сценарном языке программирования. Применением такой системы может стать быстрое прототипирование и проверка работы алгоритмов.

1. D. Krzywicki, Ł. Faber, A. Byrski, M. Kisiel-Dorohinicki, Computing agents for decision support systems, *Future Gener. Comput. Syst.* 37 (2014) 390–400.
2. Villela, D. Minimizing the Average Completion Time for Concurrent Grid Applications. *Journal of Grid Computing* March 2010, Volume 8, Issue 1, pp 47–59 <https://doi.org/10.1007/s10723-009-9119-2>
3. Ben-Ari, Mordechai (2006). *Principles of Concurrent and Distributed Programming* (2nd ed.). Addison-Wesley. ISBN 978-0-321-31283-9.
4. Ермаков А.В. Разработка модели принятия решений с применением формализма нечетких паттернов для коллектива автономных роботов / А.В. Ермаков, Л.И. Сучкова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2018. – № 4. – С. 191-195.
5. Ермаков А.В. Проектирование операционной среды обработки паттернов автономным интеллектуальным роботом [Текст] / Ермаков А.В., Сучкова Л.И. // Ползуновский альманах №4 «Виртуальные и интеллектуальные системы». — Барнаул: Издательство АлтГТУ. — 2018. — С. 69-72.
6. Kabáč M., Consel C., Volanschi N. Designing parallel data processing for enabling large-scale sensor applications // *Personal and Ubiquitous Computing*. – 2017. – Т. 21. – №. 3. – С. 457-473.
7. Alpuente, M., del Mar Gallardo, M., Pimentel, E., Villanueva, A. (2008). An abstract analysis framework for synchronous concurrent languages based on source-to-source transformation. *ENTCS*, 206, 3–21.
8. Carl Friedrich Bolz, Laurence Tratt, The impact of meta-tracing on VM design and implementation. *Science of Computer Programming*, Volume 98, Part 3, 2015, Pages 408-421, ISSN 0167-6423, <https://doi.org/10.1016/j.scico.2013.02.001>.

Шестакова А.Ю.

Применение архитектурного метода при проектировании информационной модели умного города

*ФГАУО ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
(Россия, Пермь)*

doi:10.18411/spc-22-06-2020-05

idsp: sciencepublic-22-06-2020-05

Аннотация

На современном этапе развития научного знания актуальными являются разработки в рамках концепции «умного города». В рамках статьи раскрыта сущность данной концепции как многоуровневой системы, состоящей из множества элементов. Обоснована целесообразность применения архитектурного метода для моделирования подобной системы. Разработана архитектурная модель, на основе которой проведен анализ основных бизнес-процессов «умного города».

Ключевые слова: умный город, архитектурный метод описания информационной системы, инструмент Archi, бизнес-процессы, бизнес-сервисы, цифровой двойник.

Abstract

At the present stage of the development of scientific knowledge, developments in the framework of the concept of a “smart city” are relevant. The article reveals the essence of this concept as a multi-level system consisting of many elements. The expediency of applying the architectural method for modeling such a system is substantiated. An architectural model was developed, on the basis of which an analysis of the main business processes of the “smart city” was carried out.

Keywords: smart city, architectural method for describing an information system, Archi tool, business processes, business services, digital double.

Большинство процессов, являющихся необъемлемой частью жизни любого человека в современном мире, либо находятся в стадии автоматизации, либо уже полностью автоматизированы. В основе любой автоматизации лежит в первую очередь информация. Её быстрый сбор, грамотное хранение и корректное отображение является основой хорошей автоматизации. Ученые во всем мире сходятся во мнении, что современному человеку было бы удобнее жить в полностью автоматизированном мире – это бы сэкономило ресурсы и время. В русле данной тенденции была разработана идея «умного города». «Умный город» — это градостроительная концепция интеграции множества информационных и коммуникационных технологий, в том числе систем Интернета вещей (IoT) для управления городской инфраструктурой: транспортом, образованием, здравоохранением, системами ЖКХ, безопасности и так далее [2]. Как только появилась концепция «умного города», в мире и в России начали реализовываться отдельные проекты, связанные с этой областью. Согласно данным за 2019 год в мире осуществлены уже 278 проектов внедрения «умного города». В России, в свою очередь, осуществлены 229 проектов [3]. Все эти проекты охватывают либо отдельные сферы жизни, либо даже отдельные процессы в жизни человека. На сегодняшний день самой крупной разработкой в этой области является техническая база для сбора всей информации, необходимой для функционирования «умного города». Однако единой информационной системы, которая позволяла бы не просто собирать и хранить, а ещё и обрабатывать и анализировать эту информацию в мире не спроектировано.

В рамках данной статьи раскрыты некоторые результаты проведённого исследования, целью которого являлось проектирование цифровой модели умного города. Для его осуществления, прежде всего, необходимо было выбрать метод, коррелирующий с сущностными особенностями концепции «умного города».

«Умный город» — это сложная многоуровневая система. В ней задействованы множество людей, выполняющих разные задачи. Для полной реализации всех необходимых функций должно быть использовано множество взаимосвязанных приложений. Обмен данными в такой системе происходит ежесекундно, из-за чего нужна надежная, стабильная и устойчивая база данных. Для описания такой масштабной системы не подойдут классические способы описания информационных систем, в данном случае лучше подойдет архитектурный метод.

Архитектурой программного обеспечения можно назвать множество взаимосвязанных структурных элементов и интерфейсов, а также описание и моделирование их взаимодействия, поведения в рамках действия пользователей или других структурных элементов.

В данном контексте архитектурным подходом можно назвать «соглашения, принципы и практики для описания архитектуры, установленные для конкретной области применения и/или конкретным сообществом заинтересованных лиц» [1].

«Умный город» удобно будет описывать именно с помощью архитектурного метода, для реализации которого будет использоваться инструмент Archi, так как он позволяет в одной модели увидеть:

- бизнес-слой (цели, мотивы, действия людей – участников бизнес-процессов);
- слой приложения (функции, используемые базы данных, файлы, приложения);
- слой технологий (сети, сервера, операционные системы, служебные программы и т.д.).

Моделирование будет касаться только верхнего слоя – бизнес-логики, а также слоя приложений.

«Умный город» представляет из себя систему, охватывающую все сферы жизни человека. К данным сферам относятся:

1. Медицина и здравоохранение (онлайн-запись к врачу, онлайн-хранение документов, напоминание о приёмах, отслеживание показателей здоровья и в режиме онлайн отправка их лечащему врачу и др.);
2. Социальная сфера (семья, друзья и родственники);
3. Образование (сюда же можно отнести работу, так как человек в «умном городе» стремится к самообразованию и на работе тоже);
4. Развлечения (кино, театры, музеи, рестораны и так далее);
5. Транспорт и трафик (интерактивная карта, отслеживание общественного и междугороднего транспорта, построение оптимальных маршрутов, изменение времени проезда и так далее);
6. Безопасность (сюда можно отнести автоматический вызов экстренных служб, систему видеонаблюдения);
7. Окружающая среда (с точки зрения экологии и защиты планеты).

Для того, чтобы собрать воедино все перечисленные сферы, а также объединить их базами данных, датчиками и приложениями, нужна масштабная и стабильная информационная система. Как было описано выше, для построения модели архитектуры данной системы был выбран продукт Archi [4].

На основе описанных выше сфер деятельности человека, которые объединяет система «умный город», были выделены основные крупные бизнес-процессы. Данные процессы включают в себя множество подпроцессов, однако для моделирования будет достаточно описать их на таком уровне (см. рис. 1).

Рисунок 1 - Глобальные бизнес-процессы

После того, как были определены глобальные бизнес-процессы, которые являются основой работы «умного города», необходимо было определить бизнес-сервисы, которые связаны с описанными бизнес-процессами. Бизнес-сервисы как правило не существуют отдельно от бизнес-процессов, они направлены именно на поддержание или выполнение определенного бизнес-процесса (или нескольких бизнес-процессов). Таким образом, необходимо было определить, какие бизнес-процессы какие бизнес-сервисы будут использовать. В результате получилась следующая схема (рис. 2).

Рисунок 2 - Соединение бизнес-сервисов и бизнес-процессов

Рисунок 2.5 - Архитектурная модель части умного города, рассматриваемой в данной работе

Так как информация, обрабатываемая бизнес-сервисами, разнотипная, решить проблему её общего хранения и работы с ней может именно цифровой двойник: информация с датчиков будет обрабатываться с помощью базы данных временных рядов, так как она обновляется в режиме онлайн и имеет простую структуру, информация об объектах умного города должна храниться в структурированной базе с быстрым доступом к данным – подойдет реляционный тип базы данных. Информация из документов же или иная информация, не поддающаяся строгой типизации, может храниться в NoSql-базах данных. Необходимо оценить аналоги и выбрать наиболее подходящие инструменты для проектирования цифрового двойника.

Применение архитектурного метода описания проектируемой системы позволило понять детально, какие бизнес-сервисы необходимо реализовать в системе для полного и корректного функционирования глобальных бизнес-процессов умного города, а также какие функциональные модули нужны в системе для поддержки бизнес-процессов. На основе определенных функциональных модулей были выделены блоки данных, которые необходимы для хранения в проектируемом цифровом двойнике.

После ограничения всей архитектурной модели системы умного города только выбранными в рамках данного исследования областями, количество блоков данных также сократилось, однако они недостаточно детализированы, чтобы не перегружать общую схему модели. Для детализации выделенных блоков данных необходимо более подробно проанализировать бизнес-процессы. Одним из самых удобных способов представления бизнес-процессов является их графическое описание с помощью диаграмм. Поэтому определенные выше бизнес-процессы были описаны с помощью диаграмм активности, чтобы на основе детализированного представления бизнес-процесса выделить объекты (сущности) и конкретную информацию о них, необходимую для хранения в цифровом двойнике. Логика применения архитектурного метода можно описать следующей схемой (см. рис. 6):

Рисунок 6 – Логика применения архитектурного метода для проектирования цифрового двойника

Итак, в результате построения архитектурной модели была выбрана часть бизнес-процессов, которая будет далее описана с помощью диаграмм активности, и на основе которой будет построена информационная модель.

1. Архитектура системы // Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. URL: ru.wikipedia.org/wiki/Архитектура_системы (дата обращения: 18.03.2020).
2. Интеллектуальные города // TAdviser: государство, бизнес, ИТ. 2019 [Электронный ресурс] URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0_\(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0,_Smart_cities\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0_(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0,_Smart_cities)) (дата обращения: 01.05.2020).
3. Мировые практики Smart City: открытая база знаний [Электронный ресурс]. URL: <https://ict.moscow/projects/smart-cities/?map=russia> (дата обращения: 20.10.2019)
4. Рубенчик А. Моделирование архитектуры предприятия. Обзор языка ArchiMate [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cfin.ru/itm/standards/ArchiMate.shtml/> (дата обращения: 19.03.2020).
5. Eremia Mircea, Toma Mircea, Sanduleac Mihai, "The Smart City Concept in the 21st Century": presented at 10th International Conference Interdisciplinarity in Engineering INTER-ENG, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817309402> (дата обращения: 10.12.2019).