

РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43

Андреев Егор Олегович,
ООО "Современные технологии", Ростов-на-Дону, Россия,
ea@ctfind.com

Жанказиев Султан Владимирович,
Московский государственный технический автомобильно-
дорожный университет, Москва, Россия, sultanv@mail.ru

Зырянов Владимир Васильевич,
Донской государственный технический университет, Ростов-
на-Дону, Россия, Россия, tolbaga@mail.ru

Павлов Александр Сергеевич,
ООО "Современные технологии", Ростов-на-Дону, Россия,
basicrus@rambler.ru

Manuscript received 02 November 2023;
Accepted 14 December 2023

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная
система, архитектура, интеграционная платформа

В статье приведен анализ роли полноценности архитектуры интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в обеспечении их эффективности. Многие страны или группы стран имеют архитектуру ИТС с успешными результатами ее применения на практике. Показано, что архитектура ИТС постоянно обновляется и это является характерной тенденцией. Приведена характеристика некоторых подходов к созданию архитектуры ИТС, проведен анализ существующих методов создания интеграционных платформ ИТС. В статье предложены новые подходы к формированию интеграционной платформы в составе ИТС на основе принципа разделения управления идентификацией цифровых объектов и управления структурами данных цифровых объектов. Приведена схема организации потоков данных в разных контурах программных средств интеграционной платформы. Предлагается разделить контуры управления собственно данными транспортной системы и идентификационными данными, которые описывают участника ИТС (цифровой объект) с расширением возможностей в условиях функционирования кооперативных ИТС. Обеспечивается возможность организации связанных цепочек идентификации цифровых объектов ИТС, участия в формировании для рабочих процессов ИТС сетевых структур, описывающих поведение цифровых объектов в ходе процессов ИТС и поведение конечных пользователей в соответствии со свойствами сетевых структур.

Информация об авторах:

Андреев Егор Олегович, исполнительный директор ООО "Современные технологии", Ростов-на-Дону, Россия

Жанказиев Султан Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой "Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы", Московский государственный технический автомобильно-дорожный университет, Москва, Россия

Зырянов Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой "Организация перевозок и дорожного движения, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Павлов Александр Сергеевич, технический директор ООО "Современные технологии", Ростов-на-Дону, Россия

Для цитирования:

Андреев Е.О., Жанказиев С.В., Зырянов В.В., Павлов А.С. Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2024. Том 18. №1. С. 38-43.

For citation:

Andreev E.O., Zhankaziev S.V., Zyryanov V.V., Pavlov A.S. (2024) Development of Architecture Intelligent Transport Systems. T-Comm, vol. 18, no. 1, pp. 38-43. (in Russian)

Введение

Расширение сферы применения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) является характерной тенденцией современного этапа развития транспортно-дорожного комплекса. Интегрирующие функции ИТС обеспечили те стратегические преимущества, которые способствуют высокой эффективности этих систем. ИТС обеспечивают повышение качества управления транспортными процессами и расширяют границы транспортного обслуживания и связанных с ним видов сервисов, доводя информационные потоки до конечных пользователей, когда все категории корпоративных и индивидуальных пользователей становятся активными участниками информационного обмена при реализации основных функций ИТС. Поэтому реализуемая в настоящее время программа внедрения ИТС, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек, позволяет решить многие проблемы транспортно-дорожного комплекса страны.

Эволюция подходов к созданию ИТС показывает, что наиболее характерной особенностью для всех стран является разработка архитектуры ИТС до начала проектирования и это является обязательным условием. Потребность в архитектуре интеллектуальных транспортных систем была признана в начале 1990-х годов, когда количество возможных приложений и сервисов, которые могла бы предоставлять ИТС, значительно возросло, технические средства и программное обеспечение постоянно обновлялось, что при отсутствии единых требований приводило к появлению «изолированных» систем с существенными проблемами при развитии и масштабировании. С реальным использованием архитектуры значительно возросли темпы развития ИТС за счет того, что достигается снижение стоимости оборудования и сервиса поскольку собственники ИТС и пользователи могут эксплуатировать оборудование различных производителей, обеспечивается определенная технологическая независимость, что позволяет без проблем обновлять технические средства, технологии и программное обеспечение [1, 2].

