

Практичні аспекти розробки модуля тактильного зв'язку для навігаційних систем

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

Анотація: У статті представлено досвід розробки модуля тактильного дисплею як складової системи навігації для людей із порушеннями зору. Розглянуто принципи побудови модулю, вибір виконавчих елементів, особливості керування вібраційними моторами з використанням широтно-імпульсної модуляції, а також питання живлення та бездротового зв'язку з мобільним пристроєм. Проведено експериментальні дослідження з визначення ефективного діапазону параметрів ШІМ, виявлено вплив інерційності моторів. Отримані результати підтверджують функціональну спроможність запропонованої архітектури та її перспективність для застосування в адаптивних системах зворотного тактильного зв'язку.

Ключові слова: навігація незрячих людей, тактильний зв'язок, ESP32.

Сучасні технології відкривають нові шляхи розв'язання задач, які донедавна вважались складними або неможливими. Одним з прикладів таких задач є забезпечення автономної навігації для людей з порушеннями зору. Запропонована нами архітектура передбачає використання двокомпонентної системи: мобільного додатку для смартфона та окремого модуля тактильного зворотного зв'язку, який можливо називати тактильним дисплеєм. Попередні етапи проекту були присвячені концептуалізації архітектури загалом, тоді як дана робота зосереджується безпосередньо на розробці та тестуванні модуля тактильного зв'язку [1, 2].

Під час створення модуля необхідно враховувати цілу низку інженерних, ергономічних та економічних факторів. Одним із ключових обмежень є доступність — як у сенсі собівартості виготовлення, так і в контексті зручності експлуатації для користувачів із обмеженими можливостями. У зв'язку з цим, модуль має бути технічно простим, компактним, енергоефективним та інтуїтивно зрозумілим у користуванні [3, 4].

У якості виконавчого елемента було обрано матрицю з електромеханічних вібромоторів типу ERM, розміщених на гнучкій основі з можливістю фіксації на передпліччі користувача. Враховуючи існуючі мініатюрні форм-фактори таких моторів, їх можна ефективно інтегрувати у легкі конструкції, рис. 1. В залежності від типу та відстані до виявлених об'єктів (перешкод), у відповідному секторі активується певний мотор за попередньо заданим патерном.

В ході роботи було виявлено, що ефективна передача тактильного сигналу потребує точного налаштування параметрів керування. Зокрема, під час початкових експериментів виявлено, що просте включення або вимкнення моторів за таймером є недостатньо інформативним через інерційність механіки ERM-приводів. Такий підхід призводить до того, що сигнали сприймаються як надто слабкі або, навпаки, надмірно сильні, без можливості чіткого диференціювання, та здатні викликати неприємні відчуття.

Натомість, застосування широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) дозволило досягти значно кращого контролю над роботою моторів, та забезпечити нормальну реакцію на патерн. Інерція у цьому випадку відіграє позитивну роль, діючи як природний фільтр, що згладжує вібрацію мотора і забезпечує його стабільність. Під час тестування використовувалась частота ШІМ 500

Гц. При скважності 5% мотор перебуває у стані спокою, вібрація стає відчутною приблизно з рівня 20% скважності.

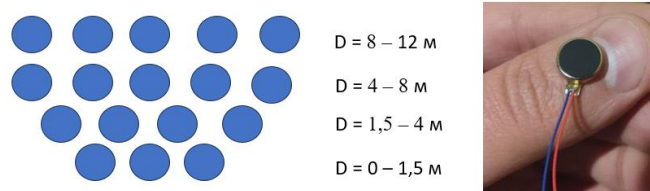


Рисунок 1 – Організація матриці моторів

Таким чином, запропонований підхід підтверджує свої можливості. Незважаючи на простоту реалізації, розроблена система має потенціал до подальшого вдосконалення та масштабування. Враховуючи невисоку вартість, використання доступних компонентів і гнучкість архітектури, подібний модуль може стати основою для побудови практичних засобів навігації, орієнтованих на потреби користувачів із вадами зору та інших систем, що потребують тактильного зв'язку.

Перелік посилань

1. Sokolov A., Avrunin O., Selivanova K. and Shushliapina N. Application of Augmented Reality Technologies for Determining Distances in Navigation System for the Blind // 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Oct. 2024, pp. 530–533. doi: <https://doi.org/10.1109/tcset64720.2024.10755743>.
2. Sokolov A., Avrunin O. Evaluation of ARCORE library capabilities for determining the distance to objects in the frame // Optoelectronic Information-Power Technologies. 2024. Vol. 47, no. 1. P. 58–65. doi: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2024-47-1-58-65>.
3. Оцінка можливостей бібліотеки ARCORE для визначення дистанції до об'єктів у кадрі / А. А. Соколов, О. Г. Аврунін // Опт.-ел. інф.-енерг. техн. 2004. Вип. 47, № 1. С. 58–65. DOI: 10.31649/1681-7893-2024-47-1-58-65.
4. Sokolov, A., Avrunin, O. (2025). Using the ARCore library to visualize keypoint clouds in navigation systems. *Radiotekhnika*, (219), 53–58. <https://doi.org/10.30837/rt.2024.4.219.06>

Соколов Андрій - аспірант, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, 61166, Україна, e-mail: andrii.sokolov@nure.ua,

Аврунін Олег - д. техн. наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 61166, Україна, e-mail: oleh.avrunin@nure.ua

Practical aspects of developing a tactile communication module for navigation systems

Abstract: The article presents the experience of developing a tactile display module as a component of a navigation system for people with visual impairments. The principles of building the module, the choice of executive elements, the features of controlling vibration motors using pulse-width modulation, as well as the issues of power supply and wireless communication with a mobile device are considered. Experimental studies were conducted to determine the effective range of PWM parameters, and the influence of motor inertia was revealed. The results obtained confirm the functional capability of the proposed architecture and its prospects for application in adaptive tactile feedback systems.

Keywords: navigation of blind people, tactile communication, ESP32.

Sokolov Andrii - PhD student, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 61166, Ukraine, e-mail: andrii.sokolov@nure.ua,

Avrunin Oleh - D. Techn. Sc., Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 61166, Ukraine, e-mail: oleh.avrunin@nure.ua