УДК 69:004.896

А.А. Волков, Е.И. Батов
НИУ МГСУ

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Рассмотрен вопрос интеграции системы искусственного «интеллекта» здания и функциональной модели. Обосновано использование промежуточного программного обеспечения (ППО) для интеграции. Выставлены требования к ППО. По результатам анализа выбрано ППО на основе обмена сообщениями, работающее по моделям «издатель — подписчик» и «от пункта к пункту».

Ключевые слова: интеллектуальные здания, функциональное моделирование, промежуточное программное обеспечение

Основная цель интеллектуального здания как системы — непрерывная адаптация под жизненный цикл обитателей, поддержание динамического равновесия (гомеостаз) параметров здания в соответствии с предпочтениями обитателей, а также из соображений энергоэффективности и безопасности. Адаптация осуществляется за счет трех дополнительных, по сравнению с обычными зданиями, групп компонентов, образующих систему «искусственного» интеллекта здания (ИИЗ): аппаратного обеспечения, программного обеспечения, коммуникационной сети [1—3]. Благодаря наличию этих компонентов для эффективного управления зданием и поддержки принятия решений на стадии эксплуатации возможно использование функциональной модели здания, которая отражает не только проектные, но и фактические параметры и процессы, протекающие в здании в реальном времени и в исторической перспективе.

Основными компонентами функциональной модели являются динамическая информационная модель здания (BIM) и хранилище исторических данных. Динамическая BIM обладает способностью симулировать изменения окружающей среды и активности обитателей здания. Хранилище исторических данных содержит все события, захваченные сенсорами, и решения, принятые ИИЗ, неявным образом классифицированные обитателями на правильные и неправильные. Использование промежуточного программного обеспечения (ППО) диктуется необходимостью иметь возможность интегрировать с функциональной моделью любые системы ИИЗ, которые могут использовать произвольные протоколы обмена данными. Для этого все сообщения, посылаемые после срабатывания сенсоров к ИИЗ для принятия решений, а также сообщения от ИИЗ к контроллерам должны дублироваться и доставляться к анализатору сообщений. Анализатор производит синтаксический разбор сообщения (parsing), трансформирует сообщение в универсальный формат, понятный функциональной модели, и записывает в хранилище исторических данных. Схема интеграции показана на рис. 1.

Рис. 1. Схема интеграции функциональной модели с помощью ППО

Обозначим требования к ППО для интеграции функциональной модели интеллектуального здания.

1. ППО должно обеспечивать доставку сообщений нескольким получателям. Во-первых, все сообщения, проходящие между зданием и системой ИИЗ в обоих направлениях, должны быть доступны и для динамической ВМ с последующим сохранением в хранилище исторических данных. Таким образом, ППО отвечает за маршрутизацию сообщений между сенсорами и приборами, системой ИИЗ, динамической ВМ здания. Во-вторых, система ИИЗ может быть выполнена с использованием сервис-ориентированной архитектуры (SOA) [4], где за принятие решений по разным инженерным системам отвечают разные сервисы. Таким образом, каждый сервис должен получить свою копию сообщения.

2. ППО должно обеспечивать своевременную доставку сообщений. Одно из основных нефункциональных требований к системе интеллектуального здания — это low-latency, которое говорит о том, что запрос должен максимально быстро проходить сквозь систему. Если для принятия решения «умным» зданием будет требоваться много времени, это доставит обитателям неудобство [5—7]. Время прохождения сообщений к системе ИИЗ и обратно не должно увеличиться из-за необходимости сохранять копию в хранилище исторических данных. Для этого ППО должно поддерживать асинхронную доставку сообщений. В дополнение к этому доставка сообщений должна осуществляться в соответствии с приоритетами. В первую очередь должны быть обработаны сообщения, сигнализирующие об аварийных ситуациях, например, утечке газа, обнаружении дыма или огня. Приоритеты остальных сообщений выставляются в зависимости от ожидаемого времени исполнения. Так, например, сообщение-команда о включении освещения, подразумевающая немедленное реагирование, имеет более высокий приоритет, чем о включении отопления.

3. Следующим требованием к ППО является надежность доставки сообщений. В случае, если система ИИЗ или какой-то контроллер временно недоступны или перегружены, актуальные сообщения не должны потеряться. Такие сообщения должны аккумулироваться ППО и быть доставлены сразу же после

возвращения получателя в норму. К актуальным сообщениям относятся все сообщения, идущие в направлении системы ИИЗ, а также сообщения, идущие в направлении контроллеров, в конечном счете приводящие к управляющему воздействию, вписывающемуся во временные рамки, ожидаемые обитателями. Так, например, при вхождении обитателя в помещение у системы ИИЗ есть менее секунды, чтобы включить освещение. По истечении большего времени обитатель может включить его вручную или покинуть помещение, поэтому доставка такого сообщения бессмысленна. Таким образом, требование можно сформулировать как необходимость иметь разное время жизни сообщения в зависимости от его типа. По истечении времени жизни сообщение не должно доставляться получателям.

4. ППО должно подходить для интеграции гетерогенных систем [8, 9]. Система ИИЗ и функциональная модель могут быть реализованы с использованием разных технологий: работать на разных операционных системах, написаны на разных языках программирования, использовать разный формат сообщений.

Были рассмотрены варианты применения ППО с использованием базы данных для обмена общей информацией, RPC (Remote Procedure Call), Web Services и ППО на основе обмена сообщениями (Message Oriented Middleware — MOM). Всем выставленным требованиям соответствует только ППО на основе обмена сообщениями.

Интеграция гетерогенных компонентов с помощью MOM осуществляется за счет использования брокера сообщений. Брокер отделяет компоненты, посылающие сообщения, от компонентов, принимающих их. Компоненты знают только о существовании брокера сообщений и ничего не знают о существовании других компонентов. Такая архитектура позволяет добавлять новые компоненты в систему и удалять старые без каких-либо изменений конфигурации остальной системы. Также брокер сообщений инкапсулирует логику по конвертации сообщений между различными платформами.

ППО на основе обмена сообщениями предоставляет возможности гибкой маршрутизации сообщений. Существует две основные модели обмена сообщениями: «от пункта к пункту» (point-to-point) и «издатель — подписчик» (publish-and-subscribe).

Модель «от пункта к пункту» (рис. 2) позволяет обмениваться сообщениями как синхронно, так и асинхронно, посредством виртуального канала, называемого очередью (queue). Сообщение, посылаемое в очередь отправителем, будет прочитано только одним получателем, даже если несколько получателей «слушают» эту очередь. После вычитывания сообщение удаляется из очереди. Эта модель подходит для пересылки сообщений-команд от системы ИИЗ к приборам и контроллерам. Каждому прибору соответствует своя очередь. К функциональной модели сообщения доставляются с использованием «моста» (bridge).

Модель «издатель — подписчик» (рис. 3) позволяет обмениваться сообщениями посредством виртуального канала, называемого «тема» (topic). Сообщение, посылаемое издателем, может быть прочитано несколькими подписчиками, каждый получает свою копию. Эта техника также называется широкое вещание (broadcasting). Эта модель подходит для пересылки сообщений от сенсоров различным компонентам системы ИИЗ и функциональной модели.

Рис. 2. Модель «от пункта к пункту»

Рис. 3. Модель «издатель — подписчик»

ППО на основе обмена сообщениями позволяет выставлять приоритеты и время жизни сообщениями, что удовлетворяет требованиям 3 и 4.

Получившаяся интеграционная схема изображена на рис. 4.

Рис. 4. Укрупненная интеграционная схема с использованием ППО на основе обмена сообщениями

Таким образом, для интеграции системы ИИЗ и функциональной модели необходимо использование ППО. Наиболее гибким решением на текущий момент является использование ППО на основе обмена сообщениями.

Библиографический список

1. Batov E.I. The distinctive features of «smart» buildings // Procedia Engineering. XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015). 2015. Vol.111. Pp. 103—107.
2. Volkov A. Building Intelligence Quotient: mathematical description // The 2nd International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering — ICCAHE 2013, 28.07.2013. Applied Mechanics and Materials (Trans Tech Publications, Switzerland). 2013. Vol. 409—410 Pp. 392—395.

3. Sedov A., Volkov A., Chelyshkov P. Usage of building information modeling for evaluation of energy efficiency // The 2nd International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering — ICCAHE 2013, 28.07.2013. Applied Mechanics and Materials (Trans Tech Publications, Switzerland). 2013. Vol. 409—410. Pp. 630—633.
4. Arnon Rotem-Gal-Oz. SOA Patterns. Manning Publications Co.
5. Mozer M.C. Lessons from an Adaptive Home. Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications, edited by D.J. Cook and S.K. Das. 2005 John Wiley & Sons, Inc.
6. Волков А.А., Чельишков П.Д., Седов А.В. Теория оценки удельного потребления отдельных видов энергоресурсов // Автоматизация зданий. 2010. № 7—8(42—43). С. 26—27.
7. Волков А.А., Ярулин Р.Н. Автоматизация проектирования производства ремонтных работ зданий и инженерной инфраструктуры // Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 234—240.
8. Arnon Rotem-Gal-Oz. Fallacies of distributed computing explained. Whitepaper.
9. Волков А.А., Чельишков П.Д., Седов А.В. Практика численной оценки интеллекта зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 264—270.

Поступила в редакцию в октябре 2015 г.

Об авторах: **Волков Андрей Анатольевич** — доктор технических наук, профессор, ректор, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, volkov@mgsu.ru;

Батов Евгений Игоревич — аспирант кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, batov.evgeniy@hotmail.com.

Для цитирования: Волков А.А., Батов Е.И. Промежуточное программное обеспечение в функциональной модели интеллектуального здания // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 182—187.

A.A. Volkov, E.I. Batov

MIDDLEWARE FOR FUNCTIONAL MODELING OF INTELLIGENT BUILDINGS

The main aim of intelligent building as a system is constant adaptation to life cycle of inhabitants, preservation of dynamic equilibrium (homeostasis) of the building parameters corresponding to the preferences of the residents, energy efficiency and safety. Adaptation happens with the help of three additional groups of components if compared to common buildings. They form a system of “artificial” building intelligence: hardware, software, communication network.

This article concerns integration of an intelligent building and a functional model. The usage of middleware for integration was substantiated. The following requirements to middleware were set: delivery to several recipients, low-latency, asynchronous delivery, messages prioritization, durability and configurable time to live, heterogeneous integration. Based on the conducted analysis, message-oriented middleware with publisher-subscriber and point-to-point models was selected.

The authors proved that middleware is necessary for integration of the system of artificial intelligence of a building and a functional model. The most adaptable solution is today the use of middleware based on message passing.

Key words: intelligent buildings, functional modeling, middleware

References

1. Batov E.I. The Distinctive Features of “Smart” Buildings. *Procedia Engineering*. XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015). 2015, vol. 111, pp. 103—107. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.061>.
2. Volkov A. Building Intelligence Quotient: Mathematical Description. The 2nd International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering — ICCAHE 2013, 28.07.2013. *Applied Mechanics and Materials* (Trans Tech Publications, Switzerland). 2013, vol. 409—410, pp. 392—395. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.409-410.392>.
3. Sedov A., Volkov A., Chelyshkov P. Usage of Building Information Modeling for Evaluation of Energy Efficiency. The 2nd International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering — ICCAHE 2013, 28.07.2013. *Applied Mechanics and Materials* (Trans Tech Publications, Switzerland). 2013, vol. 409—410, pp. 630—633. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.409-410.630>.
4. Arnon Rotem-Gal-Oz. SOA Patterns. 2012, Manning Publications Co.
5. Mozer M.C. Lessons from an Adaptive Home. *Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications*. Edited by D.J. Cook and S.K. Das. 2005, John Wiley & Sons, Inc. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/047168659X.ch12>.
6. Volkov A.A., Chelyshkov P.D., Sedov A.V. Teoriya otsenki udel'nogo potrebleniya otdel'nykh vidov energoresursov [The Theory on Estimating Specific Energy Consumption of Different Types]. *Avtomatizatsiya zdaniy* [Building Automation]. 2010, no. 7—8 (42—43), pp. 26—27.
7. Volkov A.A., Yarulin R.N. Avtomatizatsiya proektirovaniya proizvodstva remontnykh rabot zdaniy i inzhenernoy infrastruktury [Computer-Aided Design of Repairs of Buildings and the Engineering Infrastructure]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 9, pp. 234—240.
8. Arnon Rotem-Gal-Oz. Fallacies of Distributed Computing Explained. Whitepaper.
9. Volkov A.A., Chelyshkov P.D., Sedov A.V. Praktika chislennoy otsenki intellekta zdaniy [Practice of Numerical Evaluation of Intelligence of Buildings]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 11, pp. 264—270.

About the authors: **Volkov Andrey Anatol'evich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University (MGSU))**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; volkov@mgsu.ru;

Batov Evgeniy Igorevich — postgraduate student, Department of Information Systems, Technology and Automation in Construction, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University (MGSU))**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; batov.evgeniy@hotmail.com.

For citation: Volkov A.A., Batov E.I. Promezhutochnoe programmnoe obespechenie v funktsional'noy modeli intellektual'nogo zdaniya [Middleware for Functional Modeling of Intelligent Buildings]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 10, pp. 182—187. (In Russian)