернизирующейся инфраструктурой приобретает первостепенное значение. На сегодняшний день для решения задачи создания доступной среды для людей с ограниченными возможностями используется все больше инновационных информационных технологий. В данной статье формируется часть мобильного технического устройства, призванного решить проблему ориентирования людей с ограничениями по зрению в инфраструктуре городского общественного транспорта. Рассматриваются существующие способы решения задачи навигации. Разрабатывается принципиальная схема части предлагаемого устройства, связанной с использованием инерциальной навигационной системы. Приводится программа прошивки макета устройства, созданного с использованием платформы Arduino.

Ключевые слова: навигация, доступная среда, инерциальная навигационная система, акселерометр, микроконтроллер.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время стремительно развиваются инновационные информационные технологии, которые находят свое применение во таких сферах, как медицина, образование, социальная сфера и многих других. Постановлением Правительства РФ от 1 декабря 2015 г. N 1297 утверждена государственная программа "Доступная среда" на 2011 - 2020 годы, которая предполагает создание условий, способствующих повышению уровня жизни людей с ограниченными возможностями. Возможности ориентации в городской среде у слепых и слабовидящих людей ограничены. По этой причине задача ориентирования в городской среде для людей с ограничениями по зрению представляется актуальной.

Особого внимания требует задача ориентирования людей с ограничениями по зрению в инфраструктуре городского общественного транспорта. В рамках данной статьи предлагается к разработке мобильное устройство, позволяющее определять местоположение людей, имеющих ограничения по зрению, и использовать в дальнейшем данную информацию для передачи водителям общественного транспорта.

Информация об ориентации объекта в пространстве является основополагающей при решении задач навигации различных объектов в воздухе, на земле и под землей, в воде и под водой. Решение поставленной задачи состоит в определении и дальнейшей обработке информации о местоположении человека и основных объектах городской инфраструктуры. При этом необходимо учесть следующие особенности:

- обеспечение необходимого уровня точности;
- обеспечение надежной работы в городской среде;
- мобильность технических устройств, используемых для решения поставленной задачи;
- простота реализации и использования.

Настоящая статья посвящена определению метода и разработке прототипа технического устройства для решения поставленной задачи.

МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ

В настоящее время для получения информации об ориентации объекта в пространстве существует ряд методов и соответствующих технических устройств, которые имеют определенные преимущества и недостатки. Рассмотрим ряд из них [1].

Для навигации по Wi-Fi используется уже существующая инфраструктура сетей связи – точки беспроводных сетей Wi-Fi. Однако зачастую координаты Wi-Fi точек неизвестны, либо могут изменяться при переносе точки в иное место. Погрешность при таком методе измерений составляет до 25 метров.

Геомагнитное позиционирование основано на ориентировании по магнитному полю Земли и базируется на геомагнитных аномалиях как критериях для геомагнитного позиционирования. Заключается в фиксации геомагнитных аномалий и нанесении их на карту территории, на которой предполагается ориентироваться. Недостаток – высокая сложность реализации, невысокая точность. В городской среде очень много динамически меняющихся магнитных аномалий, усложняющих навигацию, основанную на указанном способе ориентирования в пространстве.

По аналогии с навигацией по Wi-Fi возможна навигация с использованием базовых станций (БС) операторов сотовой связи. Минусы данного метода также похожи – невысокая точность, существование мобильных БС, которые меняют свое местоположение.

Метод с использованием систем спутниковой навигации и инерциальных навигационных систем (ИНС) подходит для использования, когда периодически появляется сигнал систем спутниковой навигации. Данный метод позволяет получить достаточную

точность координат, а также будет работать при временно отсутствующем сигнале спутниковой навигации [2].

Таким образом, для создания технического устройства для определения местоположения объекта был выбран метод с использованием ИНС, как наиболее подходящий для поставленной задачи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ

Метод ориентации объекта в пространстве с использованием систем спутниковой навигации и инерциальных навигационных систем на практике реализуется следующим образом:

- получают данные спутниковой навигации
- когда сигналы от спутников пропадают, для поддержания актуальности данных о положении объекта используется инерциальная навигационная система (на базе акселерометра, гироскопа, магнитометра);
- после возобновления связи со спутниками данные обновляются [3, 4, 5, 6].

Особый интерес представляет реализация получения и обработки данных с использованием ИНС. Данная работа посвящена разработке части технического устройства, связанной с использованием ИНС. Особое внимание уделяется получению и обработке информации с использованием линейного трехосного акселерометра с цифровым выходом.

Структурная схема разрабатываемого устройства состоит непосредственно из акселерометра (Датчик), микроконтроллера (МК) и устройства вывода (рис. 1) [7].

