

УДК 658.512.011:681.326:519.713

**В.И. ХАХАНОВ¹, И.П. ЭНГЛЕЗИ², Е.И. ЛИТВИНОВА¹, С.В. ЧУМАЧЕНКО¹,
О.А. ГУЗЬ², А.В. ХАХАНОВА¹**

¹ *Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина*

² *Донецкая академия автомобильного транспорта, Украина*

ОБЛАЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

В работе предлагается облачный сервис «Зеленая волна» (интеллектуальная инфраструктура дорожного движения, ИИДД) для мониторинга и управления дорожным движением в реальном масштабе времени. Сервис основывается на использовании глобальных систем позиционирования, навигации (GPS, GPRS), дорожных контроллеров, средств радиочастотной идентификации автомобилей в целях повышения качества и безопасности передвижения транспортных средств за счет создания интеллектуальной инфраструктуры дорожных сообщений, а также минимизации временных и материальных затрат при движении автомобилей по заданным маршрутам.

Ключевые слова: интеллектуальная инфраструктура дорожного движения, мониторинг и управление дорожным движением, дорожный контроллер, радиочастотная идентификация автомобилей.

Введение

Корпоративные сети, персональные компьютеры, а также отдельные сервисы (программные продукты) уходят сегодня в облака киберпространства, которые имеют ярко выраженную тенденцию к расслоению интернета по специализированным сервисам. При этом возникает проблема удаленного доступа к физическим устройствам при перемещении пользователей в пространстве, когда трудно найти необходимые сервисы и информацию среди гаджетов, оставленных дома или в офисе. Экономический фактор эффективного использования приобретенных приложений, размещенных в гаджетах и персональных компьютерах, заставляет пользователя отказываться от их покупки в пользу почти бесплатной аренды сервисов на облаках. Достоинства виртуального мира заключаются в том, что микро-ячейки и макро-сети в облаках инвариантны по отношению к многочисленным гаджетам каждого пользователя или корпорации. В связи с глобальным переходом корпораций и пользователей в облака чрезвычайно актуальной и рыночно привлекательной становится проблема защиты информации и компонентов киберпространства от несанкционированного доступа, деструктивных проникновений, вирусов. Необходимо создавать надежную, тестопригодную и защищенную от несанкционированных проникновений инфраструктуру киберпространства и его компонентов (виртуальные персональные компьютеры и корпоративные сети) по аналогии с существующими сегодня решениями в реальном

кибернетическом мире. Таким образом, каждый сервис, разрабатываемый в реальном мире, должен быть помещен в соответствующую ячейку облака, которое объединяет близкие по функциональностям и полезные человеку компоненты. Сказанное непосредственно относится и к сервису дорожного движения, которое имеет цифровое отображение в киберпространстве для последующего моделирования всех процессов на облаке с целью предложить каждому водителю качественные условия передвижения с экономией времени и средств.

Цель – повышение качества и безопасности дорожного движения за счет создания интеллектуальной инфраструктуры дорожных сообщений, включающей облака мониторинга трафика и квазиоптимального управления движением в реальном масштабе времени на основе применения RFID-паспортов транспортных средств, что дает возможность минимизировать временные и материальные затраты при организации дорожного движения, а также создавать инновационные научно-технические решения социальных, гуманитарных, экономических и экологических проблем мирового сообщества.

Инновационная привлекательность и модели системы

Предлагаемая интеллектуальная система (инфраструктура, транспорт, облако) мониторинга и управления дорожным движением отличается от существующих структурной интеграцией трех взаимосвязанных интерактивных компонентов: 1) суще-

ствующие сервисы электронной картографии со средствами радиолокации и радионавигации; 2) новый облачный сервис мониторинга и управления дорожным движением на основе дорожных контроллеров; 3) усовершенствованные средства радиочастотной идентификации автомобиля и доступа к облачным сервисам для комфортного и безопасного передвижения по маршруту, оптимизации временных и материальных затрат.

Автоматная модель взаимодействия облаков мониторинга и управления с транспортными средствами представлена на рис. 1, где автомобили, находясь в режиме on-line, делегируют свои идентификаторы (персональные данные), параметры движения и текущие координаты облаку, а взамен получают в реальном масштабе времени сервисы оптимального (по времени, затратам и качеству) маршрута и режима движения для достижения конечного пункта. Интегральный анализ дорожной обстановки на основе оперативного сбора данных от автомобилей и инфраструктурных мониторов дает возможность в режиме on-line оптимально управлять дорожными контроллерами переключения светофоров.

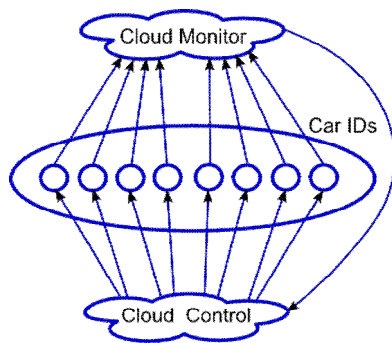


Рис. 1. Структура взаимодействия транспорта и облака

Взаимодействие реального мира (автомобиль и инфраструктура) с облаком формирует два типа отношений, задаваемых автоматными моделями, рис. 2: 1) транспортной инфраструктуры с облаком мониторинга и управления; 2) автомобиля с облаком для оптимизации и эффективности передвижения. Здесь представлены сигналы: X_1, Y_1, X_2, Y_2, C, M – 1) входные условия или операнды, необходимые для исполнения заказанных сервисов; 2) выходные оповестительные сигналы, подтверждающие исполнение сервисных операций; 3) входные управляющие воздействия, формирующие запросы на исполнение сервисов; 4) выходные переменные, формирующие и идентифицирующие состояние системы управления; 5) сигналы умного управления автомобилем или инфраструктурой дорожного движения; 6) оповестительные сигналы об исполнении операционных сервисов.

Автоматные модели системы управления дорожным движением и автомобилем в форме взаимодействия переменных представлены функциями переходов и выходов автомата первого рода:

$$CC = \{X, Y, C, M, f, g\},$$

$$\begin{cases} Y(t) = f[X(t), M(t), Y(t-1)]; \\ C(t) = g[X(t), M(t), Y(t-1)]. \end{cases}$$

Здесь каждый из двух автоматов взаимодействия инфраструктуры и транспорта с облаком имеет две входные переменные (заказа сервисов и состояния объектов управления), а также два выходных сигнала для мониторинга состояния автомата (облака) и управления облачными сервисами.

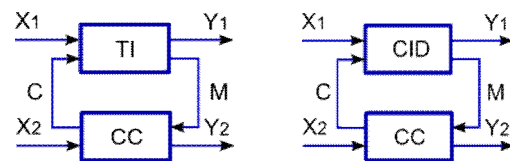


Рис. 2. Взаимодействие инфраструктуры и транспорта с облаком мониторинга и управления

В общем случае для оценивания инфраструктуры необходимо использовать стремящийся к минимуму интегральный критерий эффективности [1] проектируемой или существующей интеллектуальной системы мониторинга и управления дорожным движением, состоящий из трех взаимно противоречивых относительных и безразмерных параметров: уровень ошибок проекта L , время пропуска заданных транспортных потоков T , уровень программно-аппаратурной (технической) избыточности H над базовой инфраструктурой (дорожной функциональностью) H^S , определяемый механизмами наблюдения и управления H^a транспортными потоками:

$$E = F(L, T, H) = \min\left[\frac{1}{3}(L + T + H)\right],$$

$$Y = (1 - P)^n; L = 1 - Y^{(1-k)} = 1 - (1 - P)^{n(1-k)};$$

$$T = \frac{(1 - k) \times H^S}{H^S + H^a}; H = \frac{H^a}{H^S + H^a}.$$

Параметр L является дополнением к Y , характеризует выход годной продукции (качество обслуживания) и зависит от проходимости инфраструктуры (проекта) k , вероятности P существования неисправных компонентов и числа необнаруженных проектных ошибок n . Время пропуска заданного транспортного потока через конкретную инфраструктуру определяется ее проходимостью (управление + наблюдение = trafficability) k , умноженной на структурную сложность дорожной функциональности H^S , отнесенной к общей сложности инфраструктуры $H^S + H^a$. Уровень технической избыточности H

находится в функциональной зависимости от сложности механизмов проходимости, отнесенной к общей сложности заданной инфраструктуры (дорожная функциональность + механизмы проходимости). При этом избыточность проходимости, а именно, наблюдаемость инфраструктуры обеспечивает заданную глубину диагностирования пробок или транспортных коллизий на дорожной структуре. В то время как управляемость инфраструктуры призвана устранять коллизии интеллектом облачных сервисов и светофоров в пределах заданного временного интервала.

Более детальная картина взаимодействия реальных и виртуальных компонентов с облаком мониторинга и управления транспортом представлена на рис. 3 (буферные компьютеры дорожной инфраструктуры, интеллектуальные уличные светофоры, Интернет, умная пыль, Car-ID, спутники навигации, автомобиль, электронная карта, средства защиты ИИДД, специальные сервисы государственным службам, интерфейсы или гаджеты для связи с интернетом).

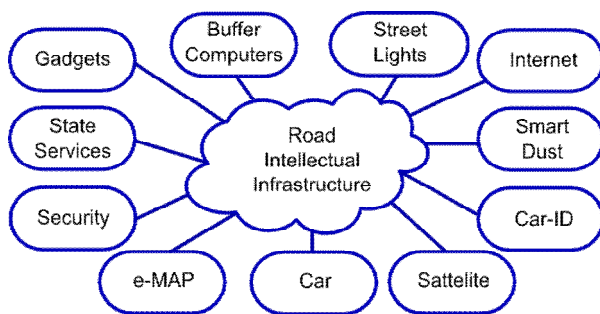


Рис. 3. Интеллектуальная инфраструктура дорожного движения

Основания для исследования

1. Ориентация на предоставление сервисов для 7 миллионов водителей Украины и 8 тысяч компаний. Аналогов таких систем в мире не существует. Имеются отдельные компоненты для создания инфраструктуры: электронные карты, спутниковые системы локации и навигации, специализированные базы данных в облаках, средства мониторинга, сбора и защиты информации.

2. Понимание со стороны государства необходимости создания и использования интеллектуальной инфраструктуры и облачного сервиса качественного и безопасного дорожного движения.

3. Государственная целевая программа «Безопасность дорожного движения» на период до 2016 года с планируемым бюджетом 5,43 млрд. гривен.

4. Теоретические разработки интеллектуальных и мозгоподобных моделей, методов и двигателей анализа киберпространства, связанные с дискретной оптимизацией процессов поиска, распознавания и принятия решений [1].

5. Опыт разработки и внедрения встроенных и RFID цифровых систем для мониторинга дорожного движения [2, 3, 9].

6. Опыт разработки и внедрения программных продуктов и облачных сервисов для оптимизации маршрутов транспортных средств украинских предприятий в целях минимизации материальных и временных затрат и повышения качества обслуживания пассажиров [4 – 7].

7. Разработки распределенной системы управления дорожным движением в условиях крупных городов и мегаполисов на основе высоконадежной вычислительной техники фирмы SIEMENS [10 – 11].

8. Существующие системы мониторинга дорожного движения в США, Канаде и Японии – OnStar и NEXCO Central.

Задачи исследования

1. Создание интеллектуального дорожного контроллера для управления транспортными потоками на основе программируемого логического контроллера S7-1200 фирмы SIEMENS.

2. Разработка интеллектуальных моделей, методов синтеза и анализа виртуальной инфраструктуры для оценивания качества дорожного движения, моделирования трафика, предложения оптимального маршрута с учетом технических, климатических, социальных факторов, качества дорог, количества светофоров, левых поворотов в целях создания новых и реконструкции существующих инфраструктур дорожного движения.

3. Разработка блока RFID для идентификации автомобилей на коротких дистанциях и оснащение транспорта средствами доступа к облачным сервисам, а также оснащение критических точек инфраструктуры автомобильных дорог датчиками дорожного движения для стационарного мониторинга трафика.

4. Предоставление облачных сервисов для автотранспортных предприятий в целях повышения качества обслуживания пассажиров, перевозки грузов, оптимизации временных и материальных затрат.

5. Предоставление облачных сервисов для водителя в целях повышения качества проезда по заданному маршруту и оптимизации временных и материальных затрат.

6. Создание виртуальной интеллектуальной облачной инфраструктуры, отображающей и моделирующей процессы передвижения транспортных средств во времени и пространстве, для сервисного обслуживания участников дорожного движения в реальном масштабе времени.

Компоненты облачных сервисов дорожного движения

«Умная пыль» – совокупность взаимосвязанных автономно функционирующих компонентов, образующих микросистему с приемо-передатчиком и средствами мониторинга, предназначенные для сбора информации о состоянии окружающей среды. Задачи «умной пыли»:

- 1) мониторинг передвижения транспорта, частота передвижения, скорость, размер движущихся объектов;
- 2) взаимодействие между собой движущихся объектов для определения координат, идентификация движущихся объектов, передача информации об объектах, движущихся навстречу друг другу, в облако управления;
- 3) формирование электронного паспорта движущегося объекта;
- 4) противодействие угонов транспортных средств;
- 5) обеспечение высокого уровня защиты электронных идентификаторов от несанкционированного проникновения;
- 6) мониторинг окружающей среды (температура, давление, влажность, осадки).

Организация связей «облако - автомобиль» и «облако - инфраструктура»

Важнейшим аспектом технологической (технической) реализации ИИДД является организация связи между четырьмя компонентами системы (рис. 4), интегрированными с облаком: Cloud Servers – серверы, создающие облако долговременного хранения распределенных данных и сервисов; Buffer Computers – буферные компьютеры, обеспечивающие сбор данных от мониторов инфраструктуры и доставку сервисов управления дорожным контроллерам; C-RFID – компьютерные блоки радиочастотной идентификации транспортных средств; I-CMC – инфраструктурные контроллеры мониторинга и управления дорожным движением на основе радиочастотной идентификации транспортных средств.

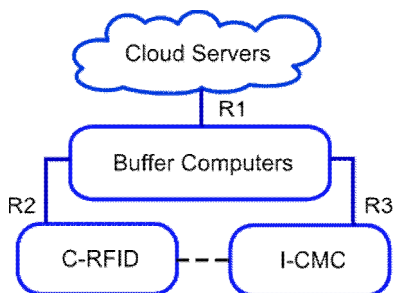


Рис. 4. Структура связей между компонентами ИИДД

Структура коммуникационной интеграции четырех компонентов ИИДД представлена транзакциями: $(R1 * R2) = (SC, BC, C-RFID)$ – доставка облачных сервисов к потребителю; $(R1 * R3) = (SC, BC, I-CMC)$ – доставка сигналов управления к контроллерам дорожного движения. Маршрут первого типа использует традиционные технологии GPRS, HSPA, Wi-Fi, WiMAX на основе сети Internet. Для второго типа транзакций, ввиду их чрезвычайной важности, а также высоких требований к надежности, помехоустойчивости и защищенности, необходимы дополнительные научно-технические исследования в процессе создания масштабируемого прототипа.

Предполагается, что в блоке C-RFID будут записаны индивидуальный код транспортного средства (CID), электронный код регистрации по месту проживания (NID), а также код водителя (DID), выполняющего эксплуатацию данного автомобиля в текущий момент времени. Считывать триаду кодов (CND-ID) должны радиоприемники, которыми будут оснащены все светофорные объекты, мосты, тоннели, железнодорожные переезды и другие пункты улично-дорожной сети, существенные с позиции управления дорожным движением, в том числе некоторые критические контрольные точки. Структура блока C-RFID представлена на рис. 5, где модули (CND-ID, CT, SP, ALB, M, D, CU) обозначают: универсальный код автомобиля, приемопередатчик, модуль защиты, арифметико-логическое устройство, модуль памяти, дисплей и модуль управления.

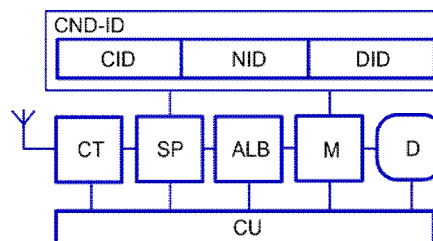


Рис. 5. Структура блока C-RFID

Структура блока CAR-ID

Транспондер транспортного средства периодически передает широкополосное сообщение, которое включает идентификационную информацию и данные о координатах и скорости транспортного средства, получаемых от встроенного GPS приемника. Кроме того, контроллер CAR-ID ведет протокол динамики движения транспортного средства, получая информацию от датчика ускорений.

Передача сообщения осуществляется по двум каналам – беспроводному и/или оптическому. Сообщения принимаются транспортными средствами или стационарными станциями, которые находятся в зоне оптической- или радио- видимости. Стационарные

станции объединены в сеть и расположены в местах, где имеется электропитание (светофоры). При приеме сообщения контроллер CAR-ID проверяет его наличие в «истории» и в случае отсутствия добавляет его в память контроллера. При попадании в зону действия стационарного монитора (станции) происходит сброс всей информации, накопленной с момента предыдущего считывания, из памяти контроллера в память станции. Она формирует информационные пакеты и периодически передает их в облако. Структура блока CAR-ID содержит следующие модули: Optical front-end – оптический интерфейс; RF front-end – радиочастотный интерфейс; Synchrogenerator – генератор частот; Baseband processor – обработки сигналов после демодулирования; GPS – модуль позиционирования; Cryptomodule – модуль криптозащиты; Controller, OP-code detect, EEPROM control, Mode control – система управления блоком; Test connector – переключатель тестирования модулей; Test logic (Test points) – модуль управления тестированием и программированием; Memory (EEPROM crypto key, ID code) – модуль памяти для хранения данных и служебной информации; MEMS sensors – модуль сенсорных датчиков.

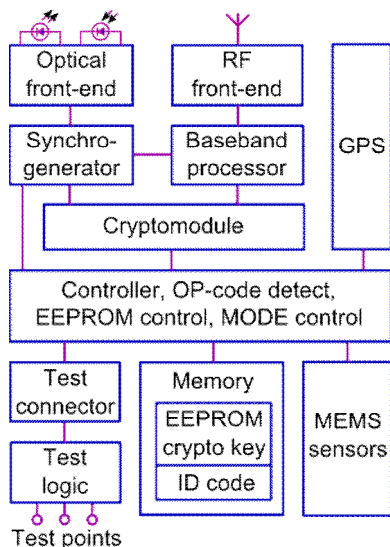


Рис. 6. Детальная структура блока C-RFID

Научная новизна, рыночная привлекательность и социальная значимость

Научная новизна заключается в системной интеграции трех, защищенных от несанкционированного доступа, компонентов (рис. 7): облаков мониторинга, управления и сохранения истории, блоков радиочастотной идентификации транспорта, интеллектуальных датчиков дорожной инфраструктуры, что дает возможность автоматизировать процессы квазиоптимального управления транспортом и до-

рожным движением в режиме реального времени и решать социальные, гуманитарные, экономические и экологические проблемы.

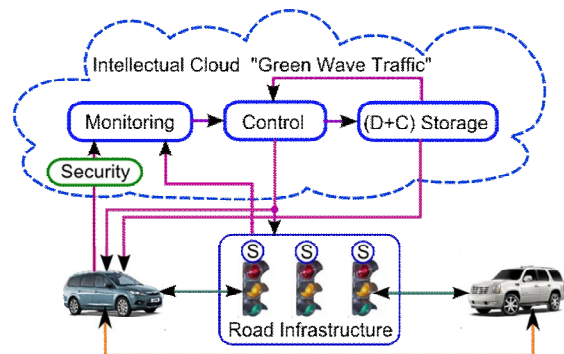


Рис. 7. Интеллектуальное облако «Зеленая волна»

Практическая значимость определяется наличием следующих сервисов:

- 1) специального управления переключением дорожных светофоров в режиме on-line для автоматического обеспечения беспрепятственного движения по заданному маршруту специализированных машин или кортежей;
- 2) оптимального управления светофорами в режиме on-line на дорогах и перекрестках с помощью точного цифрового мониторинга дорожного движения путем использования RFID меток автомобиля;
- 3) планирования оптимального маршрута для достижения одного или нескольких пунктов назначения автомобилем во времени и в пространстве;
- 4) интеллектуального управления контроллером светофора, когда сигналы переключения формируются в зависимости от наличия (количества) транспортных средств, посылающих запросы от автомобильных блоков радиочастотной идентификации C-RFID;
- 5) облачного мониторинга меток радиочастотной идентификации транспортных средств в режиме on-line.

Литература

1. Бондаренко, М.Ф. Структура логического ассоциативного мультипроцессора [Текст] / М.Ф. Бондаренко, В.И. Хаханов, Е.И. Литвинова // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 10. – С. 71 – 92.
2. Chen, X.M. Vehicle management system based on multi-node RFID cards [Text] / Chen Xue-Mei, Wei Zhong-Hua. // 30th Chinese Control Conf.– 2011.– P. 5497 – 5499.
3. Esker, F. RFID in Vehicles.– NetWorld Alliance LLC [Text] / F. Esker.– 2012. – 3 p.
4. Oka, T. An adaptive automobile control system using scheduling by imprecise computation and multi-agent-based traffic information exchange and its experimental evaluation [Text] / T. Oka, S. Inoue, Y. Kakuda // 24th Intern. Conf. on Distributed Computing Systems Workshops. – 2004. – P. 610. – 615.

5. Tewolde, G.S. *Sensor and network technology for intelligent transportation systems [Text]* / G.S. Tewolde // *IEEE Intern. Conf. on Electro/Information Technology (EIT)*. – 2012. – P. 1 – 7.

6. Gavril, D.M. *Smart Cars for Safe Driving [Text]* / D.M. Gavril // *IEEE Intern. Conf. on SSCP. Keynote Lecture*. – 2012.

7. Zingirian, N. *Sensor clouds for Intelligent Truck Monitoring [Text]* / N.Zingirian, C. Valenti // *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. – 2012. – P. 999-1004.

8. Шахов, Д.В. Проблема $P=NP$ [Электронный ресурс] / Д.В. Шахов; офиц. сайт комп. НОВАКО. – Режим доступа: / http://novako.ucoz.ru/files/pvsnp/P_eq_NP_publication.pdf.

9. Дудников, С. Бесконтактная идентифика-

ция транспорта, основанная на RFID [Электронный ресурс] / С. Дудников, И. Боечко // *Компоненты и технологии*. – № 1. – 2007. – Режим доступа: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2007_01_140.pdf.

10. Денисенко, В.В. *Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием [Текст]* / В.В. Денисенко. – М.: "Горячая линия-Телеком", 2009. – 258 с.

11. Белов, Ю.В. *Трехуровневая архитектура системы распределенной автоматизации управления дорожным движением [Текст]* / Ю.В. Белов, О.А. Гузь, А.Н. Полетайкин // *Обеспечение безопасности и комфорта дорожного движения: проблемы и пути решения / Материалы между. НПК. – Х.: ХНУРЭ, ХНАДУ, 2011. – С. 123 – 126.*

Поступила в редакцию 18.02.2013, рассмотрена на редколлегии 13.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. компьютерных систем и сетей В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ХМАРНА ІНФРАСТРУКТУРА МОНІТОРИНГА ТА УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

В.І. Хаханов, І.П. Енглезі, Є.І. Литвинова, С.В. Чумаченко, О.О. Гузь, Г.В. Хаханова

У роботі запропонований хмарний сервіс «Зелена хвиля» (інтелектуальна інфраструктура дорожнього руху, ПДД) для моніторингу та управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу. Сервіс базується на використанні глобальних систем позиціонування, навігації (GPS, GPRS), дорожніх контролерів, засобів радіочастотної ідентифікації автомобілів, в цілях підвищення якості та безпеки пересування транспортних засобів за рахунок створення інтелектуальної інфраструктури дорожніх повідомлень, а також мінімізації часових та матеріальних витрат під час руху автомобілів по заданих маршрутах.

Ключові слова: інтелектуальна інфраструктура дорожнього руху, моніторинг і управління дорожнім рухом, дорожній контролер, радіочастотна ідентифікація автомобілів.

GREEN WAVE TRAFFIC ON CLOUD

V.I. Hahanov, I.P. Englesy, E.I. Litvinova, S.V. Chumachenko, O.A. Guz, A.V Hahanova

In the paper a cloud service “Green Wave” (the intellectual road infrastructure) to monitor and control traffic in real-time is proposed. The service is based on the use of global positioning and navigation systems (GPS, GPRS), traffic controllers, RFID cars, in order to improve the quality and safety of vehicle movement through the creation of intelligent infrastructure of traffic messages, as well as for minimization the time and costs when vehicles are moved at the specified routes.

Key words: theory of the large systems, optimization, evolutionary methods, turbojet engines, axial multi-stage compressor.

Хаханов Владимир Иванович – д-р техн. наук, декан факультета компьютерной инженерии и управления, профессор кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина.

Энглези Ирина Павловна – канд. техн. наук, проф., ректор Донецкой академии автомобильного транспорта, Донецк, Украина.

Литвинова Евгения Ивановна – д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники Харьков, Украина.

Чумаченко Светлана Викторовна – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедры АПВТ ХНУРЭ, Харьков, Украина, e-mail: ri@kture.kharkov.ua.

Гузь Олеся Алексеевна – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой специализированных компьютерных систем Донецкой академии автомобильного транспорта, Донецк, Украина.

Хаханова Анна Владимировна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры, Харьковский национальный университет радиоэлектроники Харьков, Украина.