

Електронний помічник для людини з вадами зору

Пахомов А. А., ORCID [0000-0003-3457-008X](https://orcid.org/0000-0003-3457-008X)

Саган Р. П., ORCID [0000-0001-9605-7922](https://orcid.org/0000-0001-9605-7922)

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)

Київ, Україна

Анотація—Для людей із серйозними вадами зору запропоновано систему, яка допомагає виявляти перешкоди та викликати допомогу в екстремій ситуації. Система побудована на основі мікроконтролера та підключених до нього оптичного, акустичного та електричного сенсорів, а також модулів GPS та GSM. Сенсори забезпечують інформацією про перешкоди, яка передається людині у вигляді акустичних та вібраційних сигналів. Сенсори збирають дані в режимі реального часу і відправляють їх на мікроконтролер для оброблення. Після оброблення сенсорної інформації мікроконтролер надсилає людині вібраційні та акустичні сигнали відповідно на вібратори, встановлені в головці цівка, і на Bluetooth-гарнітуру. Інтенсивність звукового сигналу та вібрації зростають, коли людина наближається до перешкоди. Позичювання та прокладання маршруту людини на місцевості здійснюється за допомогою GPS-модуля, а зв'язок в екстремій ситуації забезпечує GSM-модуль. Модулі взаємодіють з людиною за допомогою голосового зв'язку. Це допомагає людині з вадами зору безпечно дістатися до місця призначення. Система живиться від акумуляторної батареї, вмонтованої в цівку.

Ключові слова — мікроконтролер; GPS-модуль; GSM-модуль; оптичний сенсор; акустичний сенсор; сенсор води.

I. ВСТУП

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у світі 39 мільйонів людей є сліпими, а 246 мільйонів мають слабкий зір [1]. Люди з частковою або повною втратою зору стикаються з багатьма проблемами у своєму повсякденному житті, особливо з проблемою пересування та орієнтації на місцевості. Сліпа людина для поліпшення своєї рухливості зазвичай використовує традиційний цівку. Однак цівку не може надати людині інформацію поза межами його досяжності.

Існують розумні цівки, які використовують для зйомки зображень одну камеру або декілька відеокamer, встановлених на цівку [2]. Захоплені відеозображення змінюються за розміром, додатково обробляються і перетворюються на акустичні або вібраційні сигнали. У таких системах частота попереджувального сигналу корелює з орієнтацією пікселів відеокamera.

Є також системи, які для виявлення перешкод використовують ультразвукові сенсори [3]–[5]. Значення відстані до перешкоди, виміряне за допомогою звукової хвилі, передається на мікроконтролер, який подає за допомогою динаміку звуковий сигнал. Недоліками таких систем є неможливість виявити приховані перешкоди, небезпечні для людей з вадами зору, такі як сходи, ями, калюжі тощо.

Запропонована система вирішує ці проблеми за допомогою об'єднання можливостей акустичних та

оптичних сенсорів, а також сенсора води. Забезпечується також підтримка людини у складній ситуації шляхом встановлення телефонного зв'язку з довірною особою. Інформацію про місцезнаходження людини отримує GPS-модуль і мікроконтролер надсилає цю інформацію за допомогою GSM-модуля на визначений контактний номер.

II. ОПИС

Структурна схема запропонованої системи електронного помічника зображена на Рис. 1. Система складається з мікроконтролера (керуючого органу електронного помічника), сенсорної системи, яка приймає інформацію про місцезнаходження людини та перепони на шляху її руху, ефекторної системи, яка надсилає людині акустичні та вібраційні сигнали про помічені перешкоди, а також комунікаційної системи, яка об'єднує GSM-модуль і Bluetooth-гарнітуру. Сенсори збирають дані в режимі реального часу і відправляють їх на мікроконтролер для оброблення. Після оброблення сенсорної інформації мікроконтролер надсилає людині вібраційні та акустичні сигнали відповідно на вібратори, встановлені в головці цівка, і на Bluetooth-гарнітуру. Система живиться від акумуляторної батареї, вмонтованої в цівку (не показано на рисунку). Розгляньмо функції окремих елементів системи.



