

Алгоритм создания системы мониторинга здания на основе интеграции технологий информационного моделирования и радиочастотной идентификации

Н.В. Князева, А.А. Медынцева

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Применение информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла строительного объекта требует пересмотра существующих подходов к организации работы специалистов, более тщательной проработки процессов информационного обмена, поиска новых более эффективных способов управления информацией и организации использования моделей. К периоду эксплуатации построенного объекта генерируется значительный объем различных данных и документов, да и на протяжении функционирования здания или сооружения есть необходимость собирать и анализировать значительные объемы информации. Обнаружение повреждений и прогнозирование поведения конструкции, поиск текущего местоположения элемента здания могут занимать много времени, а системный подход к управлению информационными потоками обеспечит повышение эффективности работы служб эксплуатации за счет снижения затрат при внеплановых ремонтах и увеличения сроков эксплуатации зданий. В данной статье рассматривается модель процесса интеграции данных, получаемых или передаваемых меткой, выполненной по технологии радиочастотной идентификации, и данных, хранящихся и используемых в информационной модели. Метки могут быть размещены на ответственных конструкциях, в сложных узлах или на трещинах для мониторинга за их раскрытием. Приведены подходы к управлению информационными потоками, в зависимости от решаемых на этапе эксплуатации задач с учетом превентивного обслуживания элементов здания.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, технологии информационного моделирования, эксплуатация зданий, цифровизация, интернет вещей, отраслевые базовые классы, техническое обслуживание и ремонт, анализ состояния здания.

В настоящее время технологии информационного моделирования развиваются все активнее, еще недавно их использование даже на этапе проектирования было точечным и инновационным, сейчас же невозможно представить проектное бюро, которое не работает с такими технологиями [1]. Сегодня большое количество компаний строительной отрасли России успешно освоили информационное моделирование на этапе проектирования. Серьезными темпами ведется обновление существующей и разработка новой нормативной документации, способствующей активному внедрению

технологий информационного моделирования (далее ТИМ) [2]. Прорабатываются подходы к использованию моделей для решения производственных задач на этапе строительства.

Помимо этого, начинаются осторожные разговоры о будущем шаге, который характеризуется использованием ТИМ на этапе эксплуатации зданий. Поддержание устаревающей инфраструктуры имеет решающее значение для достижения запланированного срока службы конструкции [3]. Для этого необходимо внедрить новые технологии и алгоритмы работы. Одной из таких является технология меток с радиочастотной идентификацией (Radio Frequency Identification – RFID), об использовании которой, в связке с информационной моделью здания, и пойдет речь далее.

Основным методом при написании данной работы являлся поиск и анализ информации из статей по ключевым словам и темам.

Технология RFID дает возможность определять местоположение конструкций и материалов на строительной площадке или строительном объекте с высокой точностью, варьирующейся от одного до нескольких метров. В строительной отрасли зарубежных стран, где большое внимание уделяется вывозу, повторному использованию или переработке грунтов со стройки на специализированные площадки, RFID устанавливают на грузовики и отслеживают соответствующую логистику. Аналогичный подход применяется для системы управления отходами строительства.

За последние годы было разработано несколько подходов для решения задачи повышения точности месторасположения элементов, включая интеграцию системы GPS с RFID устройствами, а также для анализа близости объекта по отношению к другим известным локациям. Есть исследования, представляющие решение, основанное на RFID, которое отправляет спасательные чертежи и данные управления огнем в спасательную команду.

Опираясь на изученное и на опыт проектирования и взаимодействия со средой ТИМ, разрабатывался алгоритм создания предлагаемой системы мониторинга, включая алгоритм обновления информации и ее архивации.

RFID - технология идентификации и отслеживания объектов [1,4,5]. Для работы данной технологии не требуется прямой видимости с отслеживаемым объектом, достаточно только иметь метку непосредственно на объекте, которая будет содержать изменяемую и дополняемую информацию об объекте [6]. Такие устройства особенно полезны для сбора информации из труднодоступных мест, таких, как фундаменты, опоры мостов и нижняя сторона настилов мостов, а также из мест, доступ к которым запрещен или опасен, например, в хранилищах ядерных отходов.

Системы на основе RFID используются в различных приложениях в строительстве и техническом обслуживании, таких, как отслеживание и определение местоположения активов, управление запасами, мониторинг оборудования, управление ходом работ, управление объектами, отслеживание инструментов, управление материалами и контроль качества [7-9]. Также RFID является одной из основных технологий, обеспечивающих интеграцию с Интернетом вещей [10].

Основной концепцией использования связки RFID + ТИМ является обеспечение доступа жильцов и/или специалистов эксплуатирующей организации к базе данных во время технического обслуживания и ремонтов (ТОиР), идентификация местоположения и параметров элементов здания, а также резервное копирование и хранение данных [11].

Важным моментом является то, что компоненты RFID нельзя рассматривать как датчики из-за их различий в характеристиках и функциональных возможностях. Датчик - это устройство, которое измеряет физическую величину и преобразует ее в сигнал, который может быть считан

наблюдателем или прибором, метка RFID же является только технологией хранения и передачи информации.

Но, несмотря на то, что RFID сам по себе не измеряет никаких физических величин, он может работать в связке с датчиками. В таком сопряжении датчики считывают определенные физические величины (например, температуру, влажность, вибрации, перемещения и т.д.) и передают их на метку RFID, которая используется для записи этих данных и передачи дальше по цепочке считывателям [12-14].

Как правило, существует три типа подходов к хранению данных для систем RFID: хранение в удаленной базе данных, хранение на метке и хранение с использованием комбинированного подхода [15]. Для использования удаленной базы данных требуется, чтобы идентификатор объекта, сохраненный на RFID-метке, имел доступ к соответствующей информации о метке в удаленной базе данных. В этом методе метка не обязательно должна иметь большой объем памяти, поскольку она должна содержать только идентификатор объекта.

В дополнение к удаленной базе данных, вся необходимая информация сохраняется в памяти метки, когда для системы RFID выбран метод «Данные на метке». Основным преимуществом такого подхода является независимый доступ к данным, и пользователю нужно только найти метку и прочитать ее память, чтобы получить доступ к любой связанной информации.

Комбинированный метод использует преимущества предыдущих двух методов. В этом способе информация с более высоким приоритетом для доступа сохраняется в памяти метки, в то время как остальная полезная информация может храниться в удаленной базе данных и быть доступна через предоставление идентификатора объекта, сохраненного на RFID-метке.

Для использования RFID меток существует два сценария: первый - для обновления информации об активе во время проверки и второй - для сохранения координат местоположения активов на метке.

Сценарий 1 подразумевает использование меток, как хранилища информации для обслуживания и ремонта (такой, как дата изготовления, изготовитель, состояние, дата последней проверки и т.д.), предназначенные для технических специалистов. Обновление информации происходит во время обследований, старые данные отправляются в архив в центральном хранилище. Обновление происходит следующим образом:

1. Работник сканирует метку.
2. Программа считывает ее и запрашивает ID элемента в модели IFC.
3. Программа считывает в базе данных IFC информацию об элементе с указанным ID.
4. Данные, которые имеют возможность редактирования, изменяются по необходимости (например, появление новых дефектов), данные, считываемые с датчиков, обновляются автоматически благодаря настроенным связям.
5. Далее происходит обновление данных в файле IFC, старые данные отправляются в архив.

Данный алгоритм в виде схемы изображен на рисунке 1.

Сценарий 2 используется для отслеживания координат активов для отображения их положения на планах здания. Обновление информации происходит похожим со сценарием 1 образом, но данные содержат только местоположение, процесс обновления выглядит аналогично, обновление информации о координатах метки на самой метке происходит автоматически. Эти два сценария можно реализовывать одновременно, отслеживая как положение в пространстве, так и данные приборов.

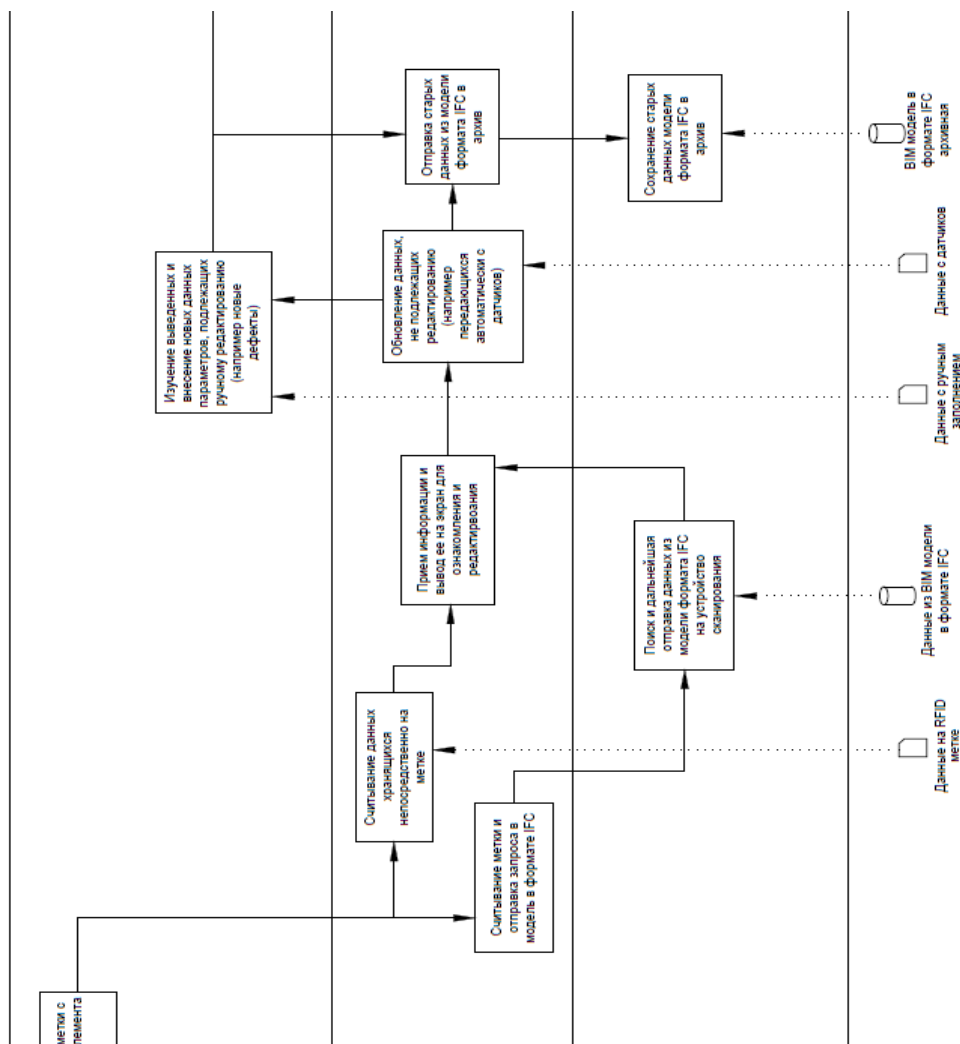


Рис. 1. - Алгоритм обновления данных с метки в информационной модели

Обновление происходит всегда посредством обследования и перезаписи данных в хранилище [16]. Это необходимо, так как RFID- метки действуют как распределенное хранилище данных для BIM-модели и необходимо поддерживать согласованность данных путем обновления и синхронизации данных на этих тегах.

Чтобы связать данные элементов, хранящиеся в BIM, с памятью связанных с ними тегов, необходимо определить и смоделировать взаимосвязь между элементами и связанными с ними тегами. Моделировать

RFID-метки рекомендуется не только как атрибуты идентификатора, но и как объект или свойство, установленное в модели IFC.

При моделировании необходимо учитывать, что RFID-метка или считыватель, как правило, либо прикрепляется к активу/строительному элементу, либо изначально являются его частью. К одному элементу могут быть прикреплены сразу несколько меток/считывателей.

Оборудование RFID можно разделить на три основные категории: (1) RFID-метка (транспондер), (2) RFID-считыватель (приемопередатчик) и (3) антенна. Каждая из этих сущностей и связанные с ними атрибуты должны быть определены.

Чтобы добавить определения компонентов системы RFID в IFC, сбор подробных требований выполняется по следующему алгоритму:

1. Идентификация компонентов технологии RFID.
2. Определение свойств для каждого типа RFID-компонента, включая физические свойства и спецификации, такие, как электрические, радио, номинальная мощность и форма корпуса и т.д. Эксплуатационные свойства, такие как дата установки и количество циклов записи; и свойства управления данными, такие, как тип шифрования и язык разметки.
3. Определение взаимосвязей с другими элементами.

Способ создания информационной системы с использованием RFID-меток зависит от многих факторов. Решающим может быть этап, на котором задумались о внедрении такой системы, степень проработки информационной модели и вообще ее наличие, наличие в составе эксплуатирующей организации кадров, для эффективного использования данной системы и т.д. [17,18].

Рассмотрим случай, когда здание уже построено, у него нет информационной модели, но принято решение о внедрении информационной

системы на основе RFID-меток [19]. Тогда алгоритм внедрения будет выглядеть следующим образом:

1. Первым делом необходимо определиться с перечнем отслеживаемых параметров и устанавливаемыми датчиками (при отсутствии уже существующей системы мониторинга), а также технической составляющей: производителями и марками датчиков и мобильных устройств считывания [20].
2. Отдельным этапом будет определение мест расположения меток, а также их производителей, марок, способов хранения данных и т.д.
3. Следующим шагом будет создание эксплуатационной информационной модели с заданным уровнем как графической проработки, так и информационного наполнения [21-23].
4. Далее необходимо создать непосредственно саму систему, разработав/купив плагины для связки меток и модели для обмена информацией как в одну, так и в другую сторону.
5. С данной технологией можно также будет связать программное обеспечение, контролирующее нормативные сроки проведения обследований и позволяющее автоматически генерировать маршрут обследования в соответствии с графиком эксплуатации здания, а также передавать его на мобильное устройство.
6. Завершающим этапом будет разработка внутренних стандартов и обучение сотрудников по взаимодействию с внедренной системой.

Внедрение информационной системы, основанной на использовании RFID-меток в сочетании с информационной моделью эксплуатируемого здания имеет свои достоинства и недостатки. Основными недостатками являются сложности, связанные с настройкой такой системы и обучением

сотрудников обслуживающей компании для ее эффективного использования. Что касается положительного эффекта, он заключается в высокой наглядности состояния здания благодаря визуальному отображению критических мест в модели, высокой степени структуризации процессов обследований и исключении человеческого фактора на многих этапах. Также, данная система повышает эффективность каждого работника, экономя время при проведении обследования и принятия решений. Таким образом, рассмотренные подходы к управлению информационными потоками при сочетании описанных технологий дают возможность воспользоваться всеми их преимуществами.

Литература

1. Сивак Т.А., Кваша П.Ю. Интеграция технологии датчиков отслеживания в информационное моделирование зданий и сооружений // Строительные конструкции. Основания и фундаменты. Технология и организация строительства. Проектирование зданий и сооружений. Инженерные изыскания и обследование зданий. 2019. С. 1-42. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.4.1.
2. Ледовских Л.И. Карпиняну Е., Нормативно-техническая база по применению BIM-технологии на начало 2021 года. // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964.
3. Taheri S. A review on five key sensors for monitoring of concrete structures // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 204. p. 492–509. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.172.
4. Горяева В.В., Автоматизация синхронизации в реальном времени данных BIM-модели здания на базе RFID технологии // Научно-технический вестник Поволжья, 2018, №5, С. 186-188.

5. Asgari Z., Rahimian F.P. Advanced virtual reality applications and intelligent agents for construction process optimisation and defect prevention. *Procedia Engineering*. 2017. 196:1130-1137. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.070.

6. Motamedi A., Soltani M.M., Setayeshgar S., Hammad A.. Extending IFC to incorporate information of RFID tags attached to building elements. *Advanced Engineering Informatics*. №30. p. 39–53.

7. Motamedi A., Soltani M.M., Hammad A., Localization of RFID-equipped assets during the operation phase of facilities, *Adv. Eng. Inform.* 27. 2013. №4. p. 566–579.

8. Li N., Becerik-Gerber B., Life-cycle approach for implementing RFID technology in construction: learning from academic and industry use cases, *J. Constr. Eng. Manage.* 137. 2011. №12. p. 1089–1098.

9. Sun C., Jiang F., Jiang S., Research on RFID applications in construction industry, *J. Networks* 8. 2013. №5. p. 1221-1228.

10. Borgia Eleonora, The internet of things vision: key features, applications and open issues, *Comput. Commun.* 54. 2014. p. 1–31.

11. Ahn Dooyong, Cha Heesung. Integration of Building Maintenance Data in Application of Building Information Modeling (BIM). *Journal of Building Construction and Planning Research*. 2014. p. 166-172. DOI:10/4236/jbcpr.2014.22015.

12. Kima J.W., Jeonga Y.K. Leea I.W. Automatic sensor arrangement system for building energy and environmental management. *Energy Procedia*. 2012. Vol. 14. pp. 265–270. DOI: 10.1016/j.egypro.2011.12.887.

13. Kuzina O. Conception of the operational information model of smart city control system. *E3S Web of Conferences*. 2019. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012030.

14. Yu Yu., Woradechjumroen D., Yu D. Virtual surface temperature sensor for multi-zone commercial buildings. *Energy Procedia*. 2014. Vol. 61. pp. 21–24. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.11.896.

15. Ergen E., Guven G., Assessing the need for storing data on radio frequency identification (RFID) Tags, in: 26th International CIB W078 Conference - Managing IT in Construction, Istanbul. Turkey. 2009. pp. 171–180.

16. Motamedi A., Hammad A., Lifecycle management of facilities components using radio frequency identification and building information model, *J. Inform. Technol. Constr.* 14. 2009. pp. 238–262.

17. Романов В.А., Насонова Н.А., BIM-моделирование для жизненного цикла зданий // *Материалы Межрегиональной научно-исследовательской конференции*. 2022. С. 76-79.

18. Силаева А.А., Халимончик Д.А. Особенности применения BIM-технологий при проведении технического обследования зданий и сооружений // *Материалы конференции: Регулирование земельно-имущественных отношений в россии: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения*. 2022. С. 97-102. DOI: 10.33764/2687-041X-2022-3-97-102.

19. Деменев А.В., Артамонов А.С., Информационное моделирование при эксплуатации зданий и сооружений // *Науковедение*. № 7. 2015. С. 1–9. DOI: 10.15862/29TVN315.

20. Хахук Б.А., Кушу А.А., Ахметов М.-А., Мелитонян А.А., Методология создания BIM-моделей // *Научные труды КубГТУ*. № 2. 2018. С. 356–366.

21. Владимирова И.Л., Сопиков Н.В., Проблемы внедрения информационно модели на жизненном цикле объекта капитального строительства // *Материалы XII Международной научно-практической конференции*. 2022. С. 155-159.



22. Князева Н. В. Интеграция информационных систем служб эксплуатации с информационной моделью здания // Промышленное и гражданское строительство. № 9. 2018. С. 68-72.

23. Шеина С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С. Пример применения BIM технологий при обследовании зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2021, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7037.

References

1. Sivak T.A., Kvasha P.Yu. Proektirovanie zdaniy i sooruzhenij. Inzhenernye izyskaniya i obsledovanie zdaniy. No 9 2019. pp. 1-42. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.4.1.

2. Ledovskikh L. I., Karpinyanu E. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964.

3. Taheri S. Construction and Building Materials. 2019. Vol. 204. pp. 492–509. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.172.

4. Garyaeva V.V. Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya. №5. 2018. pp. 186-188.

5. Asgari Z., Rahimian F.P. Procedia Engineering. Vol.196 2017; 196:1130-1137. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.070.

6. Motamedi A., Soltani M.M., Setayeshgar S., Hammad A. Advanced Engineering Informatics. № 30. pp. 39–53.

7. Motamedi A., Soltani M.M., Hammad A. Adv. Eng. Inform. 27. №4. pp. 566–579.

8. Li N., Becerik-Gerber B. J. Constr. Eng. Manage. 137 No12. pp. 1089–1098.

9. Sun C., Jiang F., Jiang S. J. Networks 8. 2013. № 5. pp. 1221-1228

10. Borgia Eleonora, Comput. Commun. № 54. 2014. pp. 1–31.

11. Dooyong Ahn, Heesung Cha. Journal of Building Construction and Planning Research, 2014, No2, pp. 166-172 DOI:10/4236/jbcpr.2014.22015.

12. Kima J.W., Jeonga Y.K., Leea I.W. Energy Procedia.2012. № 14. pp. 265–270. DOI: 10.1016/j.egypro.2011.12.887.
 13. Kuzina O. Conception of the operational information model of smart city control system. E3S Web of Conferences. 2019. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012030.
 14. Yu Yu., Woradechjumroen D., Yu D. Energy Procedia. 2014. № 61. pp. 21–24. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.11.896.
 15. Ergen E., Guven G. 26th International CIB W078 Conference- Managing IT in Construction. 2009. pp. 171–180.
 16. Motamedi A., Hammad A. J. Inform. Technol. Constr. No 14 .2009. pp. 238–262.
 17. Romanov V.A., Nasonova N.A. Materialy Mezhhregional'noj nauchno-issledovatel'skoj konferencii [Materials of the Interregional Research Conference]. 2022, pp.76-79.
 18. Silaeva A.A., Halimonchik D.A. Materialy konferencii: Regulyrovaniye zemel'no-imushchestvennyh otnoshenij v rossii: pravovoe i geoprostranstvennoe obespechenie, ocenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskie resheniya [Conference materials: Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions]. pp.97-102. 2022 DOI: 10.33764/2687-041X-2022-3-97-102.
 19. Demenev A.V., Artamonov A.S. Naukovedenie. 2015. No 7. pp. 1–9. DOI: 10.15862/29TVN315.
 20. Hahuk B.A., Kushu A.A., Ahmetov M.-A., Melitonyan A.A. Nauchnye trudy KubGTU. 2018. No 2. pp. 356–366.
 21. Vladimirova I.L., Sopikov N.V. Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Materials of the XII International Scientific and Practical Conference]. 2022. pp. 155-159.
-



22. Knyazeva N. V. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2018. No 9. pp. 68-72.
23. Sheina S.G., Vinogradova E.V., Denisenko YU.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021, No 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7037.