

Localização em Tempo Real de Pacientes em Ambiente Domiciliar Utilizando Bluetooth Low Energy

Matheus S. Rodrigues¹, Sérgio T. Carvalho¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)

matheus_silva@discente.ufg.br, sergio@inf.ufg.br

Abstract. *One consequence of the increasing elderly population in Brazil and the demand for specific care with this age group is the creation of remote patient monitoring applications. This class of applications has the potential to monitor important patient care information in the home environment, such as physiological data and location. This paper describes the results of a survey conducted to identify existing indoor location methods and presents a mobile application designed to handle user position monitoring and establishment using Bluetooth Low Energy beacons (BLE). The application has been validated in a typical home testing environment to verify its results in near-real scenarios.*

Resumo. *Uma consequência do aumento da população idosa no Brasil e da demanda de cuidados específicos com esse grupo etário é a criação de aplicações de monitoramento remoto de pacientes. Essa classe de aplicações tem o potencial de monitorar informações importantes para o cuidado do paciente em ambiente domiciliar, como seus dados fisiológicos e sua localização. Este artigo descreve os resultados de uma pesquisa conduzida a fim de identificar os métodos de localização interna (indoor) existentes e apresenta uma aplicação móvel criada para lidar com o monitoramento e o estabelecimento da posição do usuário por meio da utilização de beacons Bluetooth Low Energy (BLE). A aplicação foi validada em um ambiente de testes domiciliar típico a fim de verificar seus resultados em cenários próximos aos reais.*

1. Introdução

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população idosa no Brasil (pessoas com 65 anos ou mais) aumentará de 9,52% em 2019 para 19,58% até 2045 [IBGE]. Este crescimento faz com que a demanda pela preservação da saúde e do bem-estar do idoso também aumente. Neste contexto, desenvolver propostas que auxiliem na manutenção e melhora da saúde mental e física deste grupo etário se torna essencial.

Além da emergente necessidade de propor soluções que auxiliem na saúde geral do idoso, a questão dos cuidadores em si, que em sua maioria no Brasil é formada por familiares, e a prevalência de cuidados domiciliares com idosos não podem ser deixadas de lado [Del Duca et al. 2010]. Sendo assim, muitas soluções são propostas neste contexto, dentre estas, as aplicações que possibilitam o monitoramento remoto de pacientes [Trinugroho et al. 2012, Le et al. 2008, Trinugroho et al. 2011, Ribeiro et al. 2018, Nourizadeh et al. 2009] visando facilitar a vida de quem cuida dos idosos assim como

melhorar a qualidade de vida do paciente. Para estas aplicações, ferramentas que possibilitem o monitoramento de dados fisiológicos do paciente, tais como pressão arterial e frequência cardíaca, além da sua localização, são fundamentais.

A localização vem sendo bastante investigada no contexto das aplicações de monitoramento remoto de pacientes domiciliares [Oliveira and Carvalho 2017, Cay et al. 2017, Cho et al. 2015, Dickinson et al. 2016, Memon et al. 2017]. Devido à atenuação e reflexão dos sinais *GPS* (*Global Positioning System*) em ambientes internos (*indoor*), o uso desta ferramenta se torna inviável [Li et al. 2016]. Desse modo, alguns dispositivos têm sido utilizados no sentido de contornar esta situação, como, por exemplo, sensores infravermelhos e de ultrassom, *Bluetooth Low Energy (BLE)*, *RFID* e outros como câmeras e roteadores *Wi-Fi*. Dentre estes dispositivos, o que possui a melhor relação entre precisão e custo é o *BLE* [Cay et al. 2017]. Além disso, a sua bateria de alta duração (meses ou até anos) e a não necessidade de conexão com a rede elétrica o tornam um forte candidato como ferramenta auxiliar para a realização da localização em ambientes internos.

Sistemas de Monitoramento Remoto de Pacientes (SMRP), assim como seus módulos, precisam entregar de forma precisa, confiável e íntegra as informações por eles coletadas. Nesse sentido, uma solução de localização de um SMRP deve atender a tais condições oferecendo precisão quanto à posição do paciente e quanto à comunicação. Uma forma de lidar com isso é a implantação de comunicação em tempo real nos SMRP e seus módulos. O objetivo deste artigo é identificar os métodos de localização interna disponíveis que utilizam *beacons BLE* e apresentar o CareLoc, solução capaz de localizar em tempo real pacientes em ambientes domiciliares.