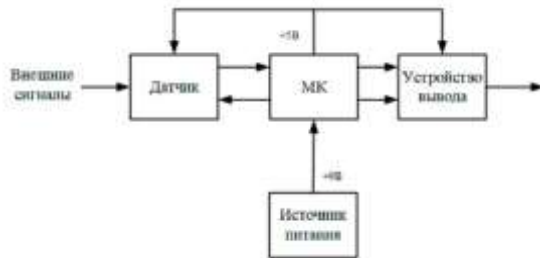


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемого устройства

Микроконтроллер и акселерометр взаимодействуют с использованием протокола I²C/TWI [3]. Таким образом, обработка данных датчика осуществляется по следующему плану:

1. Начало работы с микросхемой (сигнал о начале работы, передача адреса микросхемы, с которой хочет работать, определение режима работы – Запись)
2. Получение разрешения на начало работы от датчика
3. Передача адреса ячейки, с которой хочет работать микроконтроллер
4. Повторный старт, необходимый, чтобы изменить режим работы с датчиком (сигнал о повторном старте, передача адреса микросхемы, с которой хочет рабо-

тать микроконтроллер, определение режима работы – Чтение)

5. Получение разрешения на начало работы от датчика
6. Передача данных датчиком из ячейки, адрес которой ранее передал микроконтроллер
7. Отправка микроконтроллером подтверждения получения данных
8. Окончание работы с микросхемой

Таким образом микроконтроллером осуществляется считывание данных с датчика. Данная последовательность действий верна для всех значений считываемых ускорений (a_x , a_y , a_z). Разница заключается лишь в передаваемом микроконтроллером на 3 шаге адреса ячейки (для a_x – 28h, для a_y – 2Ah, для a_z – 2Ch).

После окончания чтения данных микроконтроллер приступает к обработке полученных данных в соответствии с заложенной программой. После окончания обработки данных микроконтроллер готов начать передачу полученных результатов на устройство вывода.

После окончания записи данных на устройство вывода весь процесс (чтение данных, обработка результата, вывод) повторяется с начала.

В ходе проведенного анализа характеристик представленных на рынке микросхем акселерометров для реализации мобильного координатного датчика была выбрана микросхема LIS331DLH [8].

LIS331DLH относится к низкопотребляющим высокотехнологичным линейным трёхосным акселерометрам с цифровым выходом.

Основные характеристики, имеющие значение для разрабатываемого устройства, следующие:

- LGA 16 (3*3*1 мм)
- Напряжение питания: 2,16 ... 3,3 В
- Ток потребления 0,25мА
- Ток потребления в спящем режиме 1мкА
- Диапазон измерения: $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$
- Выходной интерфейс: I²C/SPI
- Температурный диапазон: $-40...+85$ °C

Для управления датчиком LIS331DLH выбран 8-битный микроконтроллер семейства AVR — ATmega32U4. Он предоставляет в распоряжение разработчика 32 КБ флеш-памяти для хранения прошивки, 2,5 КБ оперативной памяти SRAM и 1 КБ энергонезависимой памяти EEPROM для хранения данных [9]. Общение акселерометра с микроконтроллером будет осуществляться по протоколу I²C / TWI.

Так как управляющее устройство имеет 5 вольтовую логику, а модуль акселерометра LIS331DLH 3,3 вольтовую логику, то для сопряжения данных устройств, имеющих разные питающие напряжения, необходимо предусмотреть обвязку для согласования уровней напряжения.

Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 2 [10, 11, 12].

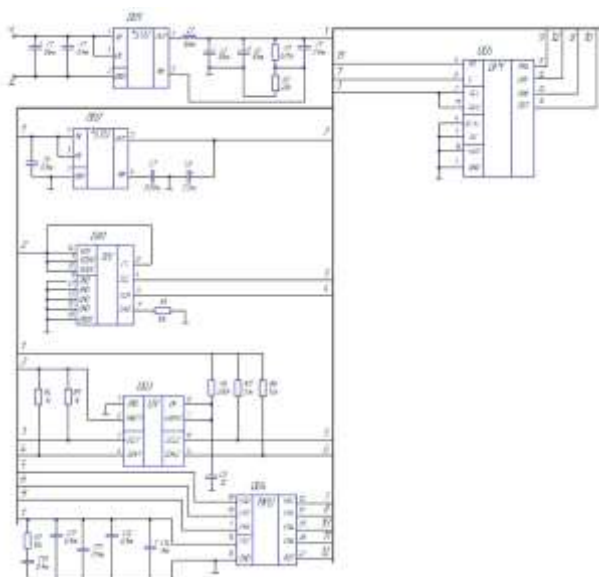


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

Как видно из рисунка, устройство состоит из нескольких микросхем:

- акселерометр LIS331DLH (DA1)
- стабилизатор напряжения TPS560200DBVR (DD1)
- стабилизатор напряжения TPS73033DBV (DD2)
- двойной двунаправленный преобразователь логических уровней PCA9306DCT (DD3)
- микроконтроллер ATmega32U4 (DD4)
- устройство вывода – LCD дисплей MT-16S2H (DD5)

На вход устройству необходимо подать напряжение питания +E (+9V). Данное напряжение преобразуется с помощью TPS560200DBVR до +5V и затем подается на входы микросхем TPS73033DBV, ATmega32U4, MT-16S2H. Микросхема TPS73033DBV преобразуется напряжение до +3,3V и передает на вход микросхемы LIS331DLH. На выходах 4 и 6 микросхемы LIS331DLH формируются сигналы SCL и SDA. Затем данные сигналы подаются на вход преобразователя логических уровней PCA9306DCT, который формирует на своих выходах SCL2, SDA2, которые передаются на входы микроконтроллера ATmega32U4. Микроконтроллер производит обработку полученных сигналов, а затем передает результаты на устройство вывода – MT-16S2H [13, 14, 15, 16, 17].

Для создания макета устройства была использована платформа разработки Arduino [18, 19]. Пример программы обработки данных датчика представлена на рисунке 3.

```
#include <Wire.h>
#include <TroykaIMU.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12,11,7,6,5,4);

Accelerometer accel;
float xp, yp, zp;
float x, y, z;
float xt, yt, zt;

void setup()
{
  accel.begin();
  accel.setRange(RANGE_2G);

  lcd.begin(16,2);
  lcd.print("Start");

  accel.readXYZ(&xp, &yp, &zp);
  delay(1000);
}

void loop()
{
  xt=0.0;
  yt=0.0;
  zt=0.0;

  for(int i=0; i<50;i++){
    accel.readXYZ(&x, &y, &z);
    xt=xt+x;
    yt=yt+y;
    zt=zt+z;
    delay(10);
  }
  xp=xt/50;
  yp=yt/50;
  zp=zt/50;

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(xt-xp);
  lcd.print(" ");
  lcd.print(yt-yp);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(zt-zp);

  xp=xt;
  yp=yt;
  zp=zt;
}
```

Рис. 3. Пример программы обработки данных датчика

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании изложенного материала можно сделать выводы:

- выбрана схема подключения и описана логика работы разрабатываемого устройства;
- выполнено проектирование электрической структурной и принципиальной схем;
- собран макет устройства с использованием платформы разработки Arduino.

Для использования устройства в реальных условиях необходима его дальнейшая модернизация: объединение с модулями, получающими данные спутниковой навигации, создание алгоритма обработки информации с датчика.

В дальнейшем устройство будет выполнено в виде браслета в эргономичном корпусе. По договоренности с МУП ГЭТ «УКТ» предполагается будущее внедрение устройства в состав системы управления мониторингом общественного транспорта города Калуги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии [Текст] / Б.С. Алёшин [и др.], под ред. Б.С. Алёшина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. – М.: Физматлит, 2006. – 424 с.
2. Пролетарский, А.В., Алгоритмы коррекции навигационных систем: учебное пособие [Текст] / А.В. Пролетарский, К.А. Неусыпин, И.А. Кузнецов. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 67 с.

3. Кашкаров, А.П. Микроэлектромеханические системы и элементы [Текст] / А.П. Кашкаров. – М.: ДМК-Пресс, 2018. – 114 с.
4. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие [Текст] / В.Я. Распопов – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
5. Войтович, И.Д. Интеллектуальные сенсоры: учебное пособие [Текст] / И.Д. Войтович, В.М. Корсунский. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. – 624 с.
6. Калачев А. Акселерометры STMicroelectronics: определяя любое движение [Текст] / А. Калачев // Новости электроники – 2014. – №6. – С. 13–17.
7. ГОСТ 2.701–84. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению [Текст]. – Введ. 1985–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 20 с.
8. LIS331DLH. MEMS digital output motion sensor ultra low-power high performance 3-axes “nano” accelerometer, STMicroelectronics, Geneva, Switzerland, 2009.
9. ATmega16U4/ATmega32U4. 8-bit Microcontroller with 16/32K bytes of ISP Flash and USB Controller, Atmel Co., San Jose, USA, 2015.
10. ГОСТ 2.702–2011. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем [Текст]. – Введ. 2012–01–01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 22 с.
11. ГОСТ 2.710–81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах [Текст]. – Введ. 1981–07–01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 10 с.
12. ГОСТ 2.743–91. ЕСКД. Обозначения условные графические в цифровых схемах. Элементы цифровой техники [Текст]. – Введ. 1993–01–01. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 44 с.
13. МТ–16S2Н Жидкокристаллический индикатор. Буквенно-цифровой 16 символов 2 строки, МЭЛТ, Москва, Россия, 2007.
14. TPS730 Low-Noise, High PSRR, RF, 200-mA Low-Dropout Linear Regulators, Texas Instruments, Dallas, USA, 2019.
15. PCA9306 Dual Bidirectional I2C Bus and SMBus Voltage-Level Translator, Texas Instruments, Dallas, USA, 2019.
16. TPS560200 4.5-V to 17-V Input, 500-mA Synchronous Step-Down Converter With Advanced Eco-Mode, Texas Instruments, Dallas, USA, 2019.
17. Монк, С. Програмируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами [Текст] / С. Монк. – СПб: Питер, 2017. – 272 с.
18. Береснев, А.Л. Разработка и макетирование микропроцессорных систем : учебное пособие [Текст] / А.Л. Береснев, М.А. Береснев. – Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – 108 с.

