

Localizador de objetos em curtas distâncias baseado em Bluetooth BLE com monitoramento IoT via MQTT

Filipe Almeida Lira¹, Francisco L. C. Junior¹,
Erik J. F. do Nascimento¹, Sandro C. S. Juca¹, Jose N. M. Júnior¹

¹Eixo Tecnológico Da Computação – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus Maracanaú
Av. Parque Central – 61919-140 – Maracanaú – CE – Brazil

filipe.al2015@gmail.com, laucostajr@hotmail.com,

erikjhonesf@gmail.com, sandro.juca@gmail.com, junior.mourao@live.com

Abstract. *This paper aims to report the development of an object finder in a short region of 10 meters using Bluetooth Low Energy (BLE). Built using a NodeMCU-32S microcontroller, popularly known as ESP32, it already has built-in Bluetooth Low Energy (BLE) and WiFi support. device and object through LEDs.*

Resumo. *Este trabalho tem como objetivo relatar o desenvolvimento de um localizador de objetos em uma região curta de 10 metros usando Bluetooth Low Energy (BLE). Construído usando um microcontrolador NodeMCU-32S, popularmente conhecido como ESP32, ele já possui suporte embutido de Bluetooth Low Energy (BLE) e WiFi. Foi monitorada a presença do objeto dentro do feixe RSSI e via IoT utilizamos MQTT e foi indicada a proximidade entre o dispositivo e o objeto através de LEDs.*

1. Introdução

Frequentemente lidamos com a perda de objetos pessoais devido a fatores naturais do ser humano que é o esquecimento ou mesmo a negligencia. Essa situação não apenas afeta o âmbito pessoal, mas também na carreira profissional, já que diariamente realizamos diversas atividades ao mesmo tempo e isso acaba resultando no vasto quantidade de objetos esquecidos. Comumente são esquecidos os telefones celulares, carteiras e chaves, entre outros itens pequenos. O resultado implica numa substancial perda de tempo para recuperá-los.

Baseado neste problema, este trabalho propôs desenvolver uma solução por meio de um protótipo para a localização de objetos em uma distância curta de 10 metros. Este trabalho se baseia na ideia de [Wang et al. 2015], que é a construção de uma aplicação que permita a localização baseada na proximidade do objeto dentro do raio *Raio Signal Strenght Indicator* (RSSI) gerado pelo campo de alcance do *Bluetooth Low Energy* (BLE) fornecido pelo NodeMCU-32S.

O ESP32 [Blog da Curto 2018] é um módulo microcontrolado de baixo custo, possui sua placa já disponível nativamente a conectividade via *Bluetooth Low Energy* (BLE), no padrão 4.2 (tem a função de melhorar a privacidade e segurança do usuário,

além de um alcance mais abrangente comparado com suas versões anteriores), e esta será usada como meio para detectar distâncias.

Outro equipamento importante utilizado foi o dispositivo *Bluetooth Low Energy* (BLE) presente na *Smartband* (pulseira inteligente) e nos celulares Smartphone, pois apresentam o recurso que detecta o sinal através do cálculo da distância em que o ESP32 se encontra, gerando um raio e a localização do objeto nesse raio. O Light Emitting Diode (LED) indicará se ele está nas proximidades ou se ele está no eixo do raio central ao objeto.

A partir do desenvolvimento do localizador que utiliza a comunicação para obter a distância do raio de acesso e utilizar por meio de IoT (Internet das coisas ou *shape Internet of Things*) usando MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) com o intuito de efetuar o monitoramento para análise dos momentos o objeto esteve dentro do raio de proximidade RSSI dispositivo.

2. Fundamentação Teórica

Segundo [de Souza 2005] um microcontrolador é caracterizado como um componente eletrônico de tamanho pequeno que possui capacidade de ser programável para o controle e gerência de processos lógicos. Esse componente pode ser utilizado em diversas aplicações e em um vasto conjunto de áreas do conhecimento, como telecomunicação, eletrônica, automação industrial, robótica, química, ambiental, social e nos mais diversos produtos que usamos no dia à dia. A Placa do ESP32 ou NodeMCU-32 visualmente apresentado na Figura 3 é um microcontrolador que possui 2.4 GHz e alta qualidade em sua estrutura com um baixo custo, este foi desenvolvido pela Espressif. Em sua estrutura contém Wi-Fi e Bluetooth 4.2 com baixo consumo de energia, e torna um excelente microcontrolador quando levando em conta seus benefícios. As aplicações reais podem ser feitas utilizando não só este como vários outros modelos de microcontroladores.

