

ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

APPLIED INFORMATION TECHNOLOGIES

УДК 004.05

С. М. Авдошин, канд. техн. наук, проф., руководитель департамента программной инженерии факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ, savdoshin@hse.ru,
Е. Ю. Песоцкая, канд. экон. наук, доц.
факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ, epesotskaya@hse.ru,
Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики" (НИУ ВШЭ)

Интернет вещей: Транспорт

Рассматривается возможность использования Интернета вещей в транспортной отрасли, перспективы развития Интернета вещей при перевозке грузов и пассажиров в России. Детально рассмотрены эффекты, относящиеся к транспортным перевозкам, "умному транспорту" и потребительским приложениям, которые можно достичь в транспортной отрасли за счет Интернета вещей. Авторы исследуют перспективные направления развития Интернета вещей в транспортной отрасли, связанные с развитием цифровых и мобильных технологий. Выполнен анализ преимуществ и получения дополнительной выгоды в процессах перевозки пассажиров и грузов, обслуживания транспорта, управления маршрутами, логистики. При формировании рекомендаций были учтены основные мировые тренды, связанные с развитием Интернета вещей в транспорте.

Ключевые слова: Интернет вещей, мобильные технологии, мобильные приложения, перевозки, транспорт, "умный транспорт", интеллектуальные транспортные системы

Введение

С ростом числа используемых устройств, подключенных к сети Интернет, которые оснащены датчиками и могут выполнять команды пользователя, понятие "Интернет вещей" становится все более популярным и широко используемым. Происходит переход от "Интернета людей" к "Интернету вещей" (Internet of Things, IoT), который представляет собой широкую сеть подключенных к сети устройств, обеспечивающих постоянную связь и обмен информацией в режиме реального времени.

Аналитики Gartner подсчитали, что к концу 2017 г. по всему миру будет насчитываться 8,4 млрд подключенных к Сети устройств. По сравнению с прошлым годом их число вырастет на 31 %. Предполагается, что к 2020 г. число подобных устройств достигнет 20,4 млрд штук. [1]. По итогам 2017 г. объем рынка Интернета вещей в денежном выражении составит 1,7 трлн долл. против 1,4 трлн долл. в 2016 г. К 2020 г. по всему миру будет насчитываться от 40 до 50 млрд устройств, подключенных к Интернету в соответствии с исследованием AIG. [2].

Интернет вещей — ключевой элемент цифровой трансформации и нового 4-го этапа цифро-

вой революции, на пороге которого стоит сегодняшнее общество. В отличие от предыдущего этапа, который отличался быстрым проникновением Интернета в жизнь потребителей, новый этап готов обеспечивать проникновение гораздо более широкого спектра цифровых сервисов, продуктов и систем. Фактически речь идет об "Интернете всего" и предполагает подключенность не только людей, но и механизмов к глобальной сети за счет всеобщей подключенности и динамичного роста сенсорных устройств и данных.

Помимо людей, Интернетом сегодня "пользуются" около 10 млрд машин и механизмов — устройств, датчиков и приборов, а к 2020 г. прогнозируется двукратное увеличение этого числа. 99 % мировых данных уже оцифровано, и более 50 % имеет IP-адрес. По прогнозам в дальнейшем объем данных будет удваиваться каждые два года [3].

Все больший оборот набирает промышленный Интернет вещей который учитывает отраслевую и производственную специфику, объединяет все промышленные объекты в единую сеть с помощью M2M (*machine-to-machine*), Big Data ("большие" данные), облачных технологий. Основной задачей, как правило, является рост производительности за счет развития новых источников дохода и сокращения простоев, дефектов,

затрат на ремонт. Что же касается транспортной отрасли — это может быть оптимизация логистических затрат и поиск наилучших условий доставки, снижение расходов топлива, сокращение простоев транспорта и времени технического обслуживания, автоматизация диспетчерских служб. Так, например, американская компания *GE Aviation* [4] производит авиадвигатели, на которых установлены сенсоры, позволяющие удаленно получать данные об эксплуатации и на их основе выявлять оптимальные алгоритмы обслуживания самолетов, что позволило в 7 раз сократить затраты на обслуживание. А горнодобывающая компания *Rio Tinto* в Австралии [5] использует для перевозки породы беспилотные карьерные самосвалы, работающие непрерывно и управляемые из оперативного центра на расстоянии 1 200 км.

Массовое внедрение интеллектуальных датчиков в оборудование и производственные линии глубоко проникает во многие индустрии: промышленность, металлургия, энергетика, сельское хозяйство, ритейл, ЖКХ, транспорт и другие. Сегодня компании, которые решили использовать Интернет вещей и анализировать данные, которые для них собирают сервисы и устройства, умеют строить предиктивные модели и принимать решения, основанные на обработанных данных. То есть все собранные данные и отчеты превращаются в идеи и рекомендации, используемые компаниями для принятия эффективных и взвешенных решений.

