

УДК 004.273

А.О. Игумнов

Архитектура программного обеспечения распределенной системы мониторинга и управления транспортом

Рассмотрены особенности некоторых систем мониторинга и управления транспортом. Сформулировано предложение о построении единой платформы. Для построения платформы представлены функциональные модули общего назначения. Описан интерфейс межмодульного взаимодействия, обеспечивающий соблюдение принципов построения распределённых систем.

Ключевые слова: системы мониторинга транспорта, социально-экономические системы, облачные вычисления, хостинг.

doi: 10.21293/1818-0442-2021-24-2-64-68

В настоящее время наряду со стремительным расширением мирового автопарка растёт количество технических разработок, призванных обеспечить мониторинг местоположения транспортных средств в целях осуществления автоматизации деятельности диспетчерских служб и управления транспортными средствами. Системы мониторинга транспорта, направленные на работу и обслуживание населения, по своей сути являются социально-экономическими системами, использующими средства отслеживания местоположения и оборудование передачи данных для осуществления мониторинга подвижных объектов. Наиболее актуальными технологиями в области систем мониторинга и управления транспортом в наше время являются: спутниковая навигация для контроля местоположения и цифровые карты для его отображения [1].

Сегодня существуют системы мониторинга транспорта самого разного назначения: системы мониторинга общественного транспорта следят за соблюдением маршрутов транспортных средств и предоставляют публичный доступ к данным об их положении, мониторинг специального транспорта включает в себя управление статусами работы машин, а для таксомоторных парков, ко всему прочему, характерно использование Call-центров. В зависимости от сферы применения состав компонентов системы мониторинга будет различаться: помимо общей составляющей в виде вывода информации о местоположении транспортного средства, также будет включен набор специализированных функций для каждой подсистемы отдельно. Повышения эффективности процессов в сложных социально-экономических системах можно достигнуть за счёт упорядоченности и взаимосвязи отдельных служб оказания услуг населению.

Все существующие системы мониторинга выполняют функцию отслеживания положения транспортных средств, что позволяет предположить, что объединение данных от различных систем в единое пространство позволит оптимизировать движение транспорта для каждого предприятия отдельно. В результате проведённого анализа существующих систем мониторинга и диспетчеризации транспорта выявлена разобщённость систем, негативно влияю-

щая на функционирование транспортной структуры в целом. Для решения проблемы необходима единая система предоставления услуг, которая позволила бы учитывать работу различных предприятий и их общее воздействие на транспортную систему. При разработке подобного проекта следует учитывать многообразие функций, необходимых для обеспечения мониторинга транспорта и определять их как сервис в отдельных модулях. В свою очередь, в системе должно быть предусмотрено внутреннее взаимодействие модулей, что обеспечило бы возможность взаимодействия системы как платформы, для автоматизации мониторинга транспорта [2].

Ввиду большого количества общих функций для различных сфер транспортной деятельности мы исходим из предположения, что для каждой сферы будут различные варианты клиентского ПО, которые, в свою очередь, могут подключаться в равной степени к общему серверу или к серверу предприятия. Следовательно, независимо от расположения функциональных модулей на каждом сервере требуется включить механизм публикации для обеспечения внешнего доступа других модулей и клиентского ПО [3]. Любое предприятие, осуществляющее мониторинг и управление транспортом, будет ограничивать доступ к различной информации из соображений безопасности. Поэтому в общем ядре серверного ПО целесообразно встроить учёт прав доступа на основании подключаемого пользователя в виде отдельного модуля распределения прав (рис. 1).

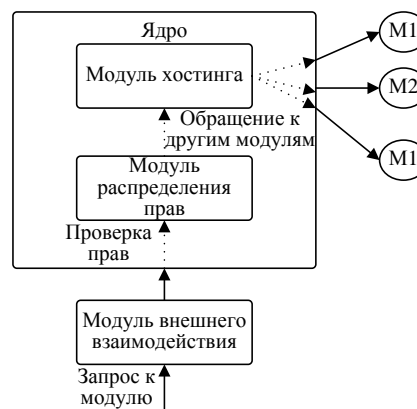


Рис. 1. Обязательное ядро серверного ПО

Поскольку модули распределены по программным компонентам, база данных не должна быть включена на каждом сервере [4]. По этой причине модуль взаимодействия с БД не входит в состав представленного ядра.

Используя это ядро, можно разработать общую распределённую платформу, предоставляющую услуги по обслуживанию транспортных предприятий как непосредственно, так и в интеграции с другими системами. При этом архитектура платформы

включает в себя: ядро, модуль работы с базой данных и другие модули, осуществляющие обработку данных: как модули общего назначения, так и индивидуальные соответствующие сфере деятельности конкретного предприятия. Для интеграции готовых решений также можно предусмотреть реализацию некоторых модулей-шин, представляющих высокоуровневые методы обработки конечных данных для каждой сферы деятельности индивидуально (рис. 2) [5].

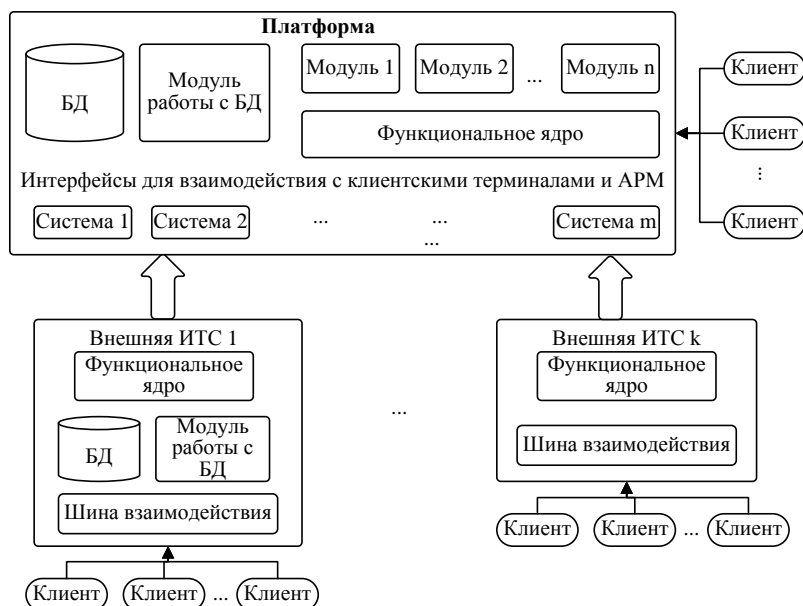


Рис. 2. Архитектура единой распределённой системы мониторинга и управления транспортом

Таким образом, каждый клиент, подключаясь к серверу, обращается к модулю, являющемуся специфичным для сферы работы предприятия и предоставляющим соответствующий функционал клиенту. После проверки прав доступа для пользователя, в соответствии с конфигурацией модуля хостинга, осуществляется запрос к необходимым модулям расчёта или предоставления данных.

Клиентское ПО и мобильные терминалы могут быть настроены как на работу непосредственно с платформой, так и на работу с собственными системами, которые посредством инструментов ядра и модуля-шины взаимодействия будут использовать функционал платформы. Сторонняя система может в равной степени использовать базу данных на своём сервере с синхронизацией отдельных данных с платформой. Если система не требует хранения сложных структур данных, то возможно подключение ИТС и без собственной базы данных, взаимодействуя с платформой [6].

Поскольку система является помодульно распределённой, платформа может предоставлять функционал модулей отдельно. Это позволяет предоставлять систему конкретному предприятию частично, взаимодействуя с единой платформой по некоторым функциям.

В данный момент по такому принципу построена распределённая система мониторинга обще-

ственного и специального транспорта города Томска (рис. 3). Центральный сервер содержит базу данных общественного транспорта и предоставляет доступ к нескольким модулям, в частности, модулю прогнозирования. Службы трамвайно-троллейбусного управления и центра организации пассажироперевозок представляют собой отдельные системы с собственными модулями отчётности и прогнозирования, для управления общественным транспортом, однако взаимодействуют с базой данных центрального сервера. Сервер станции скорой медицинской помощи имеет собственную базу данных, но использует модуль прогнозирования центрального сервера, который, обладая более полными данными о дорожной обстановке, предоставляет более точные прогнозы прибытия. Использование модуля хостинга позволяет построить распределённую систему для виртуализации работы отдельных сфер транспортной деятельности и улучшения работы транспортной системы социально и экономически, образуя облачную платформу. Облачные вычисления (англ. cloud computing) – обеспечение доступности компьютерных ресурсов из общего пула конфигурируемых ресурсов, особенно памяти и вычислительной мощности, по требованию, без непосредственного активного участия пользователя.

Национальным институтом стандартов и технологий США зафиксированы следующие обязательные характеристики облачных вычислений:

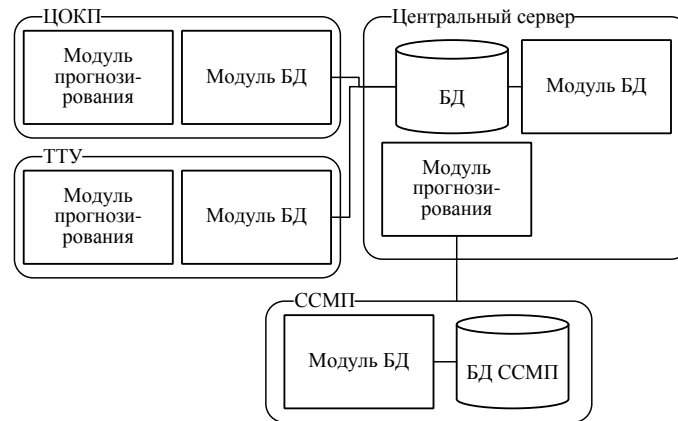


Рис. 3. Интеграция нескольких серверов в единую распределённую систему мониторинга и управления транспортом

- Самообслуживание по требованию (англ. *self service on demand*) – конфигурирование объёма выделяемых ресурсов осуществляется потребителем без непосредственного участия поставщика услуг.

- Универсальный доступ по сети – услуги доступны по сети вне зависимости от особенностей запрашивающего оборудования.

- Объединение ресурсов (англ. *resource pooling*) – несмотря на индивидуальное конфигурирование ресурсов для потребителей, ресурсы объединены в единый пул для динамического перераспределения мощностей в условиях постоянного изменения спроса.

- Эластичность – изменение спектра предоставляемых услуг может быть изменено в любой момент времени в автоматическом режиме.

- Учёт потребления – в зависимости от характера услуг поставщик в автоматическом режиме исчисляет потреблённые ресурсы на определённом уровне абстракции (объём хранимых данных, пропускная способность и др.) для каждого потребителя [7].

Объединение ресурсов позволяет поставщику экономить при масштабировании системы, используя меньше ресурсов, чем требовалось бы при выделении каждому потребителю индивидуальных аппаратных мощностей, а с автоматизацией процедур выделения ресурсов снижаются и затраты на абонентское обслуживание.

В свою очередь, для потребителя открывается возможность быстрого масштабирования системы, благодаря эластичности, без привлечения собственной аппаратной структуры, при этом получать услуги с высоким уровнем доступности и низкими рисками отказов.

Универсальный доступ по сети позволяет использовать облачные вычисления для широкого класса устройств: персональных компьютеров, мобильных телефонов, интернет-планшетов.

Модуль работы с базой данных предполагает в себе функционал репликации, следовательно, хранение данных можно распределить с учётом функционального разделения базы данных на уровни хранения и быстрого доступа к данным, образуя единое пространство данных всех систем облачной струк-

туры [8]. Модули обработки данных являются универсальными для своих задач независимо от источника обращения, следовательно, конфигурация их хостинга может распределять обращения по многим точкам доступа в рамках запросов одного и того же функционала.

Подобное распределение делает интерфейсы внешнего доступа специализированных подсистем независимыми от положения и индивидуального назначения [9]. Поскольку все модули используют хостинг для своего размещения, сам модуль хостинга предоставляет общий интерфейс для внешнего доступа конечных потребителей, который, основываясь на конфигурации и механизме внутреннего распределения нагрузки модуля хостинга, будет предоставлять доступ в соответствии с принципами облачных систем (рис. 4).

Таким образом, каждая сборка модулей может являться как самостоятельным сервером, обслуживающим систему, так и входить в общую облачную платформу. Предлагаемая облачная платформа предоставляет общий интерфейс для внешнего подключения, что делает доступ к платформе виртуализированным [10]. Распределение модулей посредством хостинга позволяет выделить функциональные уровни системы: взаимодействия, обработки и хранения, что делает систему масштабируемой на неограниченное количество серверов, предоставляя возможность обеспечить достаточными ресурсами любую организацию, реализующую мониторинг транспорта. Следовательно, возникает необходимость разработки унифицированного способа межмодульного взаимодействия, что позволит осуществлять работу с модулями одинаково в рамках одних и тех же методов. При этом важно реализовать передачу данных таким образом, чтобы она осуществлялась независимо от положения модуля в сети работы системы [11].

Для удалённого обмена данными между серверами реализован хостинг функций модуля для внешнего доступа. Хостинг реализует функционал публикации модуля – размещение модуля в сети для унификации доступа к его функциям, что позволяет использовать его в равной степени локально и извне.

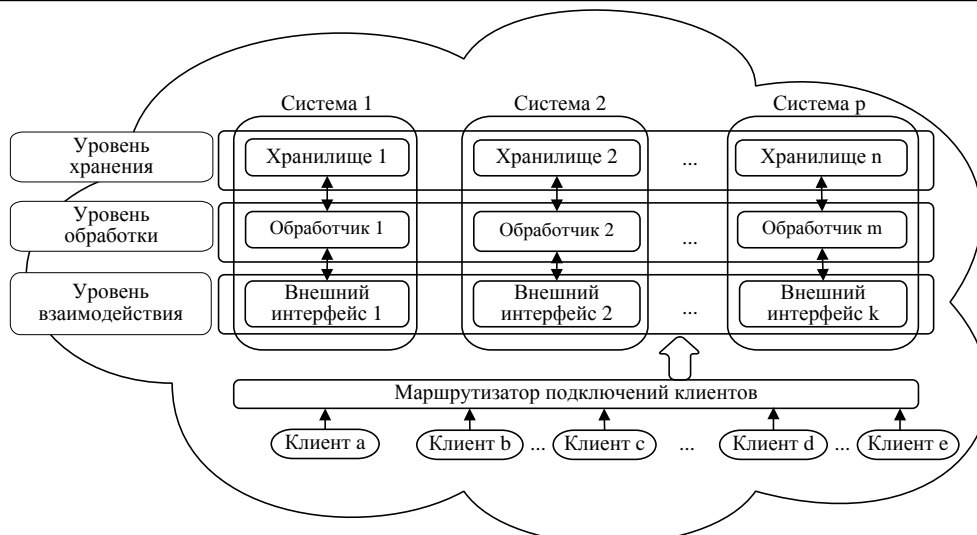


Рис. 4. Структура облачной системы мониторинга транспорта

Для поддержания масштабируемости системы все модули должны публиковаться посредством функционала хостинга ядра, отвечающего за конфигурацию доступа. Каждый модуль подключается к платформе как расположенный удаленно, а конфигурация определяет, какие модули публикуются локально, а к каким требуется удаленное подключение. Конфигурирование общего модуля публикации позволит создать полноценную распределенную масштабируемую систему (рис. 5).

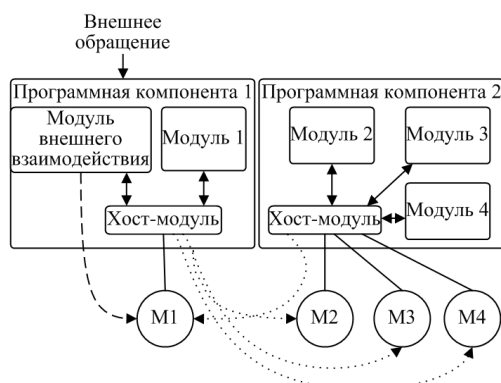


Рис. 5. Взаимодействие модулей через единый механизм соединения

При реализации модуля хостинга используется унифицированная технология межплатформенного взаимодействия. Хостинг каждого модуля осуществляется без ущерба для производительности. Обмен данными при этом реализуется в виде асинхронных сообщений от одной конечной точки службы к другой (рис. 6) [12].

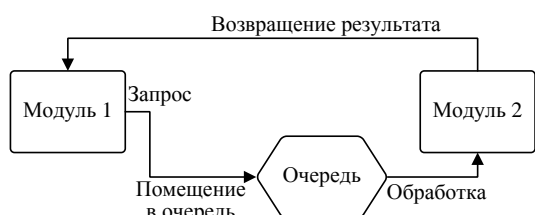


Рис. 6. Асинхронный обмен сообщениями

Представленный модуль хостинга позволяет строить распределенную систему независимо от положения серверов, поскольку модули между собой будут вести обмен посредством удаленного подключения. При локальном расположении модулей подключение будет осуществляться напрямую средствами операционной системы.

Таким образом, на основании проведенного анализа существующих систем мониторинга и управления транспортом были описаны общие функции данного класса социально-экономических систем. Результаты анализа функциональных особенностей существующих систем мониторинга позволяют предложить использование архитектуры модульного построения платформы, предназначенной для совершенствования методов получения и обработки информации, направленных на повышение эффективности работы диспетчерских служб, а следовательно, и улучшения качества предоставления транспортных услуг населению. Для предложенной архитектуры представлено функциональное ядро, необходимое для распределения модулей системы по программным компонентам. Принято решение на уровне ядра встроить модуль распределения прав доступа к функциям других модулей и модуль хостинга для обеспечения взаимодействия между модулями, но не встраивать модуль работы с базами данных. Хотя ядро не включает средств доступа к БД, отдельно упоминается необходимость функционала репликации в модуле баз данных для создания единого пространства данных платформы. Разработан модуль хостинга, обеспечивающий виртуализацию доступа к распределенной системе мониторинга и управления транспортом.

Литература

1. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения. – СПб.: Эко-Трендз, 2003. – 146 с.
2. Cloud Application Management for Platforms. Version 1.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/47278/CAMP-v1.0.pdf>, свободный (дата обращения: 20.04.2021).

3. Добровольский А. Интеграция приложений: методы взаимодействия, топология, инструменты // Открытые системы. – 2006. – № 9. – С. 30–34.
4. Реализация критериев безопасности при построении единой системы разграничения доступа к информационным ресурсам в облачных инфраструктурах / И.Б. Саенко, М.А. Бирюков, С.А. Ясинский, А.Н. Грязев // Информация и космос. – 2018. – № 1. – С. 81–85.
5. Куцевич Н.А. // Мир компьютерной автоматизации. – 2001. – № 1. – С. 37–41.
6. Мишин Д.С. Моделирование процессов интеграции автоматизированных систем управления // Наука и практика. – Орёл: Орл. юрид. ин-т МВД РФ им. В.В. Лукьянова, 2014. – С. 153–155.
7. Peter M. The NIST Definition of Cloud Computing // Computer Security Resource Center. – URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>, свободный (дата обращения: 20.04.2021).
8. Коннолли Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли, К. Бегг, А. Страчан. – М.: Вильямс, 2017. – 1440 с.
9. Гайдамакин Н.А. Разграничение доступа к информации в компьютерных системах / Н.А. Гайдамакин. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 328 с.
10. Junjie P. Comparison of Several Cloud Computing Platforms / P. Junjie, X. Zhang, Z. Lei // Second International Symposium on Information Science and Engineering. – Shanghai: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2009. – P. 23–27.
11. Tanenbaum A. Distributed Systems / A. Tanenbaum, S.M. Von. – Scotts Valley : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. – 596 с.
12. Dimosthenis K. Achieving Real-Time in Distributed Computing: From Grids to Clouds Hardcover / K. Dimosthenis, V. Theodora, K. Kleopatra. – Hershey: IGI Global, 2011. – 330 p.

Игумнов Артем Олегович

Лаборант отд. информационных технологий инженерной школы информационных технологий Томского национального исследовательского университета
Ленина пр-т, 30, г. Томск, Россия, 634050
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5852-9423>
Тел.: +7-913-107-34-47
Эл. почта: artishiro@tpu.ru

Igumnov A.O.

Software Architecture of the Distributed System for Transport Monitoring and Control

The features of some systems for transport monitoring and control are considered. A technique to build a unified platform is proposed. The functional modules of general purpose that could be used to build the platform are given. The interface of intermodular interaction is described, which ensures the compliance with principles of building distributed systems.

Keywords: transport monitoring systems, socio-economic systems, cloud computing, hosting.

doi: 10.21293/1818-0442-2021-24-2-64-68

References

1. Soloviev Yu.A. *Sputnikovaya navigaciya I yeyo prilozheniya* [Satellite navigation and its applications] / Yu.A. Soloviev. SPb.: Eco-Trends, 2003. 146 p. (in Russ.).
2. Cloud Application Management for Platforms. Version 1.0. Available at: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/47278/CAMP-v1.0.pdf>, free (Accessed: April 20, 2021).
3. Dobrovolskiy A. *Integraciya prilozheniy: metody vzaimodeystviya, topologiya, instrumenti* [Application integration: methods of interaction, topology, tools]. *Open systems*, 2006, no. 9, pp. 30–34 (in Russ.).
4. Sayenko I.B., Biryukov M.A., Yasinsky S.A., Gryazev A.N. [Implementation of security criteria in the construction of a unified system of differentiation of access to information resources in cloud infrastructures]. *Information and space*, 2018, no. 1, pp. 81–85 (in Russ.).
5. Kutsevich N.A. *Instrumentariy dlya integracii raznorodnih podsystem* [Toolkit for the integration of heterogeneous subsystems]. *World of Computer Automation*. ZAO RTSof, 2001, no. 1, pp. 37–41 (in Russ.).
6. Mishin D.S. *Modelirovanie processov integracii avtomatizirovannih sistem upravleniya* [Modeling of integration processes of automated control systems] Science and Practice. Oryol, Oryol Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after V.V. Lukyanov, 2014, pp. 153–155 (in Russ.).
7. Peter M. The NIST Definition of Cloud Computing. Computer Security Resource Center. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>, free (Accessed: April 20, 2021).
8. Connolly T., Begg K., Strachan A. *Bazy dannyh: Proektirovanie, Realizaciya i Soprovozhdenie* [Databases: Design, Implementation and Maintenance]. Theory and practice. Moscow, Williams, 2017, 1440 p. (in Russ.).
9. Gaidamakin, N.A. *Razgranichenie dostupa k informacii v komputernyh sistemah* [Differentiation of access to information in computer systems]. Yekaterinburg, Publishing House of the Ural University, 2003, 328 p. (in Russ.).
10. Junjie P., Zhang X., Lei Z. Comparison of Several Cloud Computing Platforms. *Second International Symposium on Information Science and Engineering*. Shanghai, China, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2009, pp. 23–27.
11. Tanenbaum A., Von S.M. *Distributed Systems*. Scotts Valley, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017, 596 p.
12. Dimosthenis K., Theodora V., Kleopatra K. *Achieving Real-Time in Distributed Computing. From Grids to Clouds Hardcover*. Hershey, IGI Global, 2011, 330 p.

Artyom O. Igumnov

Laboratory Assistant, Information Technology Department,
Engineering School of Information Technologies,
Tomsk National Research University
30, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5852-9423>
Phone: +7-913-107-34-47
Email: artishiro@tpu.ru