

УДК 004.384

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ «УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ДОМОМ»**Засыпкин Д.С., Белов Ю.С.***Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
филиал г. Калуга, Калуга, e-mail: fn1-kf@mail.ru*

Технологии «умного дома» развиваются быстрыми темпами, и «умный дом» сегодня – это лишь малая часть того, чем может стать «умный дом». Цель «умного дома» – облегчить повседневную жизнь его жителей за счет повышения комфорта, безопасности и эффективности. По мере повышения точности распознавания речи голос становится все более популярным средством контроля в «умном доме». И распознавание речи, и технология «умного дома» были перечислены как важные развивающиеся технологии в течение нескольких последних лет с ожидаемым высоким ростом рынка. Интеграция мобильных устройств в сегмент домашней автоматизации является важной задачей на данный момент. При этом пользователю необходимо предоставить возможность интуитивно взаимодействовать с системой. Данная интеграция стремится выйти за рамки обычных мобильных приложений домашней автоматизации при взаимодействии с пользователем, а также необходима концепция распознавания объектов с обнаружением в реальном времени. В данной статье описана архитектура системы управления «умным домом». Она состоит из модулей: мобильного модуля, домашнего модуля, конечного пользователя, интеллектуальных устройств. В разработанной системе пользователь может управлять устройствами, существующими в его доме, с помощью пользовательского интерфейса камеры, имеющего визуальное представление действий и обеспечивающего интуитивное взаимодействие. Мобильное приложение реализовано на платформе Android.

Ключевые слова: «умный дом», мобильное устройство, домашний модуль**THE ARCHITECTURE OF THE SMART HOUSE CONTROL SYSTEM****Zasypkin D.S., Belov Yu.S.***Bauman Moscow state technical University, Kaluga branch, Kaluga, e-mail: fn1-kf@mail.ru*

Smart home technologies are developing rapidly, and a smart home today is only a small part of what a smart home can become. The purpose of a smart home is to facilitate the daily life of its residents by increasing comfort, safety and efficiency. As the accuracy of speech recognition increases, voice is becoming an increasingly popular means of control in the smart home. Both speech recognition and smart home technology have been listed as important emerging technologies over the past few years with high market growth expected. Integration of mobile devices into the home automation segment is an important task at the moment. At the same time, the user must be given the opportunity to interact intuitively with the system. This integration aims to go beyond the usual mobile home automation applications when interacting with the user, and also requires the concept of object recognition with real-time detection. This article describes the architecture of the smart home management system. It consists of modules: mobile module, home module, end user, smart devices. In the developed system, the user can control the devices existing in his house using the camera user interface, which has a visual representation of actions and provides intuitive interaction. The mobile application is implemented on the Android platform.

Keywords: smart home, mobile device, home module

В области домашней автоматизации уже ведется большая работа – от энергоэффективных до полностью автоматизированных решений. Однако внедрение машинного обучения во взаимодействие пользователя с системой находится на начальном этапе, поэтому необходимо провести огромную работу по внедрению машинного обучения в автоматизированную систему.

Поэтому предлагаемая система состоит из последовательности модулей:

- мобильный модуль;
- домашний модуль;
- конечный пользователь;
- интеллектуальные устройства.

На рисунке 1 представлена архитектура высокоуровневой системы, в которой можно идентифицировать представление пользователя, мобильный модуль, модуль платформы автоматизации и интеллектуальные устройства, подключенные внутри дома.

Цель исследования: рассмотреть архитектуру и особенности системы управления «умным домом».

Мобильный модуль. Этот модуль служит точкой подключения пользователя ко всему рабочему процессу. Все взаимодействия будут происходить в приложении, установленном на мобильном устройстве, и действия, предпринятые внутри него, вызовут серию событий во всей системе.

Как показано на рисунке 2, мобильный компонент состоит из мобильного приложения и переобученной модели, интегрированной в приложение. Эта интеграция происходит в режиме реального времени, обеспечивая мгновенную обратную связь с пользователем, и поэтому, согласно сценарию, конкретные команды и действия будут отправляться по каналу связи, существующему между этим модулем и модулем домашней автоматизации. Оба компонен-

та играют важную роль в быстродействии и полезности системы и описаны в следующих подразделах.

Мобильное приложение. Мобильное приложение будет установлено на пользовательском устройстве, и его основная роль заключается в сборе пользовательских взаимодействий, интерпретации собранных данных и установлении связи с платформой автоматизации.

С учетом простоты использования и доступности наиболее разумным выбором в данном контексте является приложение для Android. Разработка собственного приложения для iOS потребует специального оборудования и охватит меньшее сообщество пользователей, чем Android. Таким образом, при выборе операционной систе-

мы Android для разработок можно гарантировать, что большое количество устройств будет совместимо, можно будет охватить огромное количество пользователей, а процесс общения не будет ограничен возможностями программного обеспечения.

Кроме того, это приложение должно обеспечивать возможность установления связи между мобильным устройством и платформой домашней автоматизации. Для этого ему необходимо будет играть роль клиента в протоколе связи между ними, отправляя информацию на платформу. Поскольку Android поддерживает широкий спектр интеграций с коммуникационными плагинами и программным обеспечением, этот выбор гарантировал, что можно найти решение, близкое к оптимальному.

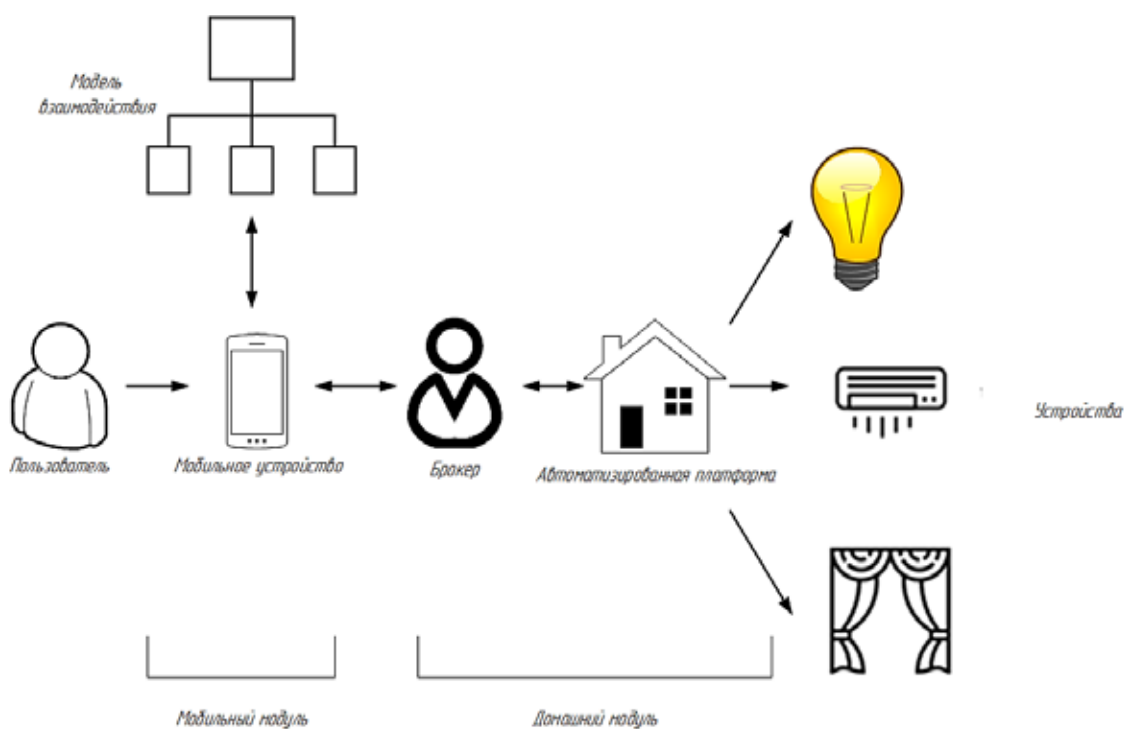


Рис. 1. Архитектура высокоуровневой системы

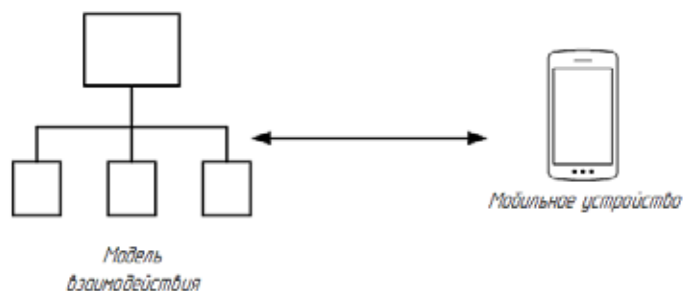


Рис. 2. Архитектура мобильного модуля

Датчики мобильного устройства. Основной целью предлагаемой интеграции является возможность использования датчиков мобильных устройств для интуитивного взаимодействия с интеллектуальными устройствами. Одним из основных и крупнейших сборщиков информации, который можно найти в каждом мобильном устройстве, является камера. Таким образом, чтобы воспользоваться всеми возможностями, необходимо найти способ интерпретации данных, собранных датчиком камеры.

Решением стало использование библиотеки машинного обучения, совместимой с предложенной архитектурой, способной загружать и обрабатывать данные, создавать, обучать и повторно использовать модели с простым развертыванием. Таким образом, решение, используемое в компоненте интерпретации, опирается на структуру тензорного потока [1].

В дополнение к предоставлению возможности переобучения нейронной сети без использования сложного и мощного оборудования самым большим общим преимуществом этого инструмента является возможность запускать модели машинного обучения на мобильных устройствах в рамках сжатого и мобильного решения Tensor Flow Lite [2].

Использование машинного обучения на устройстве позволяет упростить архитектуру системы без необходимости выполнения последовательных вызовов сервера для оценки информации.

На рисунке 3 представлена архитектура решения – стек компонентов, участвующих в процессе. Кроме того, программные интерфейсы приложений Java и C++ отвечают за загрузку и вызов интерпретатора, который, в свою очередь, выполняет модель с использованием набора ядер. В версиях Android, превосходящих 8.1, поддерживается API нейронных сетей Android (NN API) [3], который позволяет эффективно распределять вычисления между процессорами устройств и использовать преимущества аппаратного ускорения с помощью аппаратного уровня абстракции нейронных сетей Android (NN HAL). Если ни один из них не доступен, будет задействован центральный процессор.

Домашний модуль. В нем находятся два основных компонента: брокер, отвечающий за связь модулей, и экземпляр домашней автоматизации, отвечающий за интеграцию интеллектуальных устройств и датчиков. Оба они размещены внутри одной и той же установочной платформы.

Одной из основных проблем, которые возникали, является установка брокера

и платформы автоматизации на одно и то же оборудование, чтобы можно было избежать необходимости в дополнительном оборудовании. Следовательно, выбор всех трех компонентов был сделан с учетом необходимости того, чтобы каждый из них был совместим между собой.

Подходящим решением для интеграции обоих элементов является установка их внутри Raspberry Pi. Таким способом обеспечиваются снижение стоимости, простота установки и обслуживания, так как весь этот модуль основан на Raspberry Pi 3B + [4], где работают брокер MQTT и платформа автоматизации.

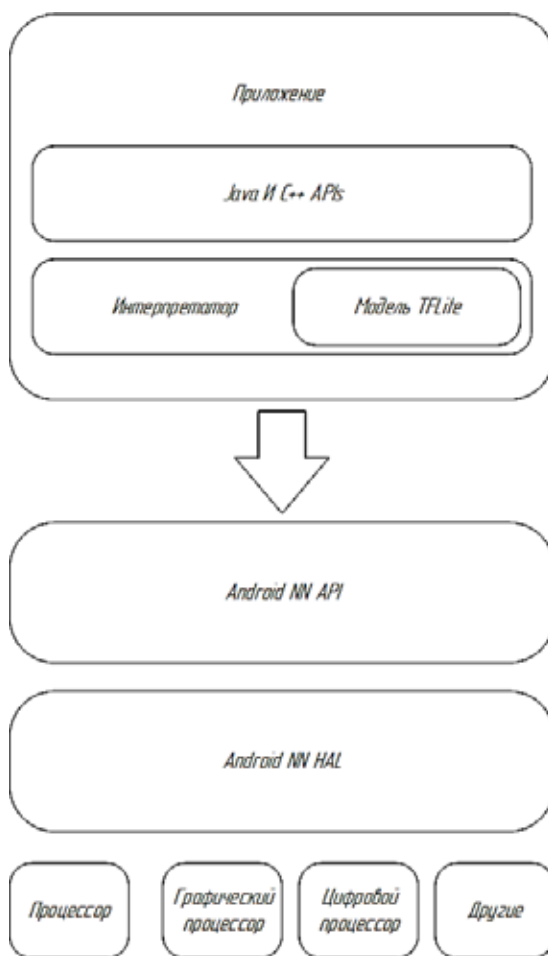


Рис. 3. Архитектура стека модели вывода

Брокер. Выбор MQTT [5] в качестве протокола связи привел к необходимости наличия брокера для управления всеми вызовами публикации и подписки и, следовательно, поддержания связи между задействованными элементами. Решением MQTT Broker можно управлять тремя различными способами: первый предполагает наличие публичного брокера, предоставляющего ус-

луги, второй – частного брокера, а третий подразумевает использование встроенного брокера. Поскольку в публичном брокере любое устройство или организация могут публиковать и подписываться на любую тему на нем и у большинства платформ домашней автоматизации по умолчанию отсутствует брокер, самый безопасный и простой способ интегрировать этот узел в архитектуру – полагаться на частного брокера, где только устройства с предоставленным разрешением могут публиковать и подписываться на темы, управляемые этим брокером.

Для выполнения этой интеграции выбранным брокером MQTT был Mosquitto [6]. Как легкое решение с открытым исходным кодом, широко используемое для обмена сообщениями Интернета вещей и, кроме того, легко устанавливаемое на Raspberry Pi, Mosquitto предоставляет инструменты, необходимые для работы в качестве посредника связи.

На рисунке 4 представлено размещение брокера в архитектуре системы, принимающего запросы на подписку от платформы автоматизации и, соответственно, доставляющего туда сообщения при получении публикации данных с мобильного устройства, следовательно, устанавливающего соединение для передачи данных между ними.

Платформа автоматизации. Принимая во внимание предполагаемую интеграцию и учитывая выводы, сделанные ранее, можно заключить, что Home Assistant [7] является хорошим выбором для реализации, поскольку он проверяет все флажки: имеет открытый исходный код, разработан на хорошо известном легком в освоении языке, имеет сильное базовое сообщество пользователей и может быть установлен на устройстве с низкой вычислительной мощностью, таком как Raspberry Pi.

Установка состоит в экземпляре Home Assistant, размещенном в Raspberry Pi, изначально работающем в виртуальной среде Python поверх ОС Raspian. Как показано на рисунке 5, платформа также будет иметь подключенные к себе устройства «умного дома», способные отправлять команды, выполнять операции и изменять состояние в соответствии с информацией, отправленной пользователем с мобильного устройства и переданной через брокера. Таким образом, при определении желаемого решения и учитывая, что уже существовало, а также ограничения и возможности предлагаемой интеграции, процесс проектирования и разработки можно разделить на ряд этапов:

- разработка компонента машинного обучения и преобразование его в нужный формат;
- создание мобильного приложения, отвечающего за интеграцию модели в режиме реального времени;
- установка и настройка платформы автоматизации;
- внедрение коммуникационных процессов.

Эти четыре основных этапа разработки и внедрения системы являются ключом к успешной работе предлагаемого решения.

Связь модулей. MQTT представляется наиболее подходящим выбором в этом сценарии, предоставляя решение для обеспечения связи между двумя модулями, которое широко используется в средах Интернета вещей с низкой пропускной способностью, низкой задержкой и хорошей производительностью (рис. 6).

В контексте архитектуры системы и с учетом принципов MQTT один компонент будет выступать в качестве издателя, один – в качестве брокера, а третий – в качестве подписчика [8].

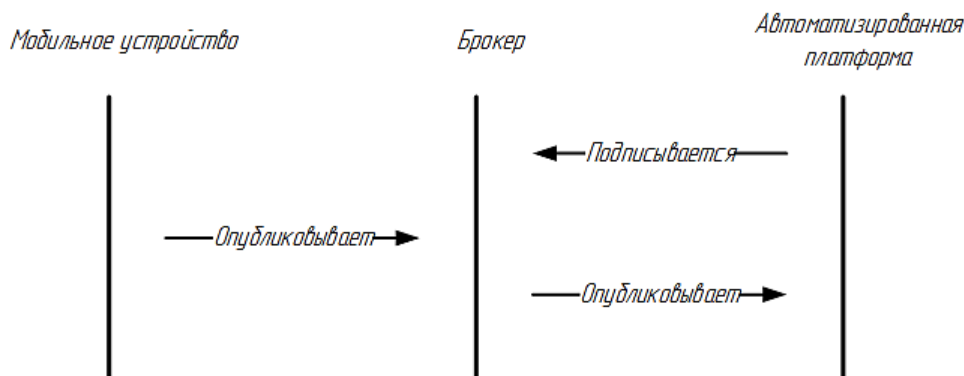


Рис. 4. Роль посредника в коммуникации в архитектуре системы

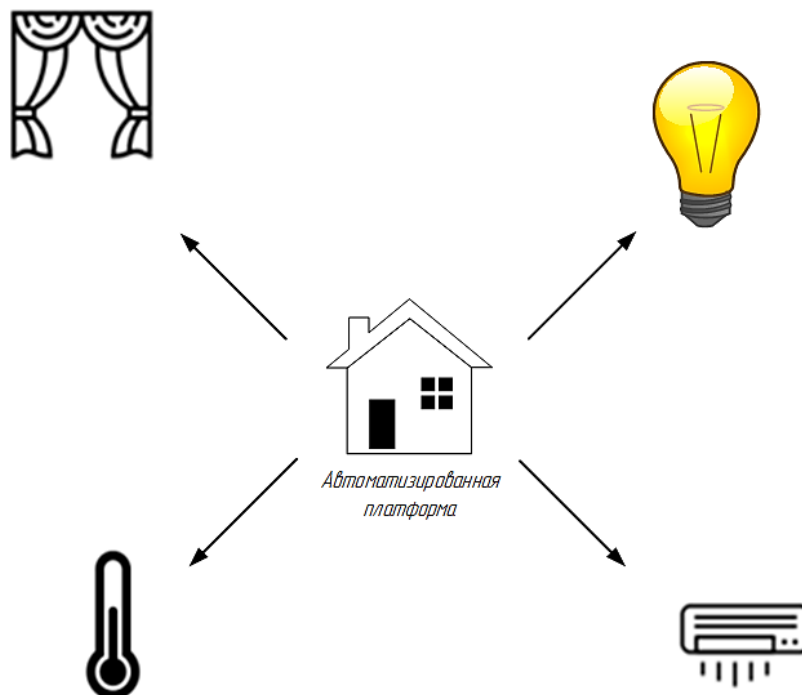


Рис. 5. Интеллектуальные устройства, подключенные к платформе домашней автоматизации

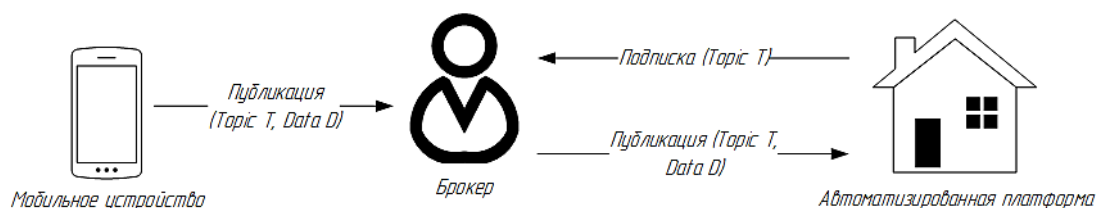


Рис. 6. Архитектура процесса коммуникации

Наиболее логичным способом реализации архитектуры протокола в этом сценарии является использование мобильного устройства абонентом, ответственным за публикацию данных в определенной теме, на которую подписана платформа автоматизации. Таким образом, мобильное устройство может постоянно публиковать обновления об изменениях состояния и взаимодействиях с пользователями, зная, что они будут получены на платформе автоматизации, прослушивающей данные в определенных подписанных темах.

В данной статье описана разработанная система. Она состоит из следующих модулей:

- мобильный модуль;
- домашний модуль;
- конечный пользователь;
- интеллектуальные устройства.

В разработанной системе пользователь может управлять устройствами, существующими в его доме, с помощью пользовательского интерфейса камеры, имеющего визуальное представление действий и обеспечивающего интуитивное взаимодействие.

Список литературы

1. Засыпкин Д.С., Белов Ю.С. Обзор алгоритмов распознавания лица человека в библиотеке OpenCV [Электронный ресурс]. URL: <http://e-scio.ru/wp-content/uploads/2021/07/Засыпкин-Д.-С.-Белов-Ю.-С.pdf>. (дата обращения: 15.04.2022).
2. Ислам К., Шен У., Ван Х. Соображения безопасности и конфиденциальности для беспроводных сенсорных сетей в среде «умного дома» // Материалы 16-й международной конференции IEEE 2012 года по совместной работе при поддержке компьютеров в области проектирования (CSCWD). 2012. С. 626-633.
3. Кучер М.Ю., Белов Ю.С. Подходы к распознаванию лиц и их методы // Технические и естественные науки: сбор-

ник избранных статей по материалам Международной научной конференции. СПб., 2020. С. 38-40.

4. Бодров С.А., Журавлёв А.В., Ерпелев А.В. Умный дом: история, принцип работы, устройства умного дома, протоколы // Технические науки: проблемы и решения: сборник статей по материалам XLIV международной научно-практической конференции. М., 2021. С. 29-32.

5. Васильчиков М.Г., Клименко А.В. Разработка веб-сервера для удаленного управления системой «Умный дом» // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: материалы XXI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов. Гомель, 2018. С. 83-84.

6. Zainal Al.N. The architecture of smart home internet of things. T-Comm. 2021. Т. 15. № 8. С. 58-61.

7. Шиков С.А., Алексеев Е.Г., Шестопалова А.Н. Применение нейронных сетей в системах умного дома // Материалы XXI научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва. Саранск, 2017. С. 131-137.

8. Быков В.Э. Метод управления светом в умном доме на основе искусственных нейронных сетей // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2021. Т. 6. № 2 (20). С. 3-12.