Важнейшим показателем необходимости архитектуры ИТС является постоянное обновление нормативно-методического обеспечения в этой сфере. Архитектура постоянно корректируется и развивается в соответствии с изменением объема и содержания сервисов ИТС, а также потребностей всех категорий пользователей. Национальная архитектура ИТС США первый вариант которой был разработан в 1996 году, в настоящее время представлена девятой версией ARC-IT Version 9.1, Европейская архитектура с 2000 года также прошла ряд изменений и в настоящее время используется ее пятая версия FRAME Architecture Tool V5.1.1. В целом сформировался единый подход к разработке архитектуры ИТС, включающий в себя следующие этапы: национальная стратегия развития ИТС, рамочная архитектура ИТС, эталонная архитектура ИТС, архитектура локальных проектов ИТС [3-7].

В отечественной практике архитектура ИТС ограничивается приведенной в первой редакции Методики структурной схемой модулей, подсистем и периферийного оборудования [8]. Это приводит к тому, что отсутствует перечень потребностей пользователей, описание информационных потоков, вся последовательность их прохождения от источника получения

до конечных пользователей, включая идентификацию баз данных. Особенно это сказывается на создании интеграционной платформы, поскольку архитектура ИТС фактически предоставляет технологическую карту интеграции информационных потоков как внутри ИТС, так и для связей ИТС с внешними системами. Поскольку отличительной характеристикой современных решений является их направленность на создание бесшовной среды, которая имеет все признаки использования технологий интернета вещей (IoT) с возможностью принятия решений как можно ближе к месту возникновения проблемы, необходимость в архитектуре и всех формах интеграции является актуальной.

Особенности разработки архитектуры интеграционных платформ

Одним из основных отличительных факторов, определяющих функциональность ИТС, является необходимость создания настраиваемых механизмов реализации персонализированных потребностей участников ИТС в зависимости от ситуации, в которой они находятся. По отношению к вопросу архитектуры это означает, что связи между компонентами ИТС должны поддерживать сложные интеграционные механизмы, ориентированные на ситуационные и адаптивные взаимодействия как функционала компонентов, так и обмена данными между компонентами.

Способом создания таких механизмов являются решения класса «интеграционная платформа». При классическом подходе интеграционная платформа ИТС должна представлять собой модульную систему управления взаимосвязанным функционированием всех цифровых объектов, подсистем и сервисов ИТС дорожной сети, предполагающую наличие:

- реестра сервис-ориентированной архитектуры (реестр SOA), который должен позволять сервисным провайдерам эффективно обнаруживать потребителей и общаться с ними, создавая связи между поставщиками и клиентами сервисов с целью обеспечения быстрого и легкого доступа к коммуникации между различными приложениями,
- программного движка (software engine), который позволяет объединить все бизнес-процессы различных независимых друг от друга приложений в информационной системе от начала выполнения процессов до их завершения,
- брокера сервисов, который выполняет действия службы, соединяющей различные сервисы вместе на основании информации от реестра сервис-ориентированной архитектуры,
- супервизора, который контролирует и координирует работу всех сервисов, отслеживает работу различных компонентов внутри информационной системы, оценивает корректность их функционирования, а также отслеживает запросы, отправленные во внешние системы.

Системный подход к созданию ИТС, состоящих из автоматизированных систем управления технологическими процессами, происходящими в дорожно-транспортном комплексе, и информационных систем, предполагает рассмотрение любой системы в качестве совокупности взаимосвязанных компонентов. Важной задачей является обновление существующей нормативно-технической базы в области архитектур ИТС и её гармонизация с иными нормативными документами, формирующими требования к построению ИТС в Российской Федерации [9].