Онуфриева Татьяна Александровна – к.т.н., доцент кафедры «Информационные системы и сети», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (филиал), КФ МГТУ, тел. +79109109003, e-mail: onufrievata@mail.ru.

Сухова Анастасия Сергеевна – студент кафедры «Информационные системы и сети», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (филиал), КФ МГТУ, тел. +79913283510, e-mail: nastya_s@kaluga.ru.

DEVELOPMENT OF A MOBILE DEVICE FOR DETERMINING THE POSITION OF THE OBJECT IN THE SPACE

T.A. Onufrieva, A.S. Sukhova

Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Kaluga

Abstract – The article is concerned with navigation of people with limited vision in the modern urban environment. Special attention is paid to the methods of determining the position of the object in the space. The optimal method has been chosen. The article gives a detailed analysis of I²C/TWI protocol. The principal scheme of the device and program for the layout of a device created on the Arduino platform have been developed.

Index terms: navigation, accessible environment, inertial navigation system, accelerometer, microcontroller.

REFERENCES

1. Aleshin, B.S., et al., Orientation and navigation of moving objects: modern information technology. Under the editorship of B.S. Aleshin, K.K. Veremeenko, A.I. Chernomorskiy. Moscow: Fizmatlit, 2006.
2. Proletarskiy, A.V., et al., Correction algorithms for navigation systems: a training manual. Moscow: Publishing house MSTU named after N.E. Bauman, 2015.
3. Kashkarov, A.P., Microelectromechanical systems and elements. Moscow: DMK-Press, 2018.
4. Raspopov, V.Y., Micromechanical devices: a training manual. Moscow: Mashinostroenie, 2017.
5. Voytovich, I.D., Intelligent sensors: a training manual. Moscow: Internet University of Information Technology, 2009.
6. Kalachev, A., "STMicroelectronics accelerometers: detecting any movement," Electronics News, no. 6, pp. 13–17, June 2014.
7. ESKD. Scheme. Types and types. General requirements for implementation, GOST 2.701–84, 1987.
8. LIS331DLH. MEMS digital output motion sensor ultra low-power high performance 3-axes "nano" accelerometer, STMicroelectronics, Geneva, Switzerland, 2009.
9. ATmega16U4/ATmega32U4. 8-bit Microcontroller with 16/32K bytes of ISP Flash and USB Controller, Atmel Co., San Jose, USA, 2015.
10. ESKD. Rules for the implementation of electrical circuits, GOST 2.702–2011, 2011.
11. ESKD. Alphanumeric designations in electrical circuits, GOCT 2.710–81, 2008.
12. ESKD. Graphic symbols in digital circuits. Elements of digital technology, GOST 2.743–91, 2003.
13. MT–16S2H LCD indicator. Alphanumeric 16 characters 2 lines, MELT, Moscow, Russia, 2007.
14. TPS730 Low-Noise, High PSRR, RF, 200-mA Low-Dropout Linear Regulators, Texas Instruments, Dallas, USA, 2019.
15. PCA9306 Dual Bidirectional I2C Bus and SMBus Voltage-Level Translator, Texas Instruments, Dallas, USA, 2019.
16. TPS560200 4.5-V to 17-V Input, 500-mA Synchronous Step-Down Converter With Advanced Eco-Mode, Texas Instruments, Dallas, USA, 2019.
17. Monk, S., Programming Arduino: Getting Started With Sketches, Saint Petersburg: Peter, 2017.
18. Beresnev, A.L., Microprocessor systems design and layout: a training manual, Taganrog: Publishing house of the Southern Federal University, 2016.

Onufrieva Tatyana Aleksandrovna – Ph.D., associate professor of the department "information systems and networks", Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (branch), +79109109003, e-mail: onufrievata@mail.ru.

Sukhova Anastasiya Sergeevna – student of the department "information systems and networks", Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (branch), +79913283510, e-mail: nastya_s@kaluga.ru.