Научная статья
Original article
УДК 675

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА

MICROPROCESSOR SYSTEM FOR DETERMINING THE INTENSITY OF VEHICLE TRAFFIC

Бикбулатов Радмир Ильдарович, студент 2 курс, факультет «Автоматизация технологических процессов и производств», Институт теплоэнергетики, Россия, г. Казань

Bikbulatov Radmir Ildarovich, 2nd year student, Faculty of Automation of Technological Processes and Productions, Institute of Thermal Power Engineering, Russia, Kazan

Аннотация: В статье изучены главные критерии анализа дорожного трафика. Основой информационных систем анализа дорожного движения являются визуальные наблюдатели и датчики дорожно-транспортных критериев. Изучены на данный момент трафик-сенсоры демонстрируют неудовлетворительные показатели в обстоятельствах непрерывного движения транспортных средств (ТС), парковки ТС на полосе движения, визуального перекрытия ТС трафика-сенсора и при движении ТС между полосами. В статье предоставлена архитектура системы с применением датчиков Холла для сбора первичной информации о движении транспортных средств. Разработана аппаратная реализация опытного образца блока обработки данных системы и

экспериментально подтверждена способность использования магниторезонансного эффекта для описания интенсивности движения автотранспорта.

Annotation: the article examines the main criteria for analyzing road traffic. The basis of traffic analysis information systems are visual observers and sensors of road traffic criteria. Traffic sensors studied at the moment demonstrate unsatisfactory performance in the circumstances of continuous movement of vehicles (TS), parking of the vehicle in the lane, visual overlap of the traffic sensor vehicle and when the vehicle is moving between lanes. The article presents the architecture of the system using Hall sensors to collect primary information about the movement of vehicles. A hardware implementation of a prototype data processing unit of the system has been developed and the ability to use the magnetic resonance effect to describe the intensity of motor transport traffic has been experimentally confirmed.

Ключевые слова: датчики Холла; магнитнорезонансный эффект, зональные контроллеры, мониторинг движения транспортныхсредств.

Keywords: Hall sensors, magnetic resonance effect, zonal controllers, vehicle traffic monitoring.

Отмечая растущие темпы возрастания автомобильного трафика, актуален вопрос анализа транспортного движения для эффективной оценки конфликтных участков трассы, предоставления оперативной дорожно-транспортной информации, управления движением в мегаполисах, регулирование длительности светофорных тактов и своевременного включения информационных знаний. Основой информационной системы мониторинга дорожного движения и есть визуальные наблюдатели и датчики дорожно-транспортных параметров. От их функциональных возможностей и правдоподобностей сведений во многом характеризуется результативность работы всей информационной системы. Современные системы контроля дорожного трафика основываются на зональных контроллерах (ЗК), которые

состоят из датчика для обеспечения первоначальной информации о движении транспортных средств и микропроцессорного блока предварительной обработки данных [1]. Чаще всего используют оптические и ультразвуковые датчики, магнитные ворота, системы видеонаблюдения [2].

Существующие трафики-сенсоры иноземного производства показывают неудовлетворительные результаты в обстоятельствах беспрерывного движения транспортных средств (ТС), парковки ТС на полосе движения, визуального перекрытия ТС трафика-сенсора и при движении ТС между полосами. Это приводит к скоропостижному переходу ЗК между полосами, преждевременному переходу ЗК в функциональное состояние "затор" и существенному уменьшению информативности системы. Целью работы является реализация ЗК, который мог бы нивелировать все вышеперечисленные недостатки.