Существующий ГОСТ Р 56294-2014 требуют пересмотра в части структуры и подходов к формированию физической и функциональной архитектур в связи с появлением новых подсистем, развитием технологий кооперативных ИТС, высокоавтоматизированных и подключенных транспортных средств.

В настоящий момент проводится переиздание ГОСТ Р 56294-2014, в рамках которого формируются иные подходы к разработке архитектур ИТС. Ключевым отличием является отказ от понятия «комплексная подсистема», как структурного элемента архитектуры ИТС. Это обусловлено тем, что по результатам анализа практического опыта разработки проекта ИТС, было выявлено, что границы комплексных подсистем и модулей интеграционной платформы становятся условными. Также определяются требования к обеспечению взаимодействия с внешними информационными системами и национальной сетью ИТС.

На сегодняшний день сложилось устойчивое представление об архитектуре ИТС как структуре, поддерживающей единое целое, бесшовное и всепроникающее информационное пространство [10, 11, 12]. Такая архитектура также должна предусматривать функции, учитывающие пространственно-временные характеристики происходящих событий, прогнозирования возникновения возможных дорожных ситуаций при реализации сервисов V2X, а также доверия к получаемой информации о предупреждении или принудительном управлении объектами ИТС.

В рамках такого подхода архитектура ИТС ориентируется на решение сложных сценариев по ситуации в режиме реального времени, когда участники ИТС взаимодействуют друг с другом, транспортные средства с дорожной инфраструктурой, транспортные средства с транспортными средствами, оборудование дорожной инфраструктуры с оборудованием дорожной инфраструктуры, устройствами, установленными на средствах индивидуальной мобильности и т. п. С точки зрения технических решений это достигается за счёт технологий интернета вещей, что в ИТС отображается в классе решений V2X [13, 14, 15].

С точки зрения телекоммуникаций ключевую роль в разработке инфраструктуры ИТС будут играть сети на базе 5G технологий. Однако и этого будет недостаточно. Скорость передачи данных и принципы создания виртуализированных и независимых сетей поверх общей физической инфраструктуры в зависимости от конкретных потребностей приложения или клиента не создают качественно новых предпосылок для формирования архитектурных решений ИТС при вышеописанных условиях.

Возможность увеличения скорости и количества обрабатываемых в единицу времени данных не приносит нового качества относительно параметров персонализации выбора сервиса и реагирования на разнообразие обстоятельств ситуации «здесь и сейчас», которая может возникать у участника ИТС. Поэтому в этих рамках задача формирования децентрализованной архитектуры ИТС, отвечающей таким требованиям, по-прежнему не имеет приемлемого решения.

На наш взгляд качественно новое свойство архитектура может получить, если применить принципы разделения управления идентификацией цифровых объектов и управления структурами данных цифровых объектов.

Подходы к архитектуре ИТС с использованием интеграционной шины

Существующие принципы, применяемые при построении ИТС, предписывают осуществлять управление собственно данными и управление идентификацией в одном контуре программных средств управления обеими потоками, так как это представлено на рисунке 1.