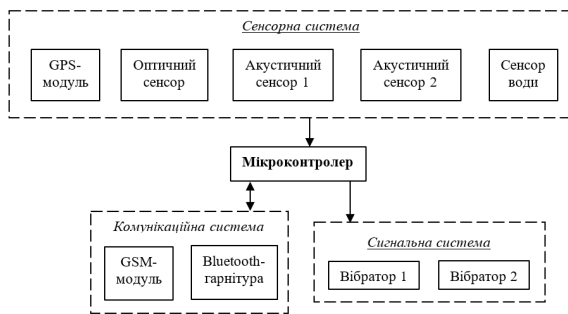


Рис. 1 Структурна схема електронного помічника

A. Мікроконтролер

Мікроконтролер ATmega328P є основою плати Arduino Uno, яка має 14 цифрових входів / виходів (з них 6 з широтно-імпульсною модуляцією), 6 аналогових входів, кварцовий кристал за тактовою частотою 16 МГц. Цього достатньо для забезпечення роботи всієї системи [6]. Плата показана на Рис. 2.

B. GPS-модуль

GPS-модуль зберігає дані поточного місцезнаходження, отримані від системи GPS (Global Positioning System) [8], для порівняння з місцем призначення користувача. Таким чином модуль може простежити шлях людини до пункту призначення і подати попереджувальний сигнал. Модуль GPS складається з приймача GPS та антени. GPS використовує більше двох десятків супутників, що обертаються навколо Землі, щоб дозволити приймачам точно визначити, де вони знаходяться. У системі використовується GPS-модуль для отримання широти та довготи місцезнаходження користувача. Отримані дані використовуються для пошуку місцезнаходження людини. Модуль GPS може відправляти дані про місцезнаходження з точністю до 0,6 м.

Модуль GSM / GPRS (General Packet Radio Service) – це пристрій, що працює в якості мобільного телефону або модему, який використовується для зв'язку з будь-яким пристроєм через мережу. Для роботи модуля GSM потрібно вставити зареєстровану SIM-карту. Це полегшує здійснення та отримання голосових дзвінків, бездротову передачу SMS-повідомлень. GPRS є розширенням можливостей передачі даних GSM. GPRS дозволяє передавати дані з вищою швидкістю, ніж GSM. Він забезпечує можливість взаємодії через Інтернет.

Розширена технологія GPRS модуля GSM надає послугу підключення до Інтернету. Модуль GPS може використовувати GPRS для підключення до Інтернету для збору даних про поточне місцезнаходження людини, що використовує систему.

C. Оптичний сенсор

Оптичний сенсор побудований на основі інфрачервоного арсенід-галієвого світлодіода з максимумом випромінювання на довжині хвилі 900 нм та кремнієвого фотодіода, який має чутливість до такого випромінювання [11]. Кут розходження інфрачервоного випромінювання складає приблизно 65°. У разі появи

перепони в полі зору сенсора випромінювання відбивається від перепони і потрапляє на фотодіод. Підсилений фотострум фотодіода подається на аналоговий вхід мікроконтролера, причому величина фотоструму використовується як оцінка відстані до перепони і відповідно до цієї оцінки генерується звуковий сигнал. Зовнішній вигляд оптичного сенсора зображено на Рис. 3.

D. Акустичні сенсори

Акустичні сенсори 1 та 2 відрізняються тільки частотою ультразвукових хвиль (40 та 50 кГц) [10]. У разі появи перепони у полі зору сенсора хвилі відбиваються від перепони і за часом подвійного проходження відстані мікроконтролер формує вібраційний сигнал відповідної амплітуди. Дальність дії таких сенсорів лежить у межах 2–4 м.

E. Сенсор води

Для запобігання потрапляння сліпої людини в калюжу в нижній частині цівки встановлено сенсор води. На Рис. 4 показано вигляд такого сенсора. Сенсори води використовуються для виявлення водяних перешкод. Робота датчика рівня полягає у тому, що ряд відкритих паралельних провідників разом діє як змінний резистор, опір якого змінюється в залежності від рівня води. Зміна опору відповідає відстані від верхівки сенсора до поверхні води, ланцюг замикається, це перериває ланцюг мікроконтролера, і людина отримує звуковий сигнал про водяну перешкоду [7].