Segundo o autor [Barón et al. 2016] a utilização da comunicação do Bluetooth para regiões próximas oferecem uma localização rápida a partir do cálculo com velocidade de resposta. Enquanto a combinação proposta da utilização do WiFi, da rede 3G ou 4G somado ao Sistema de Posicionamento Global (GPS) permitira localizar objetos em longas distâncias o que por sua vez também aumentará o custo. Como é possível ver na estrutura de sua pinagem da Figura 3 e ampla as possibilidades de melhorias que podem vir a serem feitas a partir do caminhar do protótipo.

O conhecimento fornecido pelos autores sobre Bluetooth BLE 4.2 é do alcance em torno de 50 metros em campo aberto, o que permite que fazendo uso da intensidade de como o seu sinal chega em determinado ponto possa ser utilizada para estimar uma distância do ponto de origem por meio de sua posição dentro do raio gerado pelo Bluetooth BLE do dispositivo.

A table 1 apresenta a estrutura utilizada para aplicações um pouco semelhantes a proposta do protótipo deste trabalho.

A partir do estudo das características de microcontroladores da table 1 foi utilizado o ESP32 através do RSSI [Wang et al. 2015] para fazer o cálculo da distância do raio e o resultado desse cálculo servirá como localizador base. Segundo [Wang et al. 2015] o RSSI atua como sendo o indicador da intensidade do sinal recebido. [Bowes 2018] com-

Tabela 1. Estudo de características

Autores	Microcontrolador	Características de localização
[Thetrackr 2015]	Arduino	Bluetooth (30 metros)
[Koyanagi 2018]	ESP32 LoRa	Modulo Gps Sim 808
[Spotlight 2012]	Arduino	Modulos de Bluetooth, GPS

plementa a definição de [Wang et al. 2015], descrevendo que intensidade de sinal pode ser convertida em distâncias físicas aproximadas, por exemplo, taxas de RSSI de -26, que representaria pouquíssimos centímetros, a -100, que pode representar uma faixa de 40 a 50 metros de distância para um campo ou espaço aberto. Em campos fechados ou em ambientes com barreiras essa distância pode ser reduzida.

A forma como o distância para RSSI, ou seja, a distância entre o objeto e o ESP32 e calculada e aprestanda em [Bowes 2018] , onde N e a constante depende do fator ambiental variando em torno e 2 a 4 sendo a quantidade de vezes que Varrerá para determinar uma precisão.

[Singh et al. 2015] afirmam que o IoT surgiu da necessidade de unificar todos os objetivos já utilizados no dia a dia com a praticidade oferecida pela intranet. Considerando esse conceito, optou-se pelo uso da IoT para aplicar protocolos de gerenciamento associado ao *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) que faz uso da estratégia de *publish* e *subscribe* para transferir mensagens informando a distância dos objetos, a fim de atender ao objetivo deste trabalho.

Partindo desses conceitos, foi utilizado IoT por meio do MQTT para monitorar a presença do objeto dentro do raio delimitado, dos quais teremos os momentos em que o usuário do dispositivo esteve no raio de proximidade. Como afirma o autor [Wang et al. 2015], essa é uma das maneiras mais praticas e interessantes de se utilizar na atualidade.

3. Metodologia

Seguindo a metodologia proposta pelo Aprendizado Baseado em Projetos (ABP) [Masson et al. 2012], foi dividida a criação do protótipo em duas etapas. A primeira etapa foi a construção do hardware e na construção do código de comunicação e interação entre a intensidade do sinal do Bluetooth BLE do ESP32 e de uma *Smartband* modelo *Mi Band*, mas poderia ser qualquer outro dispositivo que possuísse o Bluetooth BLE. A segunda demandou menos tempo e foi destinada para os testes da aplicação, os testes foram baseados no critério de acertabilidade em localizar o objeto dentro do raio e o de consumo de alimentação do protótipo foi uma bateria portátil de 10000mAh.

Na construção do protótipo funcional foi utilizada a (A) placa do ESP32 ou NodeMCU-32,(B) uma Protoboard, (C) dois cabos(fios),(D) 3 LED's onde o amarelo indica o MQTT, o verde indica a conexão a rede Wi-Fi e por fim, um vermelho que servirá para indicar se o objeto se encontra dentro do raio RSSI do Bluetooth BLE. Também foi necessário um cabo de alimentação de energia que também serviu para fazer a transferência de dados. Seguindo a estrutura do circuito visualizado na Figura 3(a) e o projeto construído e apresentado na (b) utilizado os materiais previamente estabelecido.

Para a programação, gravação e compilação do código foi utilizada a ARDUINO IDE [LUIZA 2019]. Durante a compilação e a gravação do ESP32 foi necessário o desabilitamento da utilização do OTA, isso ocorreu devido a necessidade de mais espaço para alocar os dados. Após a conclusão da montagem do hardware que pode ser visto na Figura 3, a aplicação proposta via codificação do protótipo funcional pode ser esquematizada conforme o fluxograma da Figura 1.