Este artigo está estruturado em outras 4 seções: a segunda seção que descreve os conceitos necessários para a implementação da solução CareLoc, a terceira seção que descreve como a solução CareLoc funciona, a quarta seção que descreve a validação da solução através de testes empíricos, e por fim, a última seção que apresenta as considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção, dividida em quatro subseções, descreve os principais conceitos utilizados para o desenvolvimento da solução CareLoc. A primeira subseção apresenta o dispositivo *BLE* e como este pode ser utilizado para a localização *indoor*. A segunda descreve o desenvolvimento de uma revisão sistemática que foi conduzida para descobrir o estado da arte de métodos de localização *indoor* utilizando *beacons BLE*. A terceira subseção, por sua vez, aborda o conceito de *Real Time Communication (RTC)* e como a ferramenta *WebRTC*¹ foi utilizada, e, por fim, a quarta seção discute os trabalhos relacionados.

2.1. *Bluetooth Low Energy*

Um *beacon BLE* consiste em um *chipset*, uma bateria e uma antena. Trata-se de um dispositivo de transmissão sem qualquer necessidade de conexão à internet, que emite com periodicidade pacotes *bluetooth* com informações que podem ser usadas pelos receptores em intervalos regulares de tempo [Cay et al. 2017].

¹<https://webrtc.org/>

O seu uso variado permite desde a identificação de produtos para consumidores [Dickinson et al. 2016], até o monitoramento remoto de pacientes em ambientes domiciliares [Oliveira and Carvalho 2017]. Para usar o *beacon BLE* como ferramenta de localização *indoor*, os valores do *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* são utilizados. Estes valores representam a potência do sinal emitido pelo *beacon* e capturado pelo receptor. Quanto mais longe o receptor está do transmissor, mais fraco é este sinal, possibilitando estabelecer uma relação entre a distância e os valores de *RSSI*.

As formas de utilizar esta relação para realizar a localização do usuário são diversas [Dickinson et al. 2016, Hou and Arslan 2017, Mussina and Aubakirov 2018, Kyritsis et al. 2016], e uma delas é utilizando uma equação denominada modelo de perda de trajeto, definida por [Oliveira and Carvalho 2017]:

$$RSSI = -10n \log_{10} d + A + B$$

Nesta equação, “n” representa o expoente de perda de trajeto que depende do ambiente, “d” é a distância entre o transmissor e o receptor, “A” é o valor de *RSSI* a 1 metro de distância, normalmente coletado como referência para a resolução desta fórmula, e “B” é uma variável aleatória normal com zero que caracteriza a atenuação causada por desvanecimento plano [Cho et al. 2015]. Uma vez definida a equação, pode-se simplificá-la e obter a distância entre o transmissor e o receptor em função dos valores de *RSSI*.

$$d(RSSI) = 10^{\frac{(A-RSSI)}{10n}}$$

Outra forma de localizar é coletar os valores de *RSSI* presentes em cada cômodo de um ambiente interno, e, a partir da filtragem dos valores pela força do sinal, identificar a posição do receptor. Este método é mais interessante quando há a necessidade de identificar somente o cômodo do ambiente onde o receptor se encontra [Memon et al. 2017]. A escolha do método de localização deve ser feita, portanto, conforme o objetivo da aplicação.

2.2. Métodos de localização

Para caracterizar e compreender o problema de localização de pacientes em ambientes domiciliares, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de identificar as técnicas, métodos e algoritmos utilizados para realizar a localização utilizando *beacons BLE* [Rodrigues and Carvalho 2019]. Tal revisão foi produzida com base nos métodos propostos por [Keele et al. 2007], o qual sugere a definição de uma questão e de um protocolo de pesquisa, bem como a aplicação do protocolo nas bases de dados selecionadas. Definição de critérios de elegibilidade e análise qualitativa também são realizadas a fim de filtrar os artigos relevantes para a questão de pesquisa.

A base da revisão sistemática é o protocolo, definido a partir da seguinte questão de pesquisa: *Quais são os métodos, técnicas ou algoritmos utilizados para realizar a localização de pacientes em ambientes indoor utilizando beacons BLE ?* A partir desta questão a seguinte *string* de busca foi definida:

("Indoor Positioning"OR "Indoor Localization") AND ("Beacon"OR "Beacons"OR "Bluetooth Low Energy"OR "BLE")

Para a definição desta *string* o modelo PICOC [Keele et al. 2007] foi aplicado na questão de pesquisa. Este modelo divide a questão em 5 grupos principais: *Population*, *Intervention*, *Comparison*, *Outcome*, *Context*. Baseado na divisão da questão nesses grupos, as *keywords* fundamentais para a revisão foram encontradas e a *string* definida.

