

Desenvolvimento de Módulos de Automação Residencial para Realização de Atividades de Baixa Complexidade Utilizando IoT

Lahis Gomes de Almeida¹, Rachel Batalha de Lima¹ Edgard Luciano Oliveira da Silva¹

¹Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Núcleo de Computação (Nucomp), Manaus, Brasil
{rbdll.eng, lga.eng, elsilva}@uea.edu.br

Resumo—A integração e a popularização da Automação Residencial em todas as camadas da sociedade ainda é um desafio devido a preços altos para aquisição desta tecnologia. Este trabalho propõe unir Automação Residencial e Internet das Coisas com o objetivo de desenvolver quatro módulos que automatizam, a um baixo custo, tarefas simples do dia a dia, possibilitando que mais pessoas tenham acesso a estes tipos de soluções residenciais. O trabalho também realiza um comparativo de preço entre a metodologia proposta e outras soluções preexistentes no mercado.

Palavras-Chave—IoT, esp8266, automação residencial, domótica, mqtt

I. INTRODUÇÃO

A Automação Residencial tem crescido desde a década de 80. Adventos na Eletrônica e na Informática possibilitaram o surgimento de projetos de automação residencial por todo o mundo [1]. Entretanto, problemas como a falta de padronização de protocolos de comunicação entre os dispositivos, alto custo de implementação e a dificuldade de incluir equipamentos antigos à esta tecnologia, ainda dificultam sua disseminação e popularização [2]. Tarefas simples como apagar ou acender luzes, abrir ou trancar portas, monitorar nível de água ou lixo, demandam um tempo desnecessário que poderia ser aproveitado em outras atividades, caso estas tarefas fossem automatizadas.

No paradigma de Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), muitos dos objetos que rodeiam a população estão em rede. Sistemas de informação e comunicação estão invisíveis aos seus usuários. Para prover este cenário, a Internet das Coisas se alia a Computação na Nuvem (*Cloud Computing*) em busca de uma infraestrutura virtual, que integre dispositivos de monitoramento, dispositivos de armazenamento e ferramentas de análises, possibilitando a utilização de seus serviços em tempo real de qualquer lugar [3].

Neste contexto, as principais contribuições desta pesquisa são: desenvolver uma abordagem de automação residencial que seja eficaz e de baixo custo, utilizando conceitos e protocolos de IoT; comparar e analisar o trabalho desenvolvido com soluções preexistentes no mercado, apresentando as vantagens e desvantagens da metodologia empregada.

A parte remanescente do trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta conceitos preliminares necessários para compreensão deste estudo, a seção 3 aponta as principais pesquisas relacionadas com este artigo, a seção 4

descreve a abordagem de automatização residencial proposta, a seção 5 expõe os experimentos e resultados obtidos, e, por fim, a seção 6 apresenta as conclusões e possibilidades de trabalhos futuros.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Automação Residencial

A Automação Residencial, também conhecida como Domótica, caracteriza-se como um agregado de serviços conectados que desempenham tarefas de monitoramento e controle no ramo residencial [4]. Este tipo de sistema é capaz de detectar eventos, como a presença de indivíduos e variações de grandezas físicas como temperatura, umidade e pressão; bem como controlar dispositivos, como lâmpadas, ar condicionados, ventiladores e portas.

Apesar das facilidades que sistemas residenciais automatizados proporcionam a seus usuários, o preço para empregar esta tecnologia ainda é alto, dificultando seu acesso por grande parte da população [4]. Neste contexto, a busca por soluções de baixo custo é essencial para que este ramo seja inserido na rotina dos cidadãos, tornando comuns cenários como o de controle de acesso ou monitoramento de eletrodomésticos nas residências.

B. Internet das Coisas

A principal característica da Domótica é a comunicação entre os dispositivos que desempenham as tarefas automatizadas dentro da residência [5]. Para que a comunicação seja realizada, é necessário que estes dispositivos estejam conectados a um microcontrolador e este, por sua vez, possibilite a comunicação entre os dispositivos.

A Internet das Coisas (IoT) é um paradigma inovador que vem crescendo rapidamente no cenário das redes sem fio modernas de Telecomunicações. Baseia-se no conceito da presença pervasiva (sem serem notados) de uma diversidade de coisas “*things*” ou objetos, que cercam a população e estão conectados entre si, como sensores, atuadores e *smartphones* [5]. Logo, soluções que unam automação residencial a IoT possibilitarão maior mobilidade a seus usuários, tendo em vista que o monitoramento e controle da residência poderá ser feito a qualquer hora e em qualquer lugar.

C. MQTT

O MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) é um protocolo aberto de comunicação entre máquinas (*machine-to-machine*) [6]. Ele apresenta uma arquitetura simples e leve, voltada principalmente para sistemas de supervisão e coleta de dados (*Supervisory Control and Data Acquisition -SCADA*). É baseado no protocolo de comunicação *TCP/IP*, sendo largamente utilizado em sistemas embarcados. Seu padrão de troca de mensagens é o *Publish/Subscribe (Pub/Sub)* e fazem parte de sua topologia de rede os elementos *MQTT-Client* e *MQTT-Broker* [7].

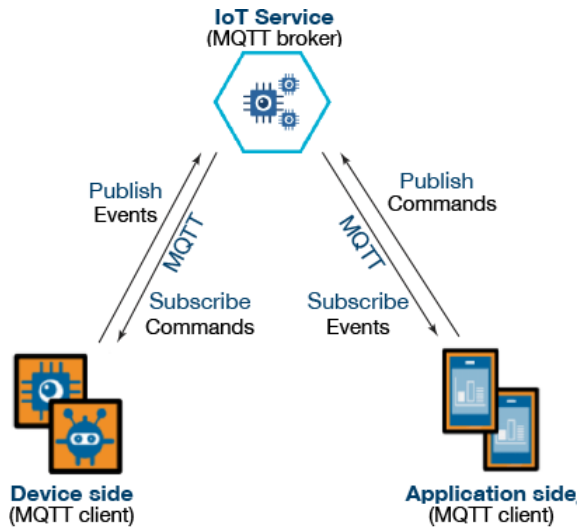


Figura 1. Visão Geral do Protocolo MQTT [8].

A Figura 1 apresenta a abordagem de comunicação remota escolhida. Neste padrão, quando um *Client* visa conseguir uma informação, ele a subscrive, realizando uma requisição para um outro elemento da rede que possui a habilidade de gerenciar as publicações e subscrições. Este último, intermediário no processo de comunicação, é conhecido como *Broker*. Elementos que desejam publicar alguma informação também utilizam o *Broker*, enviando-lhe as informações que possuem. Esta topologia de comunicação permite que linguagens de programação diferentes sejam utilizadas para programação dos elementos de rede [7].

No MQTT, a identificação das mensagens é feita por meio de tópicos (*topics*). Os elementos da rede podem publicar tópicos para o *Broker* ou selecionar os tópicos que almejam subscriver. A seguir, alguns exemplos de tópicos que poderiam ser usados em uma residência:

- /casa/sensor/temperatura
- /casa/sensor/pressao
- /casa/sensor/umidade

Temperatura, pressão e umidade, no exemplo, são valores que integram os dados da mensagem. Como o MQTT não restringe o formato das mensagens, seria possível formatos *json*, inteiro ou, até mesmo, valores binários de 16 *bits*.

D. ESP8266

A ESP8266 é um microcontrolador que possui um núcleo microprocessado *Tensilica L106* de 32-*bits* [5]. Permite hospedar páginas web ou, quando assume o papel de cliente, pode consultar páginas. É um dispositivo dedicado para criar soluções que necessitem de conexão *Wi-Fi*.

As principais características: possui uma memória *flash* interna para armazenar arquivos e outra para o *Firmware*, antena embutida, portas *GPIO* e baixo consumo de energia, operando em uma faixa de tensão de 3,3V [3].

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Neste novo paradigma que visa aliar IoT com Domótica, Egidio et al. [2015] desenvolveram um trabalho buscando implementar melhorias para a qualidade de vida das pessoas realçando o baixo custo com a utilização da placa *Arduino Uno* e um módulo *Ethernet ENC28J60* para realizar atividades como o controle de luzes, ventiladores e rádio, viabilizando ganho de tempo do usuário por meio de simples automatizações.

Segundo exemplificado no artigo de Wanzeler et al. [2016], a utilização de IoT com o auxílio do microcontrolador *Arduino Uno*, uma placa *Ethernet Shield* e sensores de temperatura, luminosidade e movimento podem ser utilizados para implementar várias funcionalidades como: sistemas de iluminação com dimerização, monitoramento da temperatura e sistema de alarme residencial.

O trabalho de Kumar [2014] apresenta um sistema de Casa Inteligente (*Smart Home*) que, por meio de uma aplicação *Android* e as placas *Arduino MEGA 2560* e *Ethernet Shield*, permite que os usuários controlem as luzes, monitorem a temperatura ambiente, a presença de intrusos e incêndios; enviando os dados coletados por *e-mail*. Neste trabalho, a comunicação entre os componentes de *hardware* e o aplicativo é feita por meio de serviços *Web REST (Representative State Transfer)*.

O presente trabalho se diferencia dos anteriormente citados pelo fato de propor o desenvolvimento de módulos IoT de automação residencial com custo inferior, possibilitando um maior integração desta tecnologia na vida da população. A pesquisa realiza também, um comparativo de preços e tecnologias empregadas com outras abordagens.

IV. ABORDAGEM PROPOSTA

Foram escolhidas quatro tarefas para serem automatizadas: controle de lâmpada, detecção de presença, detecção de incêndio e monitoramento do nível de lixo. Algumas dessas tarefas foram escolhidas por estarem inseridas diretamente na rotina da população, como, por exemplo, ligar/desligar lâmpadas e retirar os sacos de lixo. As tarefas de detecção de incêndio e presença foram escolhidas para mostrar que atividades como estas podem também integrar soluções de Domótica.

A abordagem proposta busca, por meio de módulos embarcados de Automação Residencial e IoT, reduzir o tempo que se leva para a execução destas atividades e permitir que o controle e monitoramento das mesmas sejam feitos remotamente.

A proposta do desenvolvimento dos 4 módulos de domótica pode ser observada na Figura 2. São eles:



Figura 2. Disposição dos Módulos de Automação Residencial [12].

- 1) **Smart Trash:** neste módulo a ideia consiste em desenvolver um circuito que permite a utilização de um sensor ultrassônico para medir a quantidade de lixo existente.
- 2) **Smart Fire Alarm:** neste módulo será possível verificar através de um sensor de chamas, a ocorrência de incêndio.
- 3) **Smart Lamp:** neste módulo o usuário poderá controlar a lâmpada em seus dois estados: acesa ou apagada, através do acionamento de um relé.
- 4) **Smart Invader Alarm:** neste módulo o usuário poderá verificar com o auxílio de um sensor de presença se existe alguma pessoa não autorizada no ambiente.

Em cada protótipo de automatização existe um módulo *Wi-Fi*, responsável pela leitura dos sensores, controle de dispositivos e conexão com a internet. Por meio deste é possível que os dados coletados sejam enviados ao *Broker* e passados para os clientes. Assim como também, podem ser recebidos comandos por meio do *Broker*, que foram enviados pelos clientes, como pode ser visualizado na Figura 3.

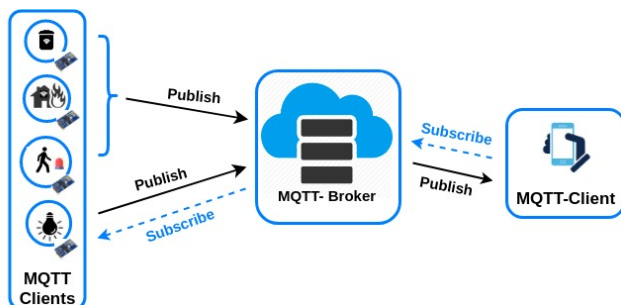


Figura 3. Comunicação em Rede entre os Módulos e Usuários.

V. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

A. Materiais Utilizados

Para desenvolver os quatro módulos de automatização residencial, os seguintes materiais foram necessários:

- **Sensor de Presença** (PIR HC-SR501);
- **Sensor Ultrassônico** (HC-SR04);
- **Sensor de Chama** (HL-01);
- **Módulo Relé** (SRD-05VDC-SL-C);
- **4 ESP8266** (ESP8266-01);
- **4 Baterias de 9V** (Power Alkaline);
- **Conversor FTDI** (USB-Serial FT232);

O módulo ESP8266 escolhido para este trabalho foi o modelo 01 (ESP8266-01), pelo seu baixo custo e pelo fato de possuir poucas portas, evitando o desperdício de portas digitais, pois os sensores e atuadores escolhidos utilizam no máximo duas GPIOs. Para que os programas fossem gravados nestas placas, um conversor FTDI foi utilizado, permitindo a comunicação serial entre computador e a ESP8266. Além destes dispositivos, outros componentes secundários foram utilizados como *jumpers*, resistores, baterias e *protoboard*. A Figura 4 mostra os 4 sensores com seus respectivos módulos *Wi-Fi* e fontes de alimentação (baterias).



Figura 4. Materiais Utilizados.

B. Montagem dos Circuitos

Primeiramente, foi montado o circuito que permite a gravação de programas na ESP8266. Além do conversor FTDI, que garante a comunicação serial entre a placa e o computador, também é necessário colocá-la em modo de gravação: reiniciando-a com sua GPIO 0 em nível baixo, através de seus respectivos botões (RESET e GPIO 0), conforme o circuito da Figura 5.

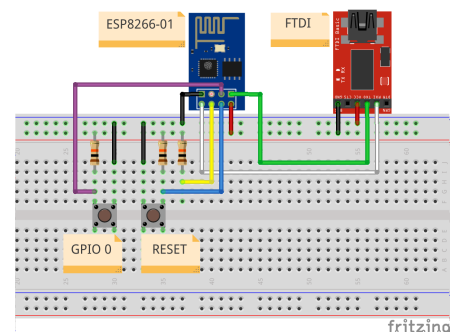


Figura 5. Circuito de Gravação da ESP8266-01 [7].

Em seguida, os circuitos de cada módulo de automação foram montados e os programas gravados nas respectivas placas. Para a leitura da saída dos sensores ultrassônico e de presença, foi necessária a utilização de um optoacoplador (CI LTV-844), devido a diferença de tensão dos sensores (5V) e da ESP8266 (3.3V). A Figura 6 apresenta os protótipo dos módulos.

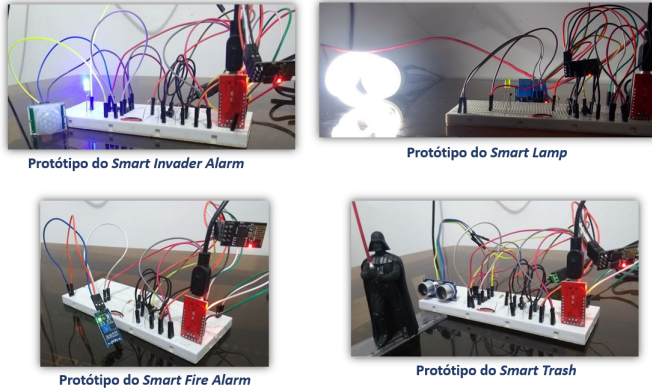


Figura 6. Protótipos dos Módulos de Automação Residencial.

C. Comunicação dos Elementos de Rede

O Serviço MQTT utilizado foi o da plataforma aberta *Eclipse IoT*¹ que hospeda o *MQTT-Broker Mosquitto*. Do lado do usuário, a ferramenta escolhida para troca de mensagens foi o aplicativo *MQTT-DashBoard*², pois é gratuito e de fácil utilização. Para troca de mensagens entre os elementos de rede, foram definidos os seguintes tópicos:

- **smart/lamp;**
- **smart/trash;**
- **smart/fire_alarm;**
- **smart/invader_alarm;**

Os módulos que possuem os sensores publicam os dados coletados, permitindo ao usuário o monitoramento de pessoas não autorizadas, incêndio e nível de lixo em sua residência. O módulo de atuação (*Smart Lamp*) subscreve as mensagens em busca de comandos vindos do usuário, para tomar ação de ligar ou desligar a lâmpada. A Figura 7 apresenta o monitoramento e o controle da residência feito pelo residente através do aplicativo.

Na Figura 7, é possível perceber que na aba *Subscribe* do aplicativo ficam todas as mensagens enviadas pelos sensores; enquanto que na *Publish*, ficam os componentes responsáveis pelo controle de equipamentos como, por exemplo, o relé que aciona a lâmpada.

D. Resultados e Discussão

Montados os circuitos dos módulos e feita a programação da comunicação entre os elementos de rede, foi possível simular em tempo real a abordagem de automação residencial proposta. Como resultado dos experimentos, foi possível constatar

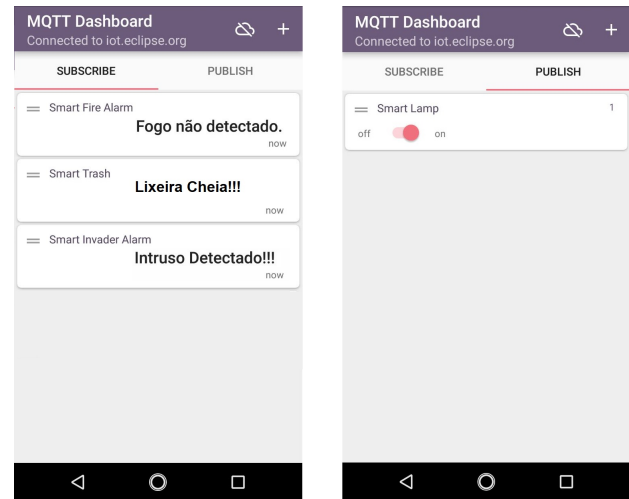


Figura 7. Telas do Aplicativo MQTT-DashBoard.

que tarefas simples, como controlar lâmpadas e monitorar nível de lixo, presença de intrusos e, até mesmo, ocorrência de incêndio, podem ser automatizadas de forma simples.

Os experimentos mostraram que Domótica aliada com IoT traz benefícios como a mobilidade dos elementos de rede e baixo custo na implementação, sendo possível de qualquer lugar e a qualquer momento monitorar e atuar sobre os dispositivos da residência.

Uma fragilidade encontrada nesta abordagem foi a utilização do Serviço *Eclipse IoT* pois o mesmo não aceita criptografia, permitindo que qualquer pessoa que conheça os tópicos MQTT da residência e que utilize este serviço tenha acesso ao monitoramento e controle dos equipamentos. Entretanto, como o *Eclipse IoT* foi utilizado apenas para o protótipo e verificação da viabilidade da metodologia, serviços MQTTs mais robustos, como o da *Amazon*, solucionariam este problema.

A solução desenvolvida neste trabalho mostrou-se bem mais acessível que as outras soluções de baixo custo encontradas no mercado. A Tabela 1 apresenta um comparativo do preço das soluções de domótica mais comuns. Os preços foram retirados do site *Filipeflop*³, referência no mercado de embarcados.

Tabela I
SOLUÇÕES DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Placas de Controle (x4)	Placas Auxiliares	Preço Total (R\$)
Raspberry Pi 3	—	1200,00
Arduino UNO	Ethernet Shield x 4	399,20
NodeMCU	—	199,60
ESP8266-01	FTDI x 1	119,6

De acordo com a tabela, é possível perceber que o usuário economizaria até R\$1.000,00 se optasse pela abordagem desenvolvida neste artigo ao invés de módulos controlados por placas como *Raspberry Pi*. Em relação as demais soluções

¹<https://iot.eclipse.org/>

²<http://bit.ly/mqtttdash>

³<https://www.filipeflop.com/>

como o *Arduino Uno* e *NodeMCU*, a economia seria de aproximadamente 66.73% e 83.36% respectivamente. Contudo, para módulos que precisem da utilização de mais portas GPIOs, portas analógicas e até mesmo capacidade de processamento de imagem, a solução adotada nesta pesquisa se tornaria ineficaz devido a ESP8266-01 não possuir essas funcionalidades.

VI. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento de módulos de automação residencial para realização de atividades de baixa complexidade utilizando IoT. Foram desenvolvidos quatro módulos: *Smart Trash*, *Smart Fire Alarm*, *Smart Lamp* e *Smart Invader Alarm*, cada qual fazendo uso de uma ESP8266-01 para comunicação com o protocolo MQTT.

A partir da confecção dos módulos, foi possível concluir que a utilização a placa ESP8266-01 em conjunto com o protocolo MQTT atendeu satisfatoriamente a automação residencial proposta, comprovando a viabilidade do gerenciamento dos módulos em tempo real e o baixo custo de implementação, se comparado com outras abordagens (*Raspberry Pi 3*, *Arduino Uno* e *NodeMCU*).

Como trabalhos futuros, propõe-se: a implementação de módulos alimentados com baterias e montados em placas universais para que os protótipos fiquem independentes do circuito de gravação e se tornem produtos finais. Em relação aos serviços MQTTs, será feito o estudo de serviços de *Internet* das Coisas que façam uso de criptografia.

REFERÊNCIAS

- [1] Bolzani, Caio A. M. Residências Inteligentes: um curso de Domótica. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- [2] Mainardi, E., Banzi, S., Bondiè, M. e Beghelli, S., "A low-cost Home Automation System based on Power-Line Communication Links, 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction", ISARC, Ferrara, Itália 2005.
- [3] Gubbi, Jayavardhana and Buyya, Rajkumar and Marusic, Slaven and Palaniswami, Marimuthu. "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions". Future generation computer systems, Elsevier, No. 7, pp.1645-1660, 2016.
- [4] Guerra, Filipe Henrique Moreira, "Automação residencial de baixo custo com protocolo X10 e ESP8266", (2016).
- [5] Souza, Marcelo Varela de. "Domótica de baixo custo usando princípios de IoT", M.S. thesis, Brasil, 2016.
- [6] (2014, Nov). MQTT[Online]. Available: <http://mqtt.org/>
- [7] Barros, Marcelo. (2015, Jun). MQTT - Protocolos para IoT[Online]. Available: <https://www.embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/>
- [8] Tang, Chun Bin (2015, Dez). Explore o MQTT e o serviço de Internet of Things no IBM Bluemix[Online]. Available: goo.gl/joRy2
- [9] Egidio, Lucas and Ukei, Tiago, "Internet das Coisas (IoT): Uma análise de aplicabilidade", WSEE, 2015.
- [10] Wanzeler, Tiago, Heleno Fülber, and Bruno Merlin, "Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo aliado ao conceito de Internet das Coisas (IoT)", SBrT, 2016.
- [11] Kumar, Shiu. "Ubiquitous smart home system using android application." arXiv preprint arXiv:1402.2114 (2014).
- [12] (2016, Jun). Plantas de Casas Prontas Grátis[Online]. Available: goo.gl/7noFsY