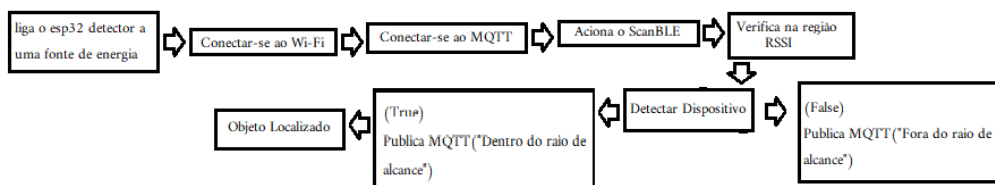


Figura 1. fluxograma de Eventos

Portando um dispositivo BLE anteriormente cadastrado é efetuada por meio de uma transmissão de radiofrequência o estabelecimento da comunicação para a visualizar a distância pelo ESP32 que, logo após a uma conexão a energia emitira um sinal de luz do LED verde para confirma que está conectada à rede local, e um sinal de luz do LED amarelo para informa que está conectada via MQTT, enquanto que o LED Vermelho atua com o funcionamento de sensor acendendo completamente quando próximo e oscilando como um pisca quando estiver nas proximidades do mesmo. Após a comunicação ser estabelecida, a comunicação via WiFi com Roteador que passa ao servidor da nuvem via MQTT que dá um Broker fazendo uma publicação, enquanto que para qualquer dispositivo conectada a espalhado ao redor mundo assim visualiza a proximidade do objeto ao ESP32. A Figura 2 ilustra o processo de comunicação descrito anteriormente.

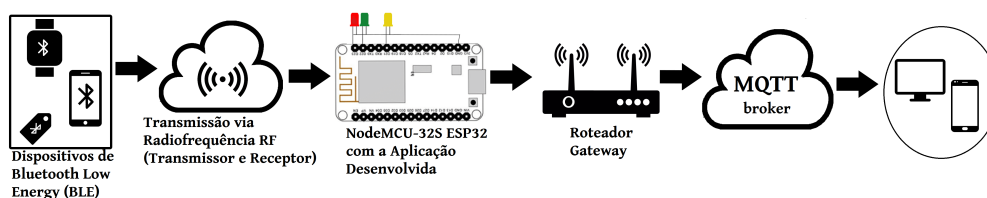


Figura 2. Fluxo de Comunicação entre as Etapas

4. Desenvolvimento e Codificação

Nesta Secção será apresentada algumas informações importantes quanto ao código [LIRA 2019b]. Inicialmente foram realizadas inclusões das bibliotecas referentes a utilização do MQTT, WiFi e BLE(Bluetooth), seguindo os dados de conexão a rede que devem ser pré estabelecidos a qual deseja usar como acesso, e depois as atribuições dos LED's que devem ter suas portas atribuídas a cada porta do ESP32, no caso da situação deste projeto as portas usadas foram as 21,22,23, respectivamente como amarelo, verde e vermelho. Por fim, a atribuição do limite de nível RSSI que foram estabelecidos através de cálculos feitos utilizando a base proposta pelo autor [Bowes 2018] e a passagem do Endereço MAC do Bluetooth isso por devido a capacidade de escanear a área ele encontra todos os dispositivos de baixo consumo que estiverem no alcance mas só detectara o dispositivo cadastrado. Quanto a conexão IoT, foi utilizada a página cloudmqtt.com

para fazer o monitoramento, e o server utilizado foi o disponibilizado pelo amazon, assim sempre que o dispositivo estiver no raio delimitado será notificado com um *post* no *cloud* - mqtt.com.

No monitor serial são exibidos todos os endereços MAC de cada dispositivo da região que foi localizado. Quando localizado o endereço que é desejado, é emitido um *post* contendo a distancia RSSI, mostrando o estado de proximidade do objeto..

5. Resultados

A construção da parte de hardware ficou bem compacta como é possível visualizar na Figura 3. Quanto ao código [LIRA 2019b] sua base é utilizada com a finalidade de detecção utilizando o *BLEScan* e o RSSI aplicado ao hardware construído.

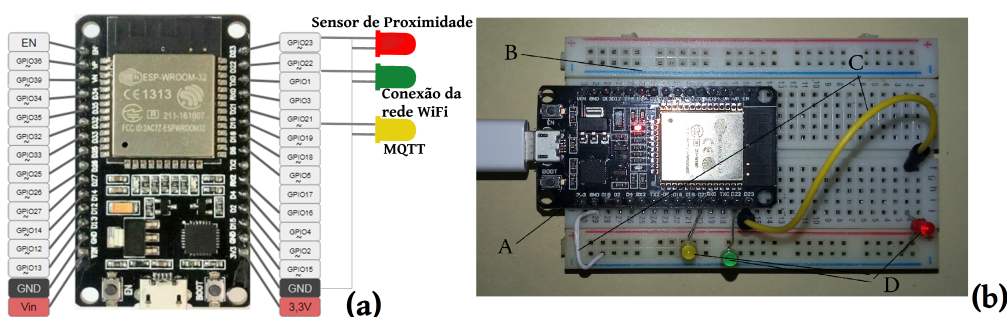


Figura 3. (a)Circuito com suas ligações e (b) Protótipo do hardware concluído

Com a conclusão da etapa de teste, observou-se uma eficiência de 90% de objetos encontrados utilizando o protótipo dentro do raio de 10 metros onde houve uma oscilação entre os 10 metros e os 7 menos em que eles foram localizados, os testes foram feitos dentro de um ambiente com diversos objetos comuns ao dia-a-dia a fim de simular um cômodo residencial. Durante os testes os objetos a qual desejamos ser achos foi colocado em diversos pontos do cômodo a fim de analisar o máximo de cenários possíveis. Na situação referente aos 10% onde não obtivemos o resultado desejado se deve ao fato de que o ambiente se encontrava com uma vasta quantidade de objetos que interferiam na qualidade da leitura e o objeto estava em um local considerado de extrema dificuldade de visualização. O dispositivo quando submetido ao uso da alimentação pela bateria portátil de 10000mAh, permanecendo ligado por 4 dias consecutivos. Considerando que só há necessidade de ligar o protótipo no momento de uma busca de objeto, esse resultado foi considerado aceitável, dada a proposta inicial do projeto.

No vídeo [LIRA 2019a] é possível ver o funcionamento a partir de uma aplicação real a qual este artigo propõe.

6. Considerações Finais

Esta aplicação de detecção pode ser utilizada futuramente para aplicações mais sofisticadas em áreas como a de automação, segurança, entre outras. Um dos exemplos de futuras melhorias é a utilização deste sistema de detecção para destravamento de portas sem a necessidade de uma chave, tudo apenas pelo reconhecimento do usuário que chegou próximo utilizando um dispositivo Bluetooth (BLE) previamente cadastrado.

Referências

- Barón, A., David, J., and Rubio Mesa, M. (2016). Dispositivo anti perda de objetos pessoais. B.S. thesis, Facultad de Ingeniería. Disponível em <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/21445>. Acesso em Junho de 2019.
- Blog da Curto, B. (2018). Conhecendo o esp32. Disponível em <https://www.curtocircuito.com.br/blog/conhecendo-esp32/>. Acesso em Junho de 2019.
- Bowes, p. (2018). O contexto atual: a internet das coisas e a explosão de dados.
- de Souza, D. J. (2005). *Desbravando o PIC: Ampliado e atualizado para PIC16F628A*. Erica. Disponível em <https://www.amazon.com.br/Desbravando-PIC-Ampliado-Atualizado-16f628a/dp/8571948674>. Acesso em Junho de 2019.
- Koyanagi, F. (2018). Rastreamento veicular com esp32 gps sim808 – sem mensalidade. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=RmMTF9-Flaw>. Acesso em Junho de 2019.
- LIRA, F. (2019a). Vídeo aplicação microcontrolador esp32.mp4. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=fuF7ViayCyw>. Acesso em Junho de 2019.
- LIRA, Filipe, J. F. (2019b). Código blescan2. Disponível em https://drive.google.com/file/d/1GG0_VD80lUcdErcfs33cgCfgyxtpK4TB6/view. Acesso em Junho de 2019.
- LUIZA, M. (2019). Instalando esp32 no arduino ide. Disponível em <https://eletroshields.com.br/instalando-esp32-no-arduino-ide/>. Acesso em Junho de 2019.
- Masson, T. J., Miranda, L. F. d., Munhoz Jr, A. H., and Castanheira, A. M. P. (2012). Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (pbl). In *Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), Belém, PA, Brasil*, page 13. sn. Disponível em <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/7/artigos/104325.pdf>. Acesso em Junho de 2019.
- Singh, M., Rajan, M., Shivraj, V., and Balamuralidhar, P. (2015). Secure mqtt for internet of things (iot). In *2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies*, pages 746–751. IEEE. Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7280018/>. Acesso em Junho de 2019.
- Spotlight (2012). spotlight. Disponível em <https://spotlight.unavco.org/>. Acesso em Junho de 2019.
- Thetrackr (2015). thetrackr. Disponível em <https://www.thetrackr.com/>. Acesso em Junho de 2019.
- Wang, Y., Ye, Q., Cheng, J., and Wang, L. (2015). Rssi-based bluetooth indoor localization. In *2015 11th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks (MSN)*, pages 165–171. IEEE. Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7420939/>. Acesso em Junho de 2019.