Для поиска высокоэффективного решения для фиксации движения автомобилей, были изучены все существующие на конкретный момент системы контроля дорожного движения [3,4], использующие различные физические эффекты и соответствующие датчики для сбора первичной информации. В таблице 1 приведен сопоставительный анализ базовых особенностей наиболее распространенных методов анализа интенсивности движения. Анализ уже имеющих систем мониторинга демонстрирует, что слабым местом таких систем оказываются именно датчики, которыми детектируется движение. Поэтому, главной задачей при создании новых систем контроля дорожного движения является выбор действенного метода фиксации движения транспортного средства. Ниже будет изучен, метод, базирующий на эффекте Холлата, продемонстрирована возможность его использования в системах мониторинга дорожного трафика

Каждое транспортное средство имеет в своем кузове металлические элементы и, при своем перемещении, оно будет тем или иным образом воздействовать на магнитное поле Земли. В общем понимании эффект Холла - это возникновение в твердом проводнике с плотностью тока j, размещенном

в магнитном поле напряженностью H, электрического поля напряженностью $E_н$ в направлении, перпендикулярном H i j[5]. Величина напряженности и электрического поля (поля Холла) определяется следующим образом:

$$E_H = RH \sin \alpha, \quad (1.1)$$

где α – угол между H i j$^{(\alpha<180^\circ)}$

Анализируя возмущение магнитного поля вызванного перемещением объекта с ферримагнитными элементами (транспортного средства со стальными и железными деталями) над сенсорами магнитного поля и измеряя задержку между моментами срабатывания двух сенсоров (рис. 1.) можно определить усредненную скорость движения объекта:

$$V = \frac{\Delta L}{\Delta t}, \quad (1.2)$$

Где ΔL - расстояние между сенсорами S_0 и S_1; Δt - разница во времени срабатывания сенсоров. Регистрируя профиль изменения возмущения магнитного поля во времени над одним датчиком, и зная скорость движения объекта - V, можно определить длину объекта:

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

Где t_{end} – время окончания возмущения; t_{start} – время начала возмущения. Для увеличения точности определения длины объекта можно использовать информацию с обоих датчиков и усреднить полученные значения.

Блок-схема системы мониторинга, в основу которой положен сбор первичной информации о движении транспортных средств с использованием эффекта Холла, приведена на рисунке 2. В состав системы входят следующие компоненты и блоки:

- датчик 1, 2 –датчики Холла для снятия первоначальной информации;
- блок обработки данных, состоящий из блока считывания и блока вычисления. Блок считывания реализует снятие информации с датчиков Холла с определенным шагом считывания ts. Блок вычислений, реализует алгоритм

работы системы, выполняя необходимые вычисления скорости движения на основании информации, поступившей из блока считывания;

- блок визуализации реализует интерфейс пользователя системы с визуализацией результатов мониторинга.

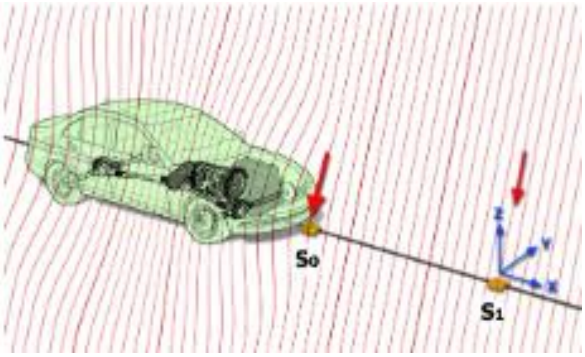

Рис. 1. Схема измерения скорости транспортного средства

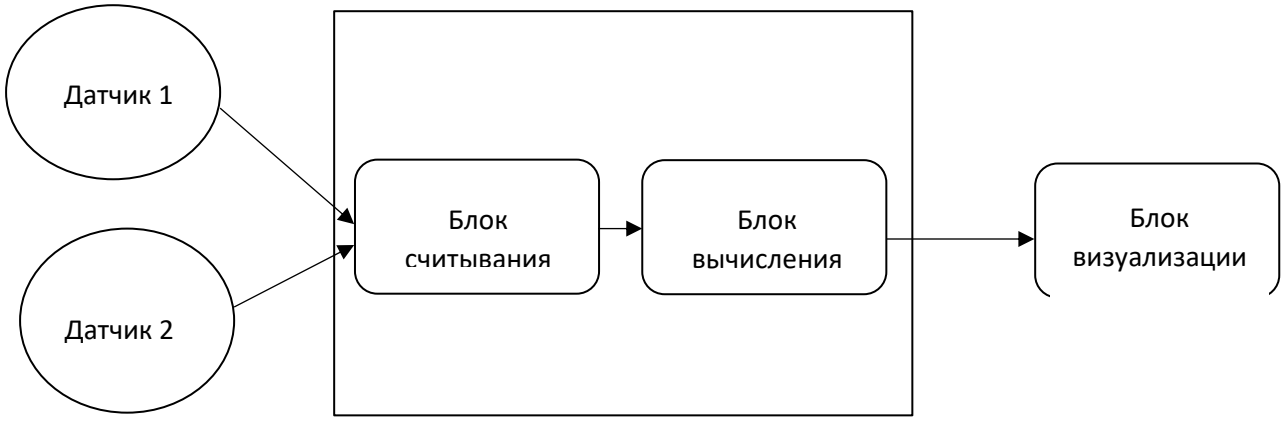

Рис.2. Блок-схема системы мониторинга.

Таблица 1. Сравнительная таблица существующих методов мониторинга интенсивности движения.

Сущ. решения / Проблемы	Оптические датчики	Ультразвуковые датчики	Индуктивные ворота	Видеонаблюдение
Многорядное движение	Схема с сечением луча (при многорядном	Схема с сечением луча (при	Нецелесообразное и дорогое	Проблема решается

	движении невозможно выполнить количественную оценку, определить направление движения и скорость автомобиля.	многорядном движении невозможно выполнить количественную оценку, определить направление движения и скорость автомобиля.	установка ворот при многорядном движении (невозможно выполнить количественную оценку, определить направление движения и скорость автомобиля)	увеличением количества камер, или особой настройкой программного обеспечения соответственно влияет на стоимость системы в целом.
Грязь	Отражение днища автотранспорта может не происходить из-за грязи и наличия масляных покрытий на нем.	Невозможно защитить активный элемент от грязи, потому что она должна всегда быть открытой.	Никак не влияет на функционирование магнитных ворот.	Имеется вероятность загрязнения камер наблюдения.
Стоимость	Умеренная цена	Умеренная цена	Дорогое решение, не влагоустойчивое	Высокая стоимость, по большей степени через программное обеспечение

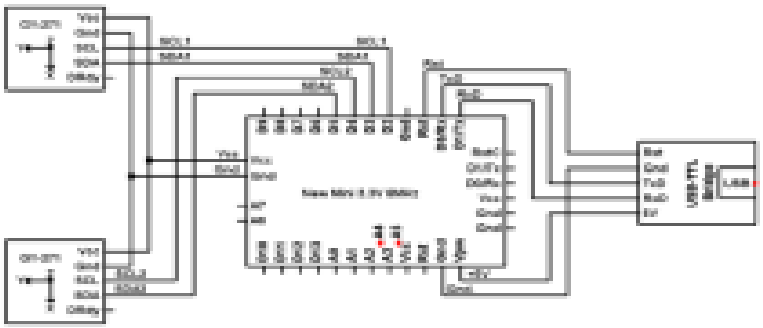

Рис. 3. Схема электрическая-принципиальная зонального контроллера.

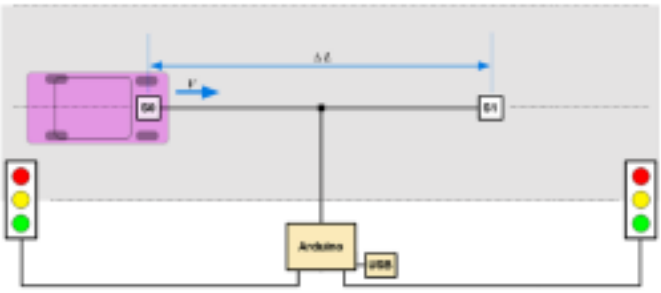

Рис. 4. Макет экспериментального стенда.

Для экспериментальной проверки описанного выше метода сбора первичной информации был разработан опытный образец ЗК. Для фиксации изменений магнитного поля, связанных с передвижением транспортного средства, была выбрана пара цифровых магнитных трехкоординатных компасов HMC5883L, работающих на эффекте Холла и имеют возможность автокалибровки для учета магнитного отклонения.

Магнитометр HMC5883L имеет 3 магниторезистивных датчиков, расположенные на трех перпендикулярных осях (декартовые оси X, Y и Z), что позволяет реализовать возможность определения параметров движения транспортных средств, изменяющих полосу движения.

Для реализации блока обработки данных использовано плату Arduino PRO Mini с процессором ATmega328, который является 8-ми разрядным

CMOS микро-контроллером с низким энергопотреблением и встроенным аналогово-цифровым преобразователем (АЦП)[6].

Принципиальная схемы предложенного опытного образца ЗК приведена на рис. 3.

Для проверки работоспособности приведенного выше метода измерения интенсивности движения, был разработан макет экспериментального стенда (рис. 4.).

Датчики магнитного поля S0 и S1 установлены на расстоянии 10см друг от друга. Для эмуляции движения транспортного средства, на высоте 2-3 см от датчиков перемещалась стальная отвертка, ориентированная перпендикулярно направлению перемещения. Отвертка была выбрана, как объект, в определенной степени напоминающий переднюю/заднюю ось автомобиля. В данном эксперименте для снятия значений с датчиков был выбран темп опрос датчиков ts=20 мс. В реальных системах мониторинга значения данного параметра выбирается с учетом минимальной длины автомобиля и максимальной скорости его перемещения.

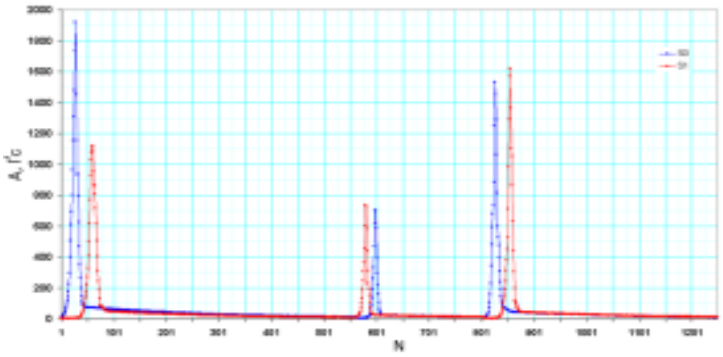

Рис. 5. Результаты трех измерений сигнала из двух сенсоров S_0 и S_1, где A – амплитуда магнитного поля (Гс), N – номер отсчета времени.

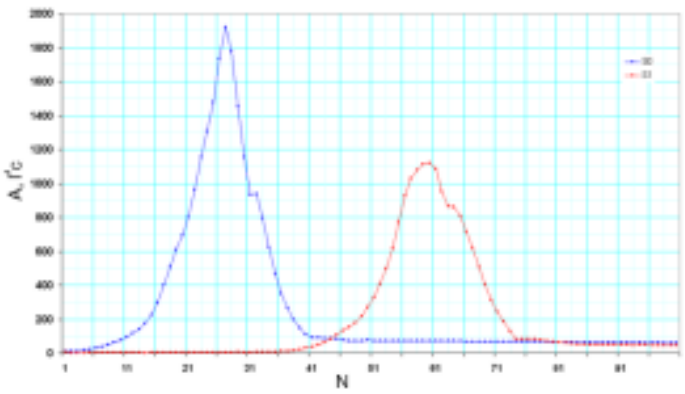

Рис. 6. Первый фрагмент регистрации. Точки 1-100.

В ходе эксперимента отвертка перемещается над датчиками три раза с изменением направления движения. Экспериментальные результаты, иллюстрирующие изменения магнитного поля при перемещении объекта над датчиками приведены на рис. 5.

Из рисунка видно, что изменение направления движения объекта (слева на право и наоборот) приводит к изменению очередности износа датчиков, что подтверждает возможность применения, предложенного ЗК для определения направления движения. На рисунке 6 представлен фрагмент регистрации движения объекта в одну сторону, данные которого используются для расчета скорости движения.

Расстояние между импульсами двух детекторов примерно 35 отделений. Соответственно время прохождения отвертки над датчиками: 35*20 см = 700 мс. С учетом расстояния между датчиками 10 cm, усредненная скорость движения объекта составляет 10 см/0.7 с = 14 см/с.

Выводы и рекомендации

В работе предложен метод определения параметров дорожного движения, базирующийся на эффекте Холл. Обосновано использование чувствительных сенсоров магнитного поля – цифровых компасов. Предложенная блок-схема системы дорожного мониторинга движения и выполнена реализация зонального контроллера с использованием цифровых компасов HMC5883L на базе Arduino PRO Mini. С использованием

разработанного экспериментального стенда проведен цикл натурных экспериментов, подтвердивших возможность использование предлагаемого метода для определения скорости и направления движения транспортных средств. При разработке ЗК для реальных систем мониторинга дорожного трафика необходимо определить два параметра системы - расстояние между датчиками и темп опроса датчиков, исходя из минимальной длины транспортного средства, максимально возможной скорости движения автомобилей и конкретной задачи определение усредненной скорости движения.

Литература:

1. Р. С. Джу, А. Р. Кук и Т. Х. Мейз, “Методы управления заторами на автострадах”, Transp. Q., том 41, № 4, стр. 519-537, 1987.
2. С. А. Ахмед, “Технология управления движением на городских автострадах”, Журнал транспортной инженерии, том 112, №4, стр.369-371, 1986.
3. Мониторинг автомобильных дорог. [Мониторинг дорожного движения]. [Онлайн]. Доступно: http://gt.madi.ru/gis/monitoring-avtomobilnykhdorog [Дата обращения: 18 апреля 2022 года].
4. Системы дорожного мониторинга. Интеллектуальная транспортная система. [Системы мониторинга дорожного движения. Интеллектуальная транспортная система]. [Онлайн]. Доступно: http://mkk-group.ru/production/traffic /. [Дата обращения: 18 апреля 2022 года].
5. Средства и методы измерения магнитных величин. [Средства и методы измерения магнитных величин.]. [Онлайн]. Доступно: http://electricalschool.info/spravochnik/izmeren/1846 - sredstva-i-metody-izmerenija-magnitnykh.html . [Дата обращения: 18 апреля 2022 года].
6. Микроконтроллер ATmega328 — описание, характеристики. Микроконтроллер ATmeg

References

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 avtomobilnyih dorog. [Road monitoring].” [Online]. Available: http://gt.madi.ru/gis/monitoring-avtomobilnykhdorog. [Accessed: 18-Apr-2022].
4. Sistemyi dorozhnogo monitoringa. Intellektualnaya transportnaya sistema. [Road monitoring systems. Intelligent transport system]. [Online]. Available: http://mkk-group.ru/production/traffic/. [Accessed: 18-Apr-2022].
5. Sredstva i metodyi izmereniya magnitnyih velichin. [Means and methods for measuring magnetic quantities.]. [Online]. Available: http://electricalschool.info/spravochnik/izmeren/1846- sredstva-i-metody-izmerenija-magnitnykh.html. [Accessed: 18-Apr-2022].
6. Mikrokontroller ATmega328 — opisanie, harakteristiki. [Microcontroller ATmega328 - description, characteristics.]. [Online]. Available: http://robolive.ru/mikrokontroller-atmega328-opisanie-xarakteristiki/. [Accessed: 18-Apr-2022].

© Бикбулатов Р.И., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.

Для цитирования: Бикбулатов Р.И., МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.