Esta *string* foi aplicada nas bases IEEE, ACM e Science Direct, resultando no retorno de 395 artigos. A primeira etapa de seleção foi a aplicação dos seguintes critérios de elegibilidade:

1. É artigo científico;
2. É artigo escrito em português ou inglês;
3. É artigo que apresenta uma aplicação ou sistema;
4. É artigo que faz o uso de *BLE*;
5. O artigo trata de localização *indoor*.

Após esta seleção, somente 85 artigos se encaixavam em todos os critérios definidos. A análise qualitativa fez com que 22 dos 85 artigos fossem aceitos para a leitura completa e extração de dados. A Figura 1 mostra como a análise qualitativa foi definida. Este fluxograma foi aplicado a fim de refinar a busca por artigos que possuíam relevância significativa para a questão de pesquisa e que de alguma forma poderiam contribuir para a sua resposta.



Figura 1. Fluxograma de seleção na análise qualitativa.

Com a leitura completa dos 22 artigos, os seguintes resultados foram obtidos [Rodrigues and Carvalho 2019]:

1. os métodos apresentados na literatura podem ser divididos em quatro grupos, sendo eles: Trilateração, Reconhecimento de padrões (RP), Proximidade e Probabilístico (a Figura 2 apresenta a distribuição dos artigos nestas categorias);
2. os métodos utilizam a potência de sinal emitida pelos *beacons BLE* para estabelecer uma relação entre a potência e a distância;
3. os métodos sofrem de um mesmo problema: a falta de precisão quando são aplicados em ambientes dinâmicos, ou seja, ambientes que possuem uma alta taxa de movimentação de pessoas ou objetos.

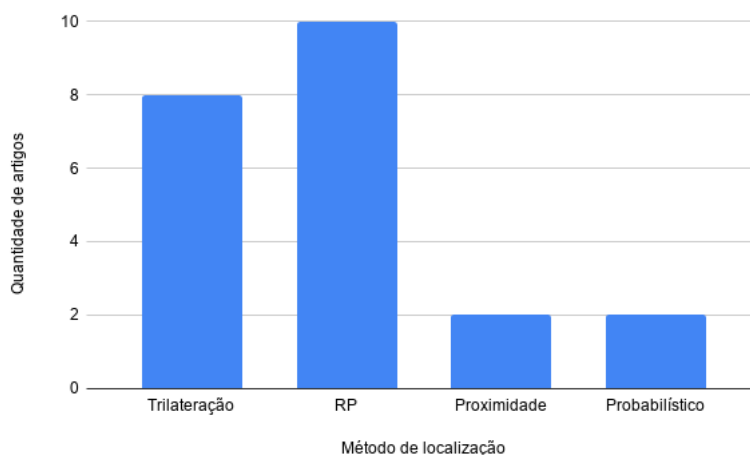


Figura 2. Quantidade de artigos por método de localização.

2.3. Comunicação em tempo real

O conjunto de *API's (Application Programming Interface)* do *WebRTC* é utilizado para realizar a comunicação em tempo real entre dois pares na rede. Esta ferramenta permite, assim como facilita, que aplicações *web* e dispositivos móveis transfiram informações como áudio, imagens e dados em uma conexão *P2P* segura [Sredojev et al. 2015]. Para realizar a transferência dessas informações, o *WebRTC* baseia-se em três *API's* principais [El Jaouhari et al. 2017]:

1. *MediaStream*: lida com a obtenção das informações de E/S de um determinado dispositivo e com a criação do fluxo de mídia;
2. *RTCPeerConnection*: cuida do estabelecimento, manutenção e monitoramento de uma conexão *P2P* entre o dispositivo local e o remoto;
3. *RTCDatachannel*: cria o canal bidirecional de fluxo de dados entre dois dispositivos conectados entre si.

A *API RTCDatachannel* foi utilizada na implementação do CareLoc para compartilhar as informações de localização entre os pares. Para que a conexão possa ser estabelecida é necessária a presença de um servidor de sinalização, responsável por realizar a negociação entre os pares bem como cuidar do processo de configuração, controle e finalização de uma sessão de comunicação. A Figura 3 ilustra a arquitetura do processo de negociação entre dois dispositivos, organizado em 5 passos.

1. O *caller* (aquele que solicita a conexão com o outro par) cria uma oferta no formato *SDP (Session Description Protocol)* e a envia para o servidor. Nesta oferta existem informações como o endereço de seu criador, informações sobre a sessão, quem o *caