

Мікропроцесорна система визначення інтенсивності руху автотранспорту

Мирошниченко Є. М.

e-mail miregomax@gmail.com

Факультет електроніки fel.kpi.ua

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» kpi.ua

Київ, Україна

Реферат—В статті розглянуто основні принципи моніторингу дорожнього трафіку. Основою інформаційних системи моніторингу дорожнього руху є візуальні спостерігачі та датчики дорожньо-транспортних параметрів. Існуючі на даний момент трафік-сенсори показують незадовільні результати в умовах інтенсивного руху транспортних засобів (ТЗ), паркування ТЗ на смузі руху, візуального перекриття ТЗ трафік-сенсора та при русі ТЗ поміж смуг. В статті запропоновано архітектуру системи з використанням датчиків Холла для збору первинної інформації про рух транспортних засобів. Розроблено апаратну реалізацію дослідного зразку блоку обробки даних системи та експериментально доведено можливість застосування магнітно-резонансного ефекту для визначення інтенсивності руху автотранспорту.

Ключові слова — датчики Холла; магнітно-резонансний ефект; зональні контролери; моніторинг руху транспортних засобів.

I. ВСТУП

Враховуючи зростаючі темпи збільшення автомобільного трафіку, актуальним є питання моніторингу транспортного руху для ефективної оцінки проблемних ділянок траси, отримання оперативної дорожньо-транспортної інформації, керування рухом у мегаполісах, регулювання тривалості світлофорних тактів та своєчасного вмикання інформаційних знаків.

Основою інформаційної системи моніторингу дорожнього руху є візуальні спостерігачі та датчики дорожньо-транспортних параметрів. Від їх функціональних можливостей та достовірності даних великою мірою залежить ефективність роботи всієї інформаційної системи. Сучасні системи контролю дорожнього трафіку базуються на зональних контролерах (ЗК), які складаються з датчика для отримання первинної інформації про рух транспортних засобів та мікропроцесорного блоку попередньої обробки даних [1]. Найчастіше використовують оптичні та ультразвукові датчики, магнітні ворота, системи відеоспостереження [2]. Існуючі трафік-сенсори іноземного виробництва показують незадовільні результати в умовах інтенсивного руху транспортних засобів (ТЗ), паркування ТЗ на смузі руху, візуального перекриття ТЗ трафік-сенсора та при русі ТЗ поміж смуг. Це приводить до передчасного переходу ЗК до функціонального стану «затор», та значного зниження інформативності системи. Метою роботи є розробка ЗК який міг б нівелювати всі вищеперераховані недоліки.

II. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ФІКСАЦІЇ РУХУ АВТОМОБІЛІВ

Для пошуку оптимального рішення для фіксації руху автомобілів, було проаналізовано існуючі на даний момент системи контролю дорожнього руху [3, 4], які використовують різні фізичні ефекти та відповідні датчики для збору первинної інформації. У таблиці 1 наведено порівняльний аналіз базових особливостей найбільш поширених методів моніторингу інтенсивності руху.

Аналіз існуючих систем моніторингу показує, що слабким місцем таких систем є саме датчики/способи якими детектується рух. Тому, основною задачею при створенні нових систем контролю дорожнього руху є вибір ефективного методу фіксації руху транспортного засобу. Нижче буде розглянуто, метод, що базується на ефекті Холла та показана можливість його застосування в системах моніторингу дорожнього трафіку.

III. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ НА ОСНОВІ ЕФЕКТУ ХОЛЛА

Кожний транспортний засіб має у своєму кузові металеві елементи і, при своєму переміщенні, він буде тим чи іншим чином впливати на магнітне поле Землі.

У загальному розумінні ефект Холла - це виникнення в твердому провіднику з щільністю струму j , розміщеному в магнітне поле напруженістю H , електричного поля напруженістю E_H в напрямку,



перпендикулярному H і j [5]. Величина напруженості електричного поля (поля Холла) визначається наступним чином:

$$E_H = RH \sin \alpha, \tag{1.1}$$

де α – кут між H і j ($\alpha < 180^\circ$).

Аналізуючи збурення магнітного поля викликаного переміщенням об'єкта з феромагнітними елементами (транспортного засобу зі сталевими і залізними деталями) над сенсорами магнітного поля і вимірюючи затримку між моментами спрацьовування двох сенсорів (рис. 1.) можна визначити усереднену швидкість руху об'єкта :

$$V = \frac{\Delta L}{\Delta t}, \tag{1.2}$$

де ΔL - відстань між сенсорами S_0 та S_1 ; Δt - різниця в часі спрацьовування сенсорів.

Реєструючи профіль зміни збурення магнітного поля в часі над одним датчиком, і знаючи швидкість руху об'єкта - V , можна визначити довжину об'єкта:

$$X = V(t_{end} - t_{start}), \tag{1.3}$$

де t_{end} – час закінчення збурення; t_{start} – час початку збурення.

Для збільшення точності визначення довжини об'єкту, можна використовувати інформацію з обох датчиків та усереднити отримані значення.

IV. РЕАЛІЗАЦІЯ ЗОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЕРА

Блок-схема системи моніторингу, в основу якої покладено збір первинної інформації про рух транспортних засобів з використанням ефекту Холла, наведена на рисунку 2.

До складу системи входять наступні компоненти та блоки:

- датчик 1, 2 – датчики Холла для зняття первинної інформації;
- блок обробки даних, який складається з блоку зчитування та блоку обчислення. Блок зчитування реалізує зняття інформації з датчиків Холла з визначеним кроком зчитування t_s . Блок обчислень, реалізує алгоритм роботи системи, виконуючи необхідні обчислення швидкості руху на підставі інформації, яка надійшла з блоку зчитування;
- блок візуалізації реалізує інтерфейс користувача системи з візуалізацією результатів моніторингу.

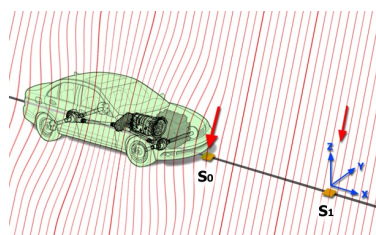


Рис. 1. Схема вимірювання швидкості транспортного засобу.

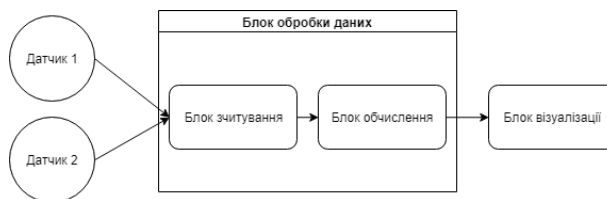


Рис.2. Блок-схема системи моніторингу.

ТАБЛИЦЯ 1. ПОРІВНЯЛЬНА ТАБЛИЦЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ.

Існуючі рішення	Оптичні датчики	Ультразвукові датчики	Індуктивні ворота	Відеоспостереження
Проблеми <i>Багаторядний рух</i>	Схема з перетином променя (при багаторядному русі неможливо виконати кількісну оцінку, визначити напрямок руху і швидкість автомобіля).	Схема з перетином променя (при багаторядному русі неможливо виконати кількісну оцінку, визначити напрямок руху і швидкість автомобіля).	Недоцільне і дороге встановлення воріт при багаторядному русі (неможливо виконати кількісну оцінку, визначити напрямок руху і швидкість автомобіля).	Проблема вирішується збільшенням кількості камер, або особливим налаштуванням програмного забезпечення, що відповідно впливає на вартість системи в цілому.
<i>Бруд</i>	Відбиття Променю від днища автотранспорту може не відбуватися через бруд і наявність масляних покриттів на ньому.	Неможливо захистити активний елемент від бруду, тому що він повинен завжди бути відкритим.	Ніяк не впливає на функціонування магнітних воріт.	Є вірогідність забруднення камер спостереження.
<i>Вартість</i>	Помірна ціна	Помірна ціна	Дороге рішення, не вандалостійке	Висока вартість, по більшій мірі через програмне забезпечення.

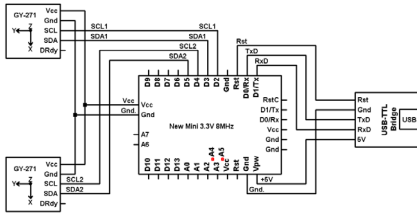


Рис. 3. Схема електрично-принципова зонального контролера.

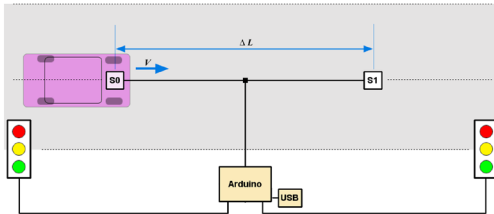


Рис. 4. Макет експериментального стенду.

Для експериментальної перевірки описаного вище методу збору первинної інформації було розроблено дослідний зразок ЗК. Для фіксації змін магнітного поля, пов'язаних з пересуванням транспортного засобу, було обрано пару цифрових магнітних тріохкоординатних компасів HMC5883L, що працюють на ефекті Холла та мають можливість автокалібрування для врахування магнітного відхилення [6].

Магнітометр HMC5883L має 3 магніто-резистивні датчики, розташовані на трьох перпендикулярних осях (декартові осі X, Y і Z), що дозволяє реалізувати можливість визначення параметрів руху транспортних засобів, які змінюють смугу руху.

Для реалізації блоку обробки даних використано плату Arduino PRO Mini з процесором ATmega328, який є 8-ми розрядним CMOS мікро-контролером з низьким енергоспоживанням і вбудованим аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) [7].

Принципова схеми запропонованого дослідного зразку ЗК наведена на рис. 3.

V. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Для перевірки працездатності розглянутого вище методу вимірювання інтенсивності руху, було спроектовано макет експериментального стенду (рис. 4.).

Датчики магнітного поля S0 та S1 були встановлені на відстані 10 см один від одного. Для емуляції руху транспортного засобу, на висоті 2-3 см від датчиків переміщався сталевий викрутка, орієнтована перпендикулярно напрямку переміщення. Викрутка була обрана, як об'єкт, що певною мірою нагадує передню/задню вісь автомобіля. В даному експерименті для зняття значень з датчиків було обрано темп опитування датчиків $t_s = 20$ мс. В реальних системах моніторингу значення даного параметру обирається з урахуванням мінімальної довжини автомобіля і максимальної швидкості його переміщення.

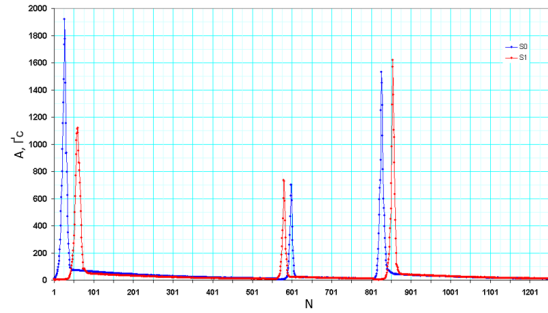


Рис. 5. Результати трьох вимірів сигналу з двох сенсорів S0 і S1, де A - амплітуда магнітного поля (Гс), N - номер відліку часу.

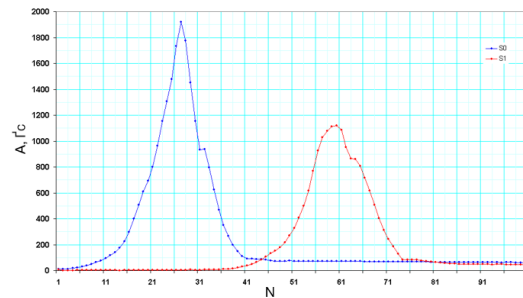


Рис. 6. Перший фрагмент реєстрації. Точки 1-100.

В ході експерименту викрутка переміщується над датчиками три рази зі зміною напрямку руху. Експериментальні результати, які ілюструють зміни магнітного поля при переміщенні об'єкту над датчиками наведені на рис. 5.

З рисунку видно, що зміна напрямку руху об'єкта (зліва на право та навпаки) призводить до зміни черговості спрацювання датчиків, що підтверджує можливість застосування запропонованого ЗК для визначення напрямку руху. На рисунку 6 наведено фрагмент реєстрації руху об'єкту в один бік, дані якого використовуються для розрахунку швидкості руху.

Відстань між імпульсами двох сенсорів приблизно 35 відділків. Відповідно час проходження викрутки над датчиками: $35 * 20 \text{ мс} = 700 \text{ мс}$. З урахуванням відстані між датчиками 10 см, усереднена швидкість руху об'єкта складає $10 \text{ см} / 0.7 \text{ с} = 14 \text{ см/с}$.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В роботі запропоновано метод визначення параметрів дорожнього руху, який базується на ефекті Холла. Обґрунтовано використання чутливих сенсорів магнітного поля - цифрових компасів. Запропонована блок-схема системи моніторингу дорожнього руху та виконано реалізацію зонального контролера з використанням цифрових компасів HMC5883L на базі Arduino PRO Mini. З використанням розробленого експериментального стенду проведено цикл натурних експериментів, які підтвердили можливість використання запропонованого методу для визначення швидкості та напрямку руху транспортних засобів. При розробці ЗК для реальних систем моніторингу дорожнього трафіку необхідно визначити два параметри системи - відстань між датчиками та темп опитування датчиків, виходячи з мінімальної

довжини транспортного засобу, максимально можливої швидкості руху автомобілів та конкретної задачі визначення усередненої швидкості руху.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] R. S. Ju, A. R. Cook, and T. H. Maze, "Techniques for managing freeway traffic congestion," *Transp. Q.*, vol. 41, no. 4, pp. 519–537, 1987.
- [2] S. A. Ahmed, "Urban freeway traffic management technology," *Journal of Transport Engineering*, vol.112, no.4, pp.369-371, 1986.
- [3] "Monitoring avtomobilnykh dorog. [Road monitoring]." [Online]. Available: <http://gt.madi.ru/gis/monitoring-avtomobilnykh-dorog/>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [4] "Sistemy dorozhnogo monitoringa. Intellektualnaya transportnaya sistema. [Road monitoring systems. Intelligent transport system]." [Online]. Available: <http://mkk-group.ru/production/traffic/>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [5] «Sredstva i metody izmereniya magnitnykh velichin. [Means and methods for measuring magnetic quantities.].» [Online]. Available: <http://electricalschool.info/spravochnik/izmeren/1846-sredstva-i-metody-izmereniya-magnitnykh.html>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [6] «ARDUINO. VYMIRUEMO MAGNITNE POLE ZEMLI MAGNITOMETROM HMC5883L. [ARDUINO MEASURING THE MAGNETIC FIELD OF THE EARTH MAGNETOMETER HMC5883L].» [Online]. Available: <http://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/category-arduino/44-measure-the-earth-s-magnetic-field-magnetometer-hmc5883l>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [7] «Mikrokontroler ATmega328 — opisanie, harakteristiki. [Microcontroller ATmega328 - description, characteristics.].» [Online]. Available: <http://robolive.ru/mikrokontroler-atmega328-opisanie-xarakteristiki/>. [Accessed: 08-Apr-2019].

УДК 53.087.92

Микропроцессорная система определения интенсивности движения автотранспорта

Мирошниченко Е. М.,

e-mail miregomax@gmail.com

Факультет електроніки fel.kpi.ua

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» kpi.ua

Киев, Украина

Реферат—В статье рассмотрены основные принципы мониторинга дорожного трафика. Основой информационных системы мониторинга дорожного движения является визуальные наблюдатели и датчики дорожно-транспортных параметров. Существующие на данный момент трафик-сенсоры показывают неудовлетворительные результаты в условиях интенсивного движения транспортных средств (ТС), парковки ТС на полосе движения, визуального перекрытия ТС трафик-сенсора и при движении ТС между полос. В статье предложена архитектура системы с использованием датчиков Холла для сбора первичной информации о движении транспортных средств. Разработана аппаратная реализация опытного образца блока обработки данных системы и экспериментально доказана возможность применения магнитно-резонансного эффекта для определения интенсивности движения автотранспорта.

Ключевые слова — датчики Холла; магнитно-резонансный эффект; зональные контроллеры; мониторинг движения транспортных средств.

UDC 53.087.92

Microprocessor System for Determining the Intensity of Transport Motion

Y. M. Myroshnychenko,

e-mail miregomax@gmail.com

Faculty of electronics fel.kpi.ua

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" kpi.ua



Abstract—The article discusses the basic principles of monitoring traffic and proposed a system architecture using Hall sensors to collect primary information about the movement of vehicles. The basis of the information system of traffic monitoring are visual observers and sensors of road transport parameters. The functionality of the entire information system depends to a large extent on their functionality and data reliability. Modern traffic control systems are based on zonal controllers (LCs), which consist of a sensor for obtaining primary traffic information and microprocessor pre-processing units [1]. Most often use optical and ultrasound sensors, magnetic gates, video surveillance systems [2]. Existing traffic-sensors of foreign production show unsatisfactory results in conditions of intensive traffic of vehicles (TK), parking TK in the traffic lane, visual overlap of TK traffic sensor and moving TZ between bands. This leads to a premature transition of the KK to the functional state of "jamming", and a significant reduction in the informativity of the system. The purpose of the work is to develop a MK that could offset all the above-mentioned shortcomings.

Each vehicle has metal elements in its body and, in its movement, it will in one way or another affect the magnetic field of the Earth. Analyzing the perturbation of the magnetic field caused by the movement of the object with ferromagnetic elements (vehicle with steel and iron parts) over magnetic field sensors and measuring the delay between the moments of operation of two sensors can determine the average speed of the object. An experimental sample was developed for experimental verification of the above-described method for collecting primary information. To fix the magnetic field changes associated with the transport of a vehicle, a pair of digital magnetic three-coordinate HMC5883L compasses operating on the Hall effect were selected and have the ability to auto-calibrate to account for the magnetic deviation.

Magnetic meter HMC5883L has 3 magnetoresistance sensors, located on three perpendicular axes (Cartesian axes X, Y and Z), which allows to realize the ability to determine the parameters of motion of vehicles that change the lane. To implement the data processing unit, the Arduino PRO Mini board with the ATmega328 processor, which is a low-power 8-bit CMOS microcontroller and a built-in analog-to-digital converter, is used.

In the work the method of determination of traffic parameters based on the Hall effect is proposed. The use of sensitive magnetic field sensors - digital compasses is grounded. The block diagram of the traffic monitoring system is proposed and implementation of the area controller using the digital compasses HMC5883L based on Arduino PRO Mini. Using a developed experimental stand, a series of field experiments was carried out that confirmed the possibility of using the proposed method for determining the speed and direction of transport of vehicles.

Keywords — Hall sensors; magnetic resonance effect; zone controllers; vehicle traffic monitoring.