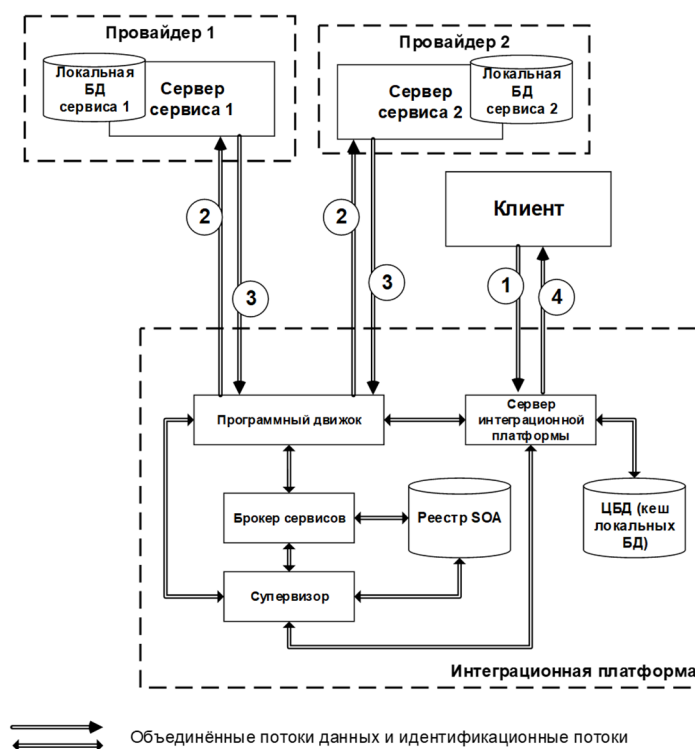


Рис. 1. Организация потоков данных в одном контуре программных средств интеграционной платформы

В соответствии с архитектурой организации программной обработки потоков данных клиент обращается к интеграционной платформе с запросом на выполнение сервисов (1), после чего сервер платформы формирует соответствующие запросы (2) провайдерам, которые могут оказать услуги в рамках требуемого сервиса. Серверы, на которых обрабатываются запросы на выполнение соответствующего сервиса, формируют ответы, которые возвращают (3) серверу интеграционной платформы, для формирования ответа (4) клиенту.

В системе задействован единый программный контур программного обеспечения для обработки как собственно данных, так и идентификационных данных. Применение 5G технологий на этапах коммуникаций не приносит нового качества относительно возможностей реализации свойств персонализации сервисов и для решения задач адаптивного и ситуационного управления поведением участников ИТС (цифровых объектов) в зависимости от обстоятельств ситуации, в которой они находятся и связанных с этим решение задач предсказания поведения участников ИТС.

К особенностям такой архитектуры можно отнести также возможность в рамках интеграционной платформы формировать кэш локальных баз данных, что с одной стороны повышает скорость обработки запросов, но с другой стороны повышает риск предоставления недостоверных данных при решении

запроса на сервис в случае, если параметры сервиса изменились и этот факт не нашёл отражения в содержимом кэша.

Предлагается разделить контуры управления собственно данными и идентификационными данными, которые описывают участника ИТС (цифровой объект). В этом случае оперирование идентификационными данными позволяет организовать создание массивов информации, определяющих не только какие цифровые объекты участвуют в процессах ИТС, чем и ограничивается функциональность идентификации согласно рисунку 1, но и каким образом можно построить множество ассоциаций между свойствами цифрового объекта и свойствами сервисов, которые будут ориентированы на оказание услуг в условиях определяемых триплетом – обстоятельствами события, времени и места возникшей ситуации, в которой оказался участник ИТС. При этом управление идентификацией разделяется на два процесса: управление свойствами идентификаторов и управление процессами идентификации.

Управление свойствами идентификаторов определяет возможность использования множества идентификаторов путём формирования единой нотации идентификации участников ИТС, поскольку они находятся в среде Интернета вещей, для которой характерно разнообразие применяемых протоколов и соответственно систем идентификации. Кроме унификации появляется возможность организации связанных цепочек идентификации цифровых объектов ИТС, что естественным образом позволяет участвовать в формировании для рабочих процессов ИТС сетевых структур описывающих поведение цифровых объектов в ходе процессов ИТС и поведения участников ИТС в соответствии со свойствами сетевых структур.

Формирование сетевых структур, которые моделируют поведение цифровых объектов в среде ИТС в зависимости от набора факторов, определяющих обстоятельства ситуации, времени и места, относится к функционалу управления процессами идентификации.

С учетом этих факторов качественно новое свойство архитектуры может получить, если применить принципы разделения управления идентификацией цифровых объектов и управления структурами собственно данных цифровых объектов ИТС, как представлено на рисунке 2.

Согласно представленной на рисунке 2 архитектуре, клиент обращается к интеграционной платформе с идентификационным запросом на выполнение сервисов (1), после чего сервер платформы формирует соответствующие идентификационные запросы (2) в сторону провайдеров сервисов, которые могут оказать услуги в рамках требуемого сервиса.