До недавнего времени многие компании работали по принципу "делаем, что мы считаем нужным" или "делаем, как умеем". Решения принимались на основании собственного опыта и интуиции. Такой подход не всегда себя оправдывал, поскольку для принятия решений зачастую не хватало объективных и актуальных данных. Сегодня во многих отраслях преобладает автоматизированный сбор и обработка данных. С каждым днем в мире появляется все больше различных данных, следовательно, больше возможностей для получения полезных инсайтов и ускорения роста. Большое количество релевантных данных позволяет компании смотреть как на ситуацию в целом, так и на мельчайшие детали, что является существенным преимуществом. Поэтому своевременный сбор и обработка нужной информации — чрезвычайно важная задача. Согласно прогнозам компании IDC, мировой парк установленных точек Интернета вещей, который в конце 2016 г. составлял 14,9 млрд, в 2025 г. превысит 82 млрд. При таких темпах Интернет вещей вскоре может стать столь же незаменимым, как и сама сеть Интернет. По оценке аналитического агентства Gartner, количество

"вещей", подключенных к глобальной сети, составит 50 млрд к 2025 г. По данным McKinsey, экономический эффект от развития индустрии к 2025 г. составит 6,2 триллионов долл. США [6].

Однако успешность Интернета вещей отрасли будет, скорее, зависеть от человеческого фактора, нежели от специальных датчиков, сенсоров, способов анализа данных, алгоритмов или инструментов. По данным исследования Digital IQ [7], промышленным компаниям необходимо создавать условия для распространения цифровой культуры и обеспечивать прямую заинтересованность в успешной трансформации со стороны руководства, привлекать и обучать специалистов из числа представителей "цифрового поколения".

Интернет вещей в транспортной отрасли

Существенное удешевление технических средств и повсеместная распространенность сетевых подключений позволили технологии Интернета вещей войти практически в каждую отрасль экономики, и транспорт не стал исключением. В отрасли, где протяженность различных видов путей превышает 1,6 млн км, а число грузового транспорта (автомобильного, железнодорожного и прочих) — 7 млн единиц [8], крайне важно использовать системы удаленного мониторинга, анализа информации в режиме реального времени, контроля состояния транспорта и путей.

В отчете IDC дается прогноз, что расходы на Интернет вещей в 2017 г. вырастут на 17 %, а IoT-расходы заказчиков в 2017 г. составят чуть более 800 млрд долл., что говорит о том, что заказчики во всем мире готовы платить за внедрение технологий Интернета вещей. Ожидается, что объем инвестиций в транспортные перевозки составит 85 млрд долл. Наибольшие инвестиции запланированы на контроль за транспортировкой грузов [9].

Интернет вещей в транспортной отрасли позволяет обеспечивать эффективность использования транспортных средств, отслеживая потребности в техническом обслуживании, поддерживать постоянную связь и подключение к сети для оптимизации маршрутов доставки и контроля работы транспорта, повышать качество и эффективность коммуникаций для получения своевременной информации о состоянии на дорогах, в том числе влияющей на безопасность в пути, а также преобразовать транспортные узлы в общественные центры. Любое транспортное средство, подключенное к сети Интернет, автоматически становится сегодня частью Интернета вещей и может участвовать в динамичной цифровой экосистеме.

Начальным этапом развития рынка Интернета вещей для транспорта можно считать по-

явление первых подключенных устройств для навигации и оптимизации маршрута. К таким устройствам можно отнести автомобильные навигаторы с возможностью подключения по каналам сотовой связи, а также спутниковые трекеры для мониторинга и управления автопарком Fleet Management [10].

С ростом проникновения Интернета и появлением подключенных ноутбуков, планшетов, смартфонов спрос на персональные навигаторы существенно снизился. На смену им пришли GSM-автосигнализации, позволяющие удаленно наблюдать за автомобилем и управлять им через мобильное приложение на смартфоне/планшете.

Самое очевидное продолжение развития Интернета вещей в транспорте, за которое уже взялись Tesla и BMW — внедрение автопилота, который, в отличие от человека, не ошибается, не устает и не засыпает, и в перспективе поможет снизить число аварий на дорогах по вине водителя. Уже к 2020 г. Япония планирует вывести на улицы Токио множество самоуправляемых автомобилей, в том числе электромобилей. В России Камаз и Россельмаш также работают над тем, чтобы научить свои машины двигаться без участия водителя [11].

Сегодня больше половины активностей в транспортной отрасли, связанных с Интернетом вещей, можно отнести к "умному транспорту", потребительским приложениям, транспортным перевозкам. Толчком к развитию послужило распространение смартфонов, доля которых в 2017 г. приблизилась к 50 % сотовых устройств в России [8]. Именно за счет смартфонов, которые берут водители с собой в дорогу, стало возможно использовать системы навигации и мониторинг загруженности дорог. Рядом эффектов можно достичь и при производстве транспорта, в этом случае эффекты будут сравнимы с аналогичными в других отраслях: снижение издержек за счет своевременной идентификации брака, прогнозов отклонений, корректировки настроек производственного цикла в режиме реального времени, а также благодаря своевременным изменениям и контролю качества. Рассмотрим каждую из областей применения Интернета вещей, характерных для транспортной отрасли, более подробно.

Транспортные перевозки. Говоря о транспортных перевозках, стоит рассматривать категории воздушного, автомобильного, железнодорожного и морского транспорта. В целом во всех этих категориях Интернет вещей направлен на то, чтобы предоставлять пользователям/пассажирам актуальную информацию, улучшать реагирование в чрезвычайных ситуациях и осуществлять более точное планирование загрузки транспортного средства и его маршрута.

Существенным технологическим прорывом для мониторинга транспортных средств послужило появление и развитие облачных сервисов SaaS (Software as a Service — программное обеспечение как услуга). Благодаря этим сервисам пользователям стали доступны сервисы мониторинга своих транспортных средств из любой точки мира и через любое устройство, подключенное к сети Интернет.

Следующий шаг для интеллектуального мониторинга в транспортной отрасли стал возможен благодаря установке систем контроля за расходом топлива и удаленного мониторинга передвижения транспорта на базе датчиков GPS и системы навигации ГЛОНАСС. С помощью датчиков мониторинга стало возможно снижение затрат за счет контроля простоев, оптимизации маршрута и топлива, анализа данных маршрута и его более тщательного планирования. В России, в целях безопасности, нормативно закреплены обязанности устанавливать системы дистанционного мониторинга и контроля движения транспорта для коммерческих перевозок пассажиров и перевозки опасных грузов, а также оснащать все автомобили системой экстренного оповещения "ЭРА-ГЛОНАСС" [12].

Для транспортной отрасли характерны понятия пассажирского пути, пути грузоперевозок, ЖД, авиа и морских перевозок. Этот путь описывает все процессы, начиная с момента возникновения потребности и оценки вариантов перевозки, заканчивая состоянием при перевозке, прибытием, контролем в точке прибытия, доставкой в конечную точку. Имея информацию о таком пути, можно продумать улучшения на основе анализа мониторинга и анализа данных на каждом этапе движения пассажира или груза. Для этого в транспорте широко используют системы отслеживания маршрута транспорта, мониторинг грузоперевозок, контроль отгрузки и складирования.

Множество решений разрабатывается для более безопасной эксплуатации транспортных средств. Так, технология Connected Cars ("подключенные автомобили") позволяет использовать системы экстренного вызова скорой помощи со встроенной SIM-карты, что значительно увеличивает скорость оказания первой помощи при ДТП. Датчики эксплуатации и контроля состояния могут быть интегрированы в системы поездов и общественного транспорта. Получение актуальной информации с датчиков движения транспорта позволит сократить расход топлива за счет мониторинга скорости движения в зависимости от маршрута, обеспечить контроль движения, мониторинг нештатных ситуаций.

Установка датчиков загрузки является актуальной задачей для всех видов транспорта. Тщатель-

ный мониторинг показателей датчиков позволяет максимально правильно загрузить транспорт, что снижает расходы на топливо и положительно влияет на общие затраты, оптимизацию логистики. Датчики исправности, отвечающие за оповещение об ошибках, также повышают безопасность, снижают затраты на ремонт и диагностику транспортного средства.

Недавно компания *Orange* совместно с *Peugeot Citroën* [13] разработала решение для управления автопарком, которое поможет анализировать стиль вождения, отслеживать потребление топлива и сокращать расходы. Система будет уведомлять о возникновении неполадок и необходимости технического обслуживания, а также отслеживать местоположение водителей, активов и товаров с помощью GPS.

Удаленный мониторинг вождения пользователей также может быть полезен компаниям автострахования для расчета оптимальной стоимости полиса в зависимости от стиля и манеры вождения, аккуратности на дорогах, соблюдения скоростного режима и правил дорожного движения.

Железнодорожные перевозки также стали объектом для применения Интернета вещей. Так, крупнейший железнодорожный оператор *Trenitalia* [14], который ежедневно перевозит 2 млн пассажиров в Италии, использует Интернет вещей для анализа данных от тысяч встроенных датчиков в реальном времени, получая возможность радикально повысить качество процессов технического обслуживания. В Нидерландах на железных дорогах используется передовое программное обеспечение, которое анализирует 56 тыс. переменных, включая состояние железных дорог и уровень пассажирского спроса. Благодаря анализу этих данных перевозчик отправляет более 5 тыс. поездов в день, повышает операционную эффективность на 6 % и экономит около 20 млн евро в год [15]. Такой эффект достигается за счет анализа расхода топлива в целях определения оптимального режима скорости по маршруту при разном тоннаже и числе остановок.

В авиации Интернет вещей также используется преимущественно для отслеживания перевозок в режиме реального времени, контроля состояния износа оборудования, что положительно влияет на снижение затрат на техническое обслуживание и управление оборудованием воздушного флота.

"Умный" транспорт ("умный" город). Интернет вещей в части умного транспорта можно условно разделить на "умные" транспортные средства и городские магистрали, беспилотный транспорт и электромобили.

Говоря об "умных" городе и транспорте, отдельно стоит упомянуть и "умную парковку". В современных больших городах парковка для

многих водителей является большой проблемой. Водители вынуждены кружить в поисках свободного парковочного места, что приводит к потере топлива, выбросам углекислого газа и нервным срывам водителей. "Умные парковки", оснащенные специальными датчиками, осуществляют поиск свободных мест, собранные данные отправляют на сервер, который в реальном времени через мобильное приложение информирует пользователей о свободных парковочных местах. Такая информация может быть связана с автомобильными навигационными системами и позволит оптимизировать трафик. Жители крупных городов уже знают, что оплачивать парковку, указывать продолжительность стоянки, отслеживать время можно через специальное приложение на смартфоне.

Кроме того, Интернет вещей активно применяют для оптимизации потоков транспорта в городах. Например, в Москве в 2007 г. появились первые интеллектуальные светофоры на опытном участке протяженностью 7,5 км [16]. Каждый интеллектуальный светофор является частью большой сети, принимая информацию с видеокамер о плотности потока и получая возможность пропускать машины с минимальной задержкой в зависимости от загрузки магистрали. Информация передается в единый центр управления системой по беспроводной связи и используется для оптимального регулирования транспортного потока. Такая система позволяет двигаться потоку машин более эффективно, существенно экономить время и деньги автомобилистов. Так, в США анализ работы системы на девяти пилотных перекрестках показал уменьшение времени ожидания сигнала светофора на 40 %, уменьшение времени поездки на 26 %, и сокращение выбросов на 21 % [17].

Все активнее в интеллектуальных транспортных системах используют детекторы транспортного потока, которые позволяют наблюдать за движением транспорта, оценивать его скорость и состояние дорог. Такие системы могут быть оснащены микроволновым радаром для измерения скорости, ультразвуковым детектором для оценки габаритных размеров и классификации транспортных средств по классам, многоканальным инфракрасным детектором для обеспечения подсчета автомобилей и определения интенсивности движения, измерения загруженности транспортных каналов и их оптимизации. Скоро с помощью подключенных датчиков станет возможным создавать наиболее эффективную транспортную систему, ответить на вопросы, где строить новую развязку, в каком направлении запускать новый маршрут.

Что касается беспилотного транспорта, стоит отметить значительный прогресс многих компаний. Так, на улицах Вашингтона с 2016 г. испы-

тывают самоуправляемый автобус Olli, который разработан компанией *Local Motors* при сотрудничестве с *IBM* [18]. Автобус умеет выполнять своевременное распознавание дорожных знаков с помощью высокотехнологичной стереокамеры, избегать столкновений ему помогают современные радары.

Компания *Cognitive Technologies* совместно с Камаз до конца 2017 г. обещает выпустить промышленную версию грузовика с элементами искусственного интеллекта, который сможет самостоятельно передвигаться по скоростным магистралям с помощью подключенных датчиков для повышения своей энергетической эффективности и безопасности [19]. Все грузовики автопарка будут иметь встроенный GPS, накапливать данные друг от друга и окружающей среды вокруг них и таким образом смогут реагировать на внешние события быстрее и безопаснее, чем люди. По прогнозам экспертов *McKinsey* [20], беспилотные грузовые и легковые автомобили, которые будут передвигаться более медленно и соблюдая правила, могут привести к снижению аварий на 90 %, если получат широкое применение. Использование мониторинга с помощью датчиков Интернета вещей позволит более точно контролировать и выбирать наиболее оптимальную скорость, сократить расходы на топливо и выбрать лучшие маршруты на основании данных о загруженности дорог.

По прогнозам компании *A. T. Kearney*, к 2030 г. объем рынка беспилотных автомобилей и связанных с ними сервисов должен составить 282 млрд долл. США. По оценкам *Nissan*, развитие беспилотных автомобилей будет ежегодно добавлять 0,15 % к годовым темпам роста ВВП в Европе и к 2050 году принесет экономике стран Евросоюза 17 трлн евро [21].

Приложения для Интернета вещей. Потребительские приложения для Интернета вещей, как правило, позволяют пользователям, в том числе промышленным компаниям, получить доступ к мониторингу своих "вещей" в любое время и в любом месте через устройство, подключенное к Интернет. "Вещами" могут быть любые устройства, транспортные средства, дороги, склады и помещения, светофоры, детали, элементы производственного цикла (машины, агрегаты), даже люди. Такие "вещи" передают информацию датчиков, сообщают о своем состоянии, позволяя пользователю анализировать полученную информацию и принимать решения с помощью удобных интерфейсов с подключенными устройствами.

Существует множество примеров пользовательских приложений в транспорте, начиная от навигационных приложений и средств мониторинга и видеонаблюдения за транспортным средством, заканчивая приложениями, позво-

ляющими осуществить заказ блюд на борту самолета или предсказать расход топлива, предложить оптимальную скорость для его экономии. Однако стоит отметить, что наибольшую пользу представляют так называемые промышленные приложения — приложения, относящиеся к промышленному Интернету вещей.

Известный пример, который наглядно демонстрирует преимущества промышленного приложения для Интернета вещей, — это крупнейший порт Германии в Гамбурге, где уже много лет существуют транспортная и логистическая проблемы. Экспедиционные компании теряют много времени в пробках, в поисках парковочных мест, пропускной способности дорог в порту недостаточно для огромного объема перевозок, а возможности для строительства новых дорог сильно ограничены. В результате около 70 % грузовиков приезжали раньше времени, создавались пробки, что являлось главным ограничением роста грузоперевозок. Оценивая процесс с точки зрения клиента порта, рабочая группа SAP [22] предположила, что если они смогут отслеживать движение транспорта задолго до прибытия в порт, то это существенно упростит логистику и расширит возможности диспетчеров. Было исследовано распределение рейсов транспортных компаний и выявлено, что примерно треть фур едет с территории Германии. Благодаря тому, что отслеживание местоположения фур делается в момент начала движения, удалось рассчитать оптимальное расписание служб порта: управление въездами, выездами, парковками грузовиков, контейнерными погрузчиками.

Теперь управляющие структуры получили возможность с помощью датчиков, установленных в мобильных устройствах, следить за каждым грузовиком, контейнером или судном и в режиме реального времени полностью контролировать движение в порту через мобильное приложение. Информация о местоположении фур передается с мобильных устройств в единый центр обработки, который развернут на платформе SAP Cloud Platform. Разные пользователи системы: дорожная служба порта, распределитель контейнеров, служба парковки получают информацию через веб-интерфейс на свои устройства. На основе информации о заказах на обслуживание и о местоположении фур службы порта могут в режиме реального времени оптимизировать распределение мест погрузки и разгрузки грузовиков. За счет внедрения системы логистические компании экономят топливо и уменьшают время доставки грузов.

В целом и пользовательские, и промышленные приложения для Интернета вещей позволяют пользователю дистанционно наблюдать, получать и анализировать точные данные, управ-

лять транспортными объектами через мобильное приложение на смартфоне/планшете, что в итоге позитивно сказывается на экономии затрат всех транспортных и логистических процессов.

Заключение

В России достаточно много игроков, участвующих как в развитии Интернета вещей, так и в транспортной отрасли. Вместе с уникальными новыми возможностями приходят и новые проблемы — это безопасность, бесперебойное функционирование в режиме реального времени, необходимость высококвалифицированных специалистов для поддержки новых цифровых технологий. Чтобы компании смогли получить максимум выгоды от Интернета вещей, они должны быть готовы оценить возможные риски — от кибератак и рисков информационной безопасности, потери персональных данных, несанкционированного доступа к подсоединенным машинам и устройствам до риска неграмотного управления удаленными устройствами, что может привести к негативным последствиям.

Возможности использования новых технологий поднимают множество вопросов в отношении ответственности, например, кто или какое устройство несет ответственность в случае аварии беспилотного транспортного средства? Как должен быть запрограммирован беспилотный автомобиль, который, чтобы избежать возможного столкновения, с высокой вероятностью провоцирует другое ДТП? Этот вопрос еще до конца не изучен, существует множество споров по поводу ответственности устройств, управляемых дистанционно.

Конечно, Интернет вещей дает массу преимуществ. Так, например, "умный" автомобиль самостоятельно отслеживает износ и интервалы замены деталей, сообщает о неисправностях, но при этом не решает проблему. Конечная ответственность все равно лежит на владельце процесса и продукта, технологии лишь предоставляют больше информации для принятия наиболее верного решения.

Стоит отметить, что технология Интернета вещей становится все более доступна обычному пользователю. Как утверждают аналитики компании Goldman Sachs, стоимость датчиков — важная составляющая Интернета вещей — резко упала, более чем на 50 % за последнее десятилетие, при том, что они стали более эффективными [23]. Судя по всему, такая тенденция будет развиваться, и вскоре нас будут окружать умные дороги, машины и приложения, которые будут подсказывать следующий шаг. И тогда перед пользователем встанет другой вопрос — сможет

ли он обработать такое большое количество информации, которое предоставляют ему различные датчики и устройства, насколько он сможет делегировать машинам принятие решений и что он оставит себе.

Список литературы

1. **Meulen R.** Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016 // Gartner, 2017 [Официальный сайт]. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917> (дата обращения: 15.07.2017).
2. **DuBravac S., Ratti C.** The Internet of Things: Evolution or Revolution? // American International Group (AIG), 2016 [Официальный сайт]. URL: <https://www.aig.com/content/dam/aig/america-canada/us/documents/insights/aig-white-paper-iot-english-digital-brochure.pdf> (дата обращения: 15.07.2017).
3. **Банке Б., Бутенко В., Котов И., Рубин Г., Тушен Ш., Сычева Е.** Россия онлайн? Догнать нельзя отстать // The Boston consulting Group (BCG), 2016 [Официальный сайт]. URL: http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Russia-Online_tcm27-152058.pdf (дата обращения: 15.07.2017).
4. **Jenner G.** Analysis: How airlines are tapping into the Internet of Things // GE [Официальный сайт]. URL: <https://www.ge.com/digital/press-releases/how-airlines-are-tapping-internet-things> (дата обращения: 15.07.2017).
5. **Driving** productivity in the Pilbara // RioTinto, 2016 [Официальный сайт]. URL: http://www.riotinto.com/ourcommitment/spotlight-18130_18328.aspx (дата обращения: 15.07.2017).
6. **Тренина А.** Вещь в сети. Промышленный интернет // Коммерсант, 2016 [Официальный сайт]. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/3036782> (дата обращения: 15.07.2017).
7. **Puthiyamadam T., Garrett D., Curran C.** 2017 Digital IQ How organizations can maximize and profit from technology investments // PwC, 2017 [Официальный сайт]. URL: <https://www.pwc.com/us/en/advisory-services/digital-iq.html> (дата обращения: 15.07.2017).
8. **Пуха Ю., Сидоров Г., Учуваткин М., Стапран Д.** Перспективы развития "Интернета вещей" в России // PwC, 2017 [Официальный сайт]. URL: http://www.pwc.ru/ru/communications/assets/the-internet-of-things/PwC_Internet-of-Things_Rus.pdf (дата обращения: 15.07.2017).
9. **О'Доннелл Л.** IDC: IoT-рынок — кладезь возможностей для VAR'ов // CRN, 2017 [Официальный сайт]. URL: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID = 120078> (дата обращения: 15.07.2017).
10. **Ермолич П.** Подключенные Автомобили (Connected Cars). Перспективы российского рынка M2M/IoT в транспортной отрасли до 2020 года // JSON, 2017 [Официальный сайт]. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/perspektivy-rossiyskogo-rynka-m2miot-v-transportnoy-otrasli-do-2020-goda-20151211043329 (дата обращения: 15.07.2017).
11. **Рагимова С.** Точка зрения машины. Интернет вещей, *Коммерсант. Business Guide.* 12/2016 [Официальный сайт]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3168705> (дата обращения: 15.07.2017).
12. **Вопросы и ответы.** *Эра-глонасс,* 2017 [Официальный сайт]. URL: <http://glonassunion.ru/era-glonass/info> (дата обращения: 15.07.2017).
13. **Kitney R.** 5 областей, которые изменит "Интернет вещей" // Orange Business Services, 2017 [Официальный сайт]. URL: <http://www.orange-business.com/ru/blogs/get-ready/mobilnost/5-oblastey-kotorye-izmenit-internet-veshchey> (дата обращения: 15.07.2017).
14. **Magyar J.** Trenitalia's IoT Strategy Makes the Trains Run on Time // SAP [Официальный сайт]. URL: <http://news.sap.com>

com/trenitalias-iot-strategy-makes-the-trains-run-on-time/ (дата обращения: 15.07.2017).

15. **Большие** данные в разных отраслях: сценарии применения // CNews, 2014 [Официальный сайт]. URL: http://www.cnews.ru/articles/bolshie_dannye_v_raznyh_otraslyah_stsenarii (дата обращения: 15.07.2017).

16. **Ермолич П.** "Умная дорога" — российский рынок M2M/IoT в области дорожной инфраструктуры [Электронный ресурс] // JSON, 2017 [Официальный сайт]. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/umnaya-doroga-rossiyskiy-rynok-m2miot-v-oblasti-dorojnoj-infrastruktury-20160314040956 (дата обращения: 15.07.2017).

17. **Heineman K.** Intelligent Traffic Signals Reduce Intersection Wait 40 Percent // Tchnologist, GE, 2017 [Официальный сайт]. URL: <http://txchnologist.com/post/63090236446/intelligent-traffic-signals-reduce-intersection-online-magazine> (дата обращения: 15.07.2017).

18. **Smigala H., Kress A.** Local Motors Debuts "Olli", the First Self-driving Vehicle to Tap the Power of IBM Watson // IBM, 2016 [Официальный сайт]. URL: <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/49957.wss> (дата обращения: 15.07.2017).

19. **Первый камаз** с искусственным интеллектом выпустят уже в 2017 году // Камаз, 2016 [Официальный сайт]. URL: <http://www.kamaz-volga.ru/about/smi/39350/> (дата обращения: 15.07.2017).

20. **Интернет вещей** // American International Group (AIG), 2016 [Официальный сайт]. URL: <https://www.aig.ru/why-aig/internet-of-things> (дата обращения: 15.07.2017).

21. **Дембинская Н.** Как беспилотные автомобили изменят экономику // РИА Новости, 2016 [Официальный сайт]. URL: <https://ria.ru/economy/20161205/1482890294.html> (дата обращения: 15.07.2017).

22. **Simpler and Smarter Connections at Germany's Largest Seaport** // SAP, 2017 [Официальный сайт]. URL: <https://www.sap.com/about/customer-testimonials/public-sector/hamburg-port-authority.html> (дата обращения: 15.07.2017).

23. **Jankowski S., Covello J., Bellini H., Ritchie J., Costa D.** The Internet of Things: Making sense of the next mega-trend // Goldman Sachs, 2014 [Официальный сайт]. URL: <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/outlook/internet-of-things/iot-report.pdf> Goldman Sachs Global Investment Research 2014 (дата обращения: 15.07.2017).

S. M. Avdoshin, Ph. D., Professor, Head of Software Engineering School,
Faculty of Computer Science, savdoshin@hse.ru,

E. Yu. Pesotskaya, Associate Professor, Faculty of Computer Science, epesotskaya@hse.ru
National Research University Higher School of Economics (HSE), Moscow, 105187, Russia

Internet of Things: Transportation

The paper describes the possibility of using the Internet of Things in transport industry and processes while all the life cycle of transporting passengers and goods. Authors provide detailed research of effects and benefits by using Internet of Things while transportation, "smart cars and vehicles", customer applications that drives cost optimization and economic effect. The paper provides the analysis of potential trends in development of Internet of Things in transportation sector forced by information and digital technologies development recent years. Also the productivity and cost savings aspects are carefully examined as well as their impact to the company's transportation and logistics business processes. While providing recommendations on business processes improvement and costs and risks reducing initiatives, the global trends are considered.

Keywords: *Internet of Things, mobile technologies, mobile applications, transportation, "smart cars", intellectual transport systems*

References

1. **Meulen R.** Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016, Gartner, 2017 [Official website]. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917> (accessed 15.07.2017).

2. **DuBravac S., Ratti C.** The Internet of Things: Evolution or Revolution? American International Group (AIG), 2016 [Official website]. URL: <https://www.aig.com/content/dam/aig/america-canada/us/documents/insights/aig-white-paper-iot-english-digital-brochure.pdf> (accessed 15.07.2017).

3. **Banke B., Butenko V., Kootov I., Rubin G., Toushen S., Sycheva E.** Russia online? Catch up impossible to fall behind, *The Boston consulting Group (BCG)*, 2016 [Official website]. URL: http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Russia-Online_tcm27-152058.pdf (accessed 15.07.2017).

4. **Jenner G.** Analysis: How airlines are tapping into the Internet of Things, *GE* [Official website]. URL: <https://www.ge.com/digital/press-releases/how-airlines-are-tapping-internet-things> (accessed 15.07.2017).

5. **Driving** productivity in the Pilbara, *RioTinto*, 2016 [Official website]. URL: http://www.riotinto.com/ourcommitment/spotlight-18130_18328.aspx (accessed 15.07.2017).

6. **Tronina A.** Thinks in Net. Industrial Internet, *Kommersant*, 2016 [Official website]. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/3036782> (accessed 15.07.2017) (in Russian).

7. **Puthiyamadam T., Garrett D., Curran C.** 2017 Digital IQ How organizations can maximize and profit from technology investments, *PwC*, 2017 [Official website]. URL: <https://www.pwc.com/us/en/advisory-services/digital-iq.html> (accessed 15.07.2017).

8. **Puha Yu., Sidorov G., Uchvatkin M., Stapan D.** Perspectives of "Internet of Things" in Russia, *PwC*, 2017. URL: http://www.pwc.ru/ru/communications/assets/the-internet-of-things/PwC_Internet-of-Things_Rus.pdf (accessed 15.07.2017) (in Russian).

9. **O'Donnell L.** IDC: IoT-market — great possibilities for VAR, *CRN*, 2017 [Official website]. URL: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=120078> (accessed 15.07.2017) (in Russian).

10. **Ermolich P.** Connected Cars. Perspectives of Russian market M2M/IoT in transportation till 2020, *JSON*, 2017 [Official website]. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/perspektivy-rossiyskogo-rynka-m2miot-v-transportnoy-otrasli-do-2020-goda-20151211043329 (accessed 15.07.2017) (in Russian).

11. **Ragimova S.** Machine Point of View. Internet of Things, *Kommersant Business Guide*, 12/2016 [Official website]. URL:

<https://www.kommersant.ru/doc/3168705> (accessed 15.07.2017) (in Russian).

12. **Questions** and answers, *Era-Glonass*, 2017 [Official website]. URL: <http://glonassunion.ru/era-glonass/info>, Era-Glonass (accessed 15.07.2017).

13. **Kitney R.** 5 oblastey, kotorye ismenyat "internet veshey", Orange Business Services, 2017 [Official website]. URL: <http://www.orange-business.com/ru/blogs/get-ready/mobilnost/5-oblastey-kotorye-izmenit-internet-veshchey> (accessed 15.07.2017) (in Russian).

14. **Magyar J.** Trenitalia's IoT Strategy Makes the Trains Run on Time, *SAP* [Official website]. URL: <http://news.sap.com/trenitalias-iot-strategy-makes-the-trains-run-on-time/> (accessed 15.07.2017).

15. **Big Data** in different industries: application scenarios [Electronic resource], *CNews*, 2014, [Official website]. URL: http://www.cnews.ru/articles/bolshie_dannye_v_raznyh_otraslyah_stsenarii (accessed 15.07.2017) (in Russian).

16. **Ermoloh P.** "Smart Road" — Russian market of M2M/IoT in transport infrastructure, *JSON*, 2017 [Official website]. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/umnaya-doroga-rossiyskiy-rynok-m2miot-v-oblasti-dorojnoj-infrastruktury-20160314040956 (accessed 15.07.2017) (in Russian).

17. **Heineman K.** Intelligent Traffic Signals Reduce Intersection Wait 40 Percent, *Txchnologist*, GE, 2017 [Official website]. <http://txchnologist.com/post/63090236446/intelligent-traffic-signals-reduce-intersection-online-magazine> (accessed 15.07.2017).

18. **Smigala H., Kress A.** Local Motors Debuts "Olli", the First Self-driving Vehicle to Tap the Power of IBM Watson [Electronic resource], *IBM*, 2016 [Official website]. URL: <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/49957.wss> (accessed 15.07.2017).

19. **Perviy** Kamaz s iskustvennym intellektom vypystyat yje v 2017 gody [Electronic resource], *KAMAZ*, 2016 [Official website] <http://www.kamaz-volga.ru/about/smi/39350/> (accessed 15.07.2017) (in Russian).

20. **Internet** of Things [Electronic resource], *American International Group (AIG)*, 2016 [Official website]. <https://www.aig.ru/why-aig/internet-of-things> (accessed 15.07.2017).

21. **Dembinskaya N.** Kak bespilotnie avtomobili izmenyat economy, *RIA Novosti*, 2016 [Official website]. URL: <https://ria.ru/economy/20161205/1482890294.html> (accessed 15.07.2017) (in Russian).

22. **Simpler** and Smarter connections at Germany's Largest Seaport [Electronic resource], *SAP*, 2017 [Official website]. URL: <https://www.sap.com/about/customer-testimonials/public-sector/hamburg-port-authority.html> (accessed 15.07.2017).

23. **Jankowski S., Covello J., Bellini H., Ritchie J., Costa D.** The Internet of Things: Making sense of the next mega-trend, *Goldman Sachs*, 2014 [Official website]. URL: <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/outlook/internet-of-things/iot-report.pdf> Goldman Sachs Global Investment Research 2014 (accessed 15.07.2017).

УДК 004.057.4

Ле Ба Чунг, аспирант, e-mail: chungbaumanvietnam@gmail.com,
Московский физико-технический институт (ГУ),

Ю. А. Холопов, вед. инженер,
Институт точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева
Российской академии наук, Москва

Асимметричный межмодульный интерфейс

Рассмотрены межмодульные связи в цифровой системе управления, построенной по принципу "вынесенной руки". Предложен простой асимметричный межмодульный интерфейс для передачи информации между периферийными устройствами и вычислителем. Интерфейс отличается несложным механизмом управления обменом, простой структурой пакетов и высокой плотностью данных в пакете, что позволяет организовать быстрые "прозрачные" связи между удаленными устройствами системы управления и центральным вычислителем.

Ключевые слова: цифровая система управления, принцип "вынесенной руки", межмодульные связи, центральный вычислитель, периферийные устройства

Введение

Аппаратные средства цифровых систем управления (ЦСУ), как правило, конструктивно распределены в нескольких модулях. Модуль реализуется как узел с четко выделенной функцией и минималистичностью интерфейсов. В любой ЦСУ присутствуют модули исполнительных устройств и датчиков, размещенные непосредственно на объекте управления. В точках их размещения воз-

можны неблагоприятные условия эксплуатации [1], такие как высокая температура, вибрация, агрессивная среда и т.п., а сами точки размещения после окончательной сборки объекта управления становятся физически недоступными, что исключает возможность изменения алгоритмов управления модулями через локальные технологические интерфейсы. Тем не менее возможность коррекции управляющих программ должна быть предусмотрена, и функция коррекции должна