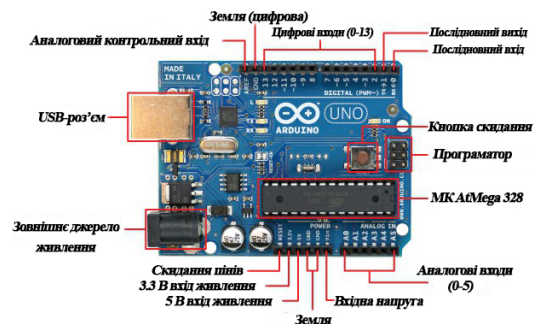


Рис. 2 Вигляд плати Arduino Uno з мікроконтролером ATmega328P



Рис. 3 Зовнішній вигляд оптичного сенсора

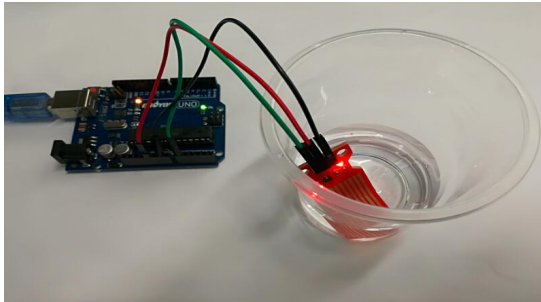


Рис. 4 Вигляд сенсора води

F. GSM-модуль

Цей модуль забезпечує зв'язок за найбільш поширеним стандартом GSM. Функції модуля GSM/GPRS надають велику перевагу в надзвичайних ситуаціях [9]. Людина з вадами зору під час невідкладних або ризикованих ситуацій може використовувати перемикач на палиці, що дозволяє модулю GSM надсилати екстрене повідомлення (яке також вказує його місцезнаходження) відповідній особі, номер якої вже збережений, викликаючи допомогу. Користувач може також здійснити екстрений дзвінок або отримати будь-які дзвінки на свій номер.

G. Bluetooth-гарнітура

Гарнітура дає можливість підтримувати голосовий зв'язок з довіреною особою за екстреної ситуації і отримувати сигнали від мікроконтролера про наявні перепони на шляху людини.

H. Вібратори

Вібраційні сигнали сприймаються двома ділянками долоні людини і дають інформацію про перепони в різних секторах поля зору сенсорів.

На Рис. 5 показано можливий вигляд розумного ціпка.

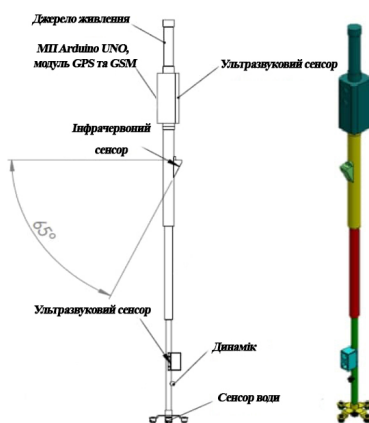


Рис. 5 Дизайн системи, виконаної у вигляді розумного ціпка

Надійшла до редакції 18 лютого 2021 р.

ВИСНОВКИ

У цій роботі запропоновано систему, яка допомагає людині з вадами зору безпечно дістатися до місця призначення. В системі використано різноманітні сенсори для виявлення перешкод та попередження про перешкоду за допомогою звукового сигналу та вібрації. Інтенсивність звукового сигналу та вібрації зростають, коли людина наближається до перешкоди. Модуль GPS відслідковує місцезнаходження користувача. У разі небезпечної ситуації за допомогою модулю GSM/GPRS встановлюється зв'язок сліпої людини з довіреною особою. Комбінація перелічених систем є суттєвою перевагою, оскільки завдяки цьому підвищується надійність, універсальність і розширюється спектр застосувань у порівнянні з подібними системами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] "WHO | Global data on visual impairment." URL: <https://www.who.int/blindness/publications/globaldata/en/>. [Accessed: 08-Feb-2021].
- [2] P. Ramachandra Mavarkar and Z. K. Mundargi, "Real Time Smart Bind Stick using Artificial Intelligence," *Indian Journal of Artificial Intelligence and Neural Networking*, Dec 2020, vol. 1 no. 1, pp. 9-13. URL: <https://www.ijainn.latticescipub.com/wp-content/uploads/papers/v1i1/A1003011121.pdf>
- [3] J. M. Benjamin, N. A. Ali, and A. F. Schepis, "A Laser Cane for the Blind," *Proc. San Diego Biomed. Symp.*, vol. 12, pp. 53-57, 1973.
- [4] S. Chew, "The Smart White Cane for Blind," *Natl. Univ. Singapore*, 2012.
- [5] A. S. Al-Fahoum, H. B. Al-Hmoud, and A. A. Al-Fraihat, "A smart infrared microcontroller-based blind guidance system," *Act. Passiv. Electron. Components*, vol. 2013, 2013, DOI: [10.1155/2013/726480](https://doi.org/10.1155/2013/726480).
- [6] "Arduino Uno."
- [7] "Arduino - Water Detector / Sensor - Tutorialspoint." URL: https://www.tutorialspoint.com/arduino/arduino_water_detector_sensor.htm. [Accessed: 08-Feb-2021].
- [8] "GPS: The Global Positioning System." URL: <https://www.gps.gov/>. [Accessed: 08-Feb-2021].
- [9] "What is GSM Module and GPRS Module? | EXPERT CLASS NOTES." URL: <https://www.electronicsforu.com/resources/gsm-module>. [Accessed: 08-Feb-2021].
- [10] "Ultrasonic Sensor HC-SR04 and Arduino Tutorial - HowToMechatronics." URL: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04/>. [Accessed: 08-Feb-2021].
- [11] "What is an IR sensor? | FierceElectronics." URL: <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-ir-sensor>. [Accessed: 08-Feb-2021].

Electronic Assistant for Impaired People

A. A. Pakhomov, ORCID [0000-0003-3457-008X](https://orcid.org/0000-0003-3457-008X)

R. P. Sahan, ORCID [0000-0001-9605-7922](https://orcid.org/0000-0001-9605-7922)

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", ROR [00syn5v21](https://orcid.org/00syn5v21)
Kyiv, Ukraine

Abstract—For people with serious visual impairments, a system is proposed that helps to identify obstacles and call for help in an emergency situation. The system is based on a microcontroller and optical, acoustic and electric sensors connected to it, as well as GPS and GSM modules. Modules interact with a person using voice communication.

According to the World Health Organization (WHO), 39 million people worldwide are blind and 246 million are visually impaired [1]. People with partial or complete loss of vision face many problems in their daily lives, especially the problem of movement and orientation in the field. A blind person usually uses a traditional stick to improve their mobility. However, the stick cannot provide a person with information beyond his reach.

There are smart sticks that use one camera, or several video cameras mounted on the stick to capture images. Captured video images are resized, further processed and converted into acoustic or vibration signals. In such systems, the frequency of the warning signal correlates with the pixel orientation of the camcorder.

There are also systems that use ultrasonic sensors to detect interference. The value of the distance to the obstacle, measured by a sound wave, is transmitted to the microcontroller, which sends a sound signal through the speaker. The disadvantages of such systems are the inability to detect hidden obstacles that are dangerous to the visually impaired, such as stairs, pits, puddles, and so on.

The proposed system solves these problems by combining the capabilities of acoustic and optical sensors, as well as a water sensor. Support for a person in a difficult situation is also provided by establishing a telephone connection with a trustee. The GPS location information is received by the GPS module and the microcontroller sends this information via the GSM module to the specified contact number.

The system consists of a microcontroller (control of the electronic assistant), a sensor system that receives information about the location of a person and obstacles in its path, an effector system that sends a person acoustic and vibration signals about detected obstacles, as well as a communication system. connects: 1) two ultrasonic sensors to detect obstacles located in front at knee height and at head height; 2) infrared sensor to detect stairs and terrain; 3) water sensor to detect puddles. The sensors collect data in real time and send it to the microcontroller for processing. After processing the sensory information, the microcontroller sends vibrations and acoustic signals to the person, respectively, on the vibrators installed in the stick head, and on the Bluetooth headset. The system is powered by a recessed battery (not shown).

This article proposes a system that helps a visually impaired person to reach their destination safely. The system uses a variety of sensors to detect interference and warn of interference with an audible signal and vibration. The intensity of the sound signal and vibration increase when a person approaches an obstacle. The GPS module tracks the user's location. In case of a dangerous situation, the GSM / GPRS module establishes a connection between a blind person and a trustee.

Keywords — *microcontroller; GPS module; GSM module; optical sensor; acoustic sensor; water sensor.*