Решение задачи выбора провайдера, т.е. решения по какому сетевому адресу или сетевым адресам необходимо обратиться к серверу или серверам провайдеров сервиса и с какими параметрами необходимо выполнить сервис в зависимости от ситуации, в которой оказался участник ИТС, происходит в модуле конфигурации сети, который предназначен для обработки запросов в среде V2X. Условие наличия среды V2X определяется тем, что участник ИТС может обращаться с запросами к любым сервисам в рамках выполнения транзакций между транспортными средствами (V2V), между транспортными средствами и элементами дорожной инфраструктуры (V2I), между транспортными средствами и сетью коммуникаций (V2N), между транспортными средствами и пешеходами (V2P), между транспортными средствами и оборудованием зарядки электромобилей (V2G) и т.д.

Телекоммуникационной средой выступают протоколы беспроводной связи, в том числе протоколы 5G, например, DSRC, C-V2X, стека LTE и т.д.

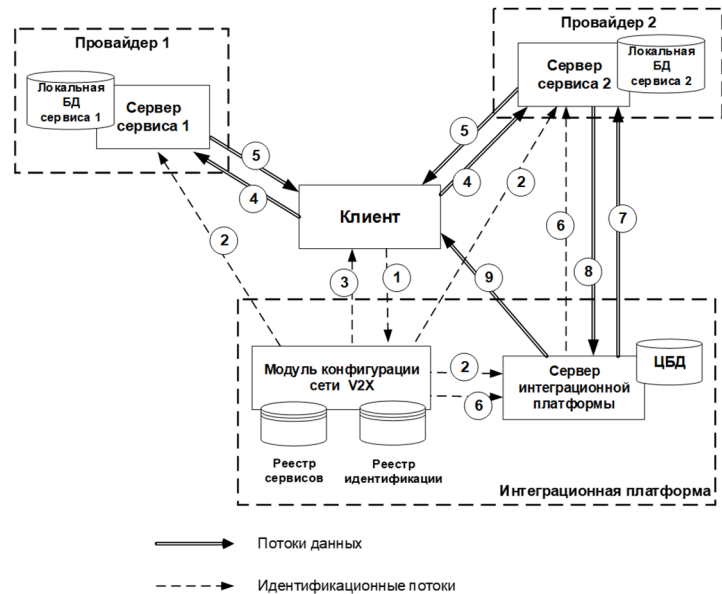


Рис. 2. Организация потоков данных в разных контурах программных средств интеграционной платформы

Формирование идентификационных запросов (2) происходит с целью уведомления провайдера о том, какой участник ИТС, когда и с каким запросом будет обращаться к серверу сервиса (4). Сервер уже будет уведомлён как о структуре данных, так и их конкретной конфигурации, настроенной в зависимости от условий ситуации, в которой был произведён запрос конкретным участником ИТС. Это позволяет персонализировать запросы участников ИТС. В свою очередь участник ИТС получает уведомление (3), содержащее идентификационные данные о том, к какому серверу (каким серверам) ему надо обращаться. Участник ИТС осуществляет обращение к соответствующим серверам (4) и получает ответ (5).

Перед осуществлением первого запроса в приведенной архитектуре участник ИТС формирует набор параметров для выполнения сервиса в рамках модели сервиса и конфигурирует их в зависимости от обстоятельств ситуаций, в которых он предполагает оказаться и сделать релевантный им вызов.

Формирование такого набора параметров, персонализацию их на конкретные условия выполнения, внесение в модель взаимодействия участника ИТС и сервиса параметров позволяющих предсказывать поведение участника ИТС, формирование возможностей организации цепочек, описывающих сетевое взаимодействие участников ИТС в зависимости от типов ситуаций, реализуется за счёт двух реестров – реестра идентификации и реестра сервисов. Понятие связки реестра идентификации и реестра сервисов с целью упрощения процедуры идентификации сервиса и получения информации о сервисе на основании сведений из ресурсных записей реестра идентификации, содержащих тип сервиса, параметры сервиса для дальнейшего формирования обращения к реестру сервисов и другой информации при условии предварительной записи в реестр сервисов данных, характеризующих как минимум сетевые адреса и метаданные сервиса, было представлено в [16].

Реестр идентификации содержит данные о корневой системе идентификации, иерархическую структуру идентификации, данные о сопоставлении между идентификаторами цифровых объектов и ресурсами сервисов, которые включают адреса расположения серверов сервисов, общее описание функций, которые может выполнять сервис, условия выполнения сервиса в зависимости от обстоятельств применения, другие ресурсы. Каждая запись о сопоставлении между идентификаторами цифровых объектов и сервисами должна быть самостоятельной (отдельной). Реестр идентификации может использовать систему авторитетных (уполномоченных) и кэш-серверов используемой системы идентификации.

База данных Реестра идентификации содержит административные данные для целей управления свойствами идентификаторов в рамках иерархической структуры. Эти данные содержат сведения о цифровых объектах и политиках обработки идентификаторов в Реестре.

Реестр сервисов предназначен для хранения данных о сервисах, которые включают массивы данных о свойствах сервиса, функциональности и условиях выполнения сервиса, схемах доступа к сервису, требованиях к безопасности при использовании сервиса, форматах входных и выходных параметров сервиса.

Реестр сервисов требует формирования системы серверов, один по крайней мере из которых должен содержать базу данных авторитетно описывающую структуру сервисов, их характеристики и параметры, и некоторое количество серверов, которые можно использовать для перечисления содержимого кэша Реестра сервисов. Количество кэш-серверов определяется необходимостью быстрого доступа к соответствующей информации в зависимости от географического фактора запросов.

При такой архитектуре выполняются следующие функции:

- сбор информации от цифровых объектов в виде их запросов на выполнение сервисов, требуемых в соответствии с обстоятельствами текущей ситуации, места и времени;
- идентификация цифровых объектов и требуемых сервисов с решением их параметров, которые релевантны обстоятельствам ситуации, времени и места, в которых находится цифровой объект;
- передача в адрес цифровых объектов и сервисов набора идентификационных и собственно данных для проведения операций по реализации сервиса по запросу цифрового объекта;
- создание, хранение и поддержка обмена структурами данных о цифровых объектах и сервисах между подсистемами ИТС.

Заключение

Предлагается рассматривать архитектуру интеграционной платформы для ИТС, включающей модуль конфигурации сети V2X в составе:

- реестра идентификации с возможностями создания набора идентификаторов цифровых объектов, которые позволяют формировать зависимости свойств сервисов от потребностей цифровых объектов;
- реестра сервисов с возможностями создания интегральной с идентификаторами структуры данных о цифровых объектах ИТС, которые вместе способны обеспечивать взаимодействие подсистем и сервисов ИТС в условиях бесшовной конвергентной телекоммуникационной среды;

- подсистемы управления свойствами идентификаторов и процессами идентификации цифровых объектов;
- подсистемы создания и управления структурами данных цифровых объектов.

В этом случае будет обеспечено решение следующих задач:

- сбор и хранение идентификационных данных, включая собственно идентификаторы и свойства идентификаторов цифровых объектов;
- сбор и хранение структур данных, включая собственно данные цифровых объектов и структуру данных сервисов, включая V2X сервисы, подсистемы ИТС;
- моделирование ситуаций и формирование ассоциативных связей между цифровыми объектами и сервисами, позволяющие производить настройку на выполнение сценариев для цифровых объектов, находящихся в обстоятельствах ситуации дорожного движения при текущих обстоятельствах места и времени;
- формирование персонализированных настроек выполнения сервисов для разных цифровых объектов.

Этот подход в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к кооперативным ИТС.

Авторы выражают благодарность Каргаполову Юрию Владимировичу за помощь в формировании подхода, изложенного в данной статье.

Литература

1. Sun N. Intelligent Transportation System Planning in the Age of Artificial Intelligence. E3S Web of Conferences 253, 01036 (2021). 5 p.
2. Душкин Р.В. Интеллектуальные транспортные системы. М.: ДМК Пресс, 2020. 280 с.
3. Krüger P., Boltze M., Rittershaus L. Recommendations for the Development and Maintenance of National ITS Architectures. 13th World Conference on Transport Research, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro, Brazil, pp. 1-17.
4. Lu M., Turetken O. Cooperative and Connected Intelligent Transport Systems for Sustainable European Road Transport. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria. 2018, pp. 1-16.
5. Albrecht H., Drees H., Lachenmaier J., Pfähler K., Rittershaus L., Scholtes W. Development of an architecture framework for Intelligent Transport Systems. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria. 2018, pp. 1-10.
6. Karkhanis P.D., van den Brand M.G.J., Rajkarnikar S. Defining the C-ITS reference architecture. In Proceedings - 15th International Conference on Software Architecture Companion, ICSA-C 2018, pp. 148-151.
7. United States Department of Transportation. ARC-IT Version 9.0 The National ITS Reference. Available online: <https://local.iteris.com/arc-it/>
8. Методика оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия "Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек". Утверждена распоряжением Минтранса России от 25.03.2020 N АК-60-р.
9. Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Гаврилюк М.В. Принципы формирования государственной системы сертификации элементов ИТС в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. 2020. №6(91). С. 46-49.
10. Matthew N.O. Sadiku Tembely M., Sarhan M. Musa. Internet of Vehicles: An Introduction // International Journals of Advanced Research

in Computer Science and Software Engineering ISSN: 2277-128X. 2018. Vol. 8, Issue 1, pp. 11-13.

11. Lee E., Ryu K., Paik I. A Concept for Ubiquitous Transportation Systems and Related Development Methodology // International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Beijing, 12-15 October 2008, pp. 37-42 (2008). doi.org/10.1109/ITSC.2008.4732709

12. Sousa S., Santos A. A New Approach on Communications Architectures for Intelligent Transportation Systems // Procedia Computer Science. Vol. 110, 2017, pp. 320-327.

13. Wang Q., Li B., Li Z., Li L. Effect of connected automated driving on traffic capacity // Proceedings of the 2017 Chinese Automation Congress (CAC), Jinan, China, 20-22 October 2017, pp. 633-637.

14. Malikopoulos A., Hong S., Park B., Lee J., Ryu S. Optimal Control for Speed Harmonization of Automated Vehicles // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2019, no. 20, pp. 2405-2417.

15. Li D., Wagner P. A novel approach for mixed manual/connected automated freeway traffic management // Sensors 2020, no. 20, p. 1757.

16. Патент РФ RU 2 754 606 C1. Способ идентификации сервиса в структуре ENUM.

DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Egor Andreev, LTD "Modern technology", Rostov-on-Don, Russia, ea@ctfind.com

Sultan Zhankaziev, Moscow State Automobile & Road Technical University, Moscow, Russia, sultanv@mail.ru

Vladimir Zyryanov, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, tolbaga@mail.ru

Aleksandr Pavlov, LTD "Modern technology", Rostov-on-Don, Russia, basicrus@rambler.ru

Abstract

The paper analyzes the role of a complete architecture of intelligent transport systems (ITS) in ensuring their effectiveness. Many countries or groups of countries have ITS architecture with successful results of its application in practice. It is shown that the ITS architecture is constantly being updated and this is a characteristic trend. The paper proposes new approaches to the formation of the architecture of the integration platform within ITS. The scheme of organisation of data flows in different loops of software tools of the integration platform is developed. It is proposed to separate the control loops proper transport system data and identification data, which describe a participant of the ITS (digital object) with the expansion of capabilities in a cooperative ITS. It is possible to organise linked chains of identification of ITS digital objects, to participate in the formation of network structures for ITS work processes, describing the behaviour of digital objects during ITS processes and the behaviour of end users in accordance with the properties of network structures.

Keywords: intelligent transport system, architecture, integration platform.

References

1. N. Sun, "Intelligent Transportation System Planning in the Age of Artificial Intelligence," *E3S Web of Conferences*, no. 253, 01036 (2021). 5 p.
2. R.V. Dushkin, "Intellektual'nyye transportnyye sistemy," Moscow: DMK Press, 2020. 280 p.
3. P. Kruger, M. Boltze, L. Rittershaus, "Recommendations for the Development and Maintenance of National ITS Architectures," *13th World Conference on Transport Research*, July 15-18, 2013, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 1-17.
4. M. Lu, O. Turetken, "Cooperative and Connected Intelligent Transport Systems for Sustainable European Road Transport," *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018*, April 16-19, 2018, Vienna, Austria. 2018, pp. 1-16.
5. H. Albrecht, H. Drees, J. Lachenmaier, K. Pfahler, L. Rittershaus, W. Scholtes, "Development of an architecture framework for Intelligent Transport Systems," *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018*, April 16-19, 2018, Vienna, Austria. 2018, pp. 1-10.
6. P.D. Karkhanis, M.G.J., van den Brand, S. Rajkarnikar, "Defining the C-ITS reference architecture," *Proceedings - 2018 IEEE 15th International Conference on Software Architecture Companion, ICSA-C*, 2018, pp. 148-151.
7. United States Department of Transportation. ARC-IT Version 9.0 The National ITS Reference. Available online: <https://local.iteris.com/arc-it/>
8. Metodika otsenki i ranzhirovaniya lokal'nykh proyektov v tselyakh realizatsii meropriyatiya "Vnedreniye intellektual'nykh transportnykh sistem, predummatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniyem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vkluchayushchikh goroda s naseleniyem svyshe 300 tysyach chelovek". Utverzhdena rasporyazheniyem Mintransa Rossii ot 25.03.2020 N AK-60-r.
9. S.V. Zhankaziyev, A.I. Vorob'yev, M.V. Gavriluk, "Printsipy formirovaniya gosudarstvennoy sistemy sertifikatsii elementov ITS v Rossiyskoy Federatsii," *Transport Rossiyskoy Federatsii*. 2020. No.№6(91), pp. 46-49.
10. Matthew N.O. Sadiku, Tembely M., Sarhan M. Musa, "Internet of Vehicles: An Introduction," *International Journals of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. ISSN: 2277-128X. Vol. 8, Issue 1, pp 11-13.
11. E. Lee, K. Ryu, I. Paik, "A Concept for Ubiquitous Transportation Systems and Related Development Methodology," *International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Beijing, 12-15 October 2008, pp. 37-42. doi.org/10.1109/ITSC.2008.4732709
12. S. Sousa, A. Santos, "A New Approach on Communications Architectures for Intelligent Transportation Systems," *Procedia Computer Science*. Vol. 110, 2017, pp. 320-327.
13. Q. Wang, B. Li, Z. Li, L. Li, "Effect of connected automated driving on traffic capacity," *Proceedings of the 2017 Chinese Automation Congress (CAC)*, Jinan, China, 20-22 October 2017, pp. 633-637.
14. A. Malikopoulos, S. Hong, B. Park, J. Lee, S. Ryu, "Optimal Control for Speed Harmonization of Automated Vehicles," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2019, no. 20, pp. 2405-2417.
15. D. Li, P. Wagner, "A novel approach for mixed manual/connected automated freeway traffic management," *Sensors*. 2020, no. 20, p. 1757.
16. Patent RF RU 2 754 606 C1. СПОСОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕРВИСА В СТРУКТУРЕ ENUM.

Information about authors:

Egor Andreev, CEO, LTD "Modern technology", Rostov-on-Don, Russia

Sultan Zhankaziev, Head of Department "Traffic engineering and safety, intelligent transport systems", Moscow State Automobile & Road Technical University, Moscow, Russia

Vladimir Zyryanov, Head of Department "Transportation and Traffic Management", Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Aleksandr Pavlov, Technical Director, LTD "Modern technology", Rostov-on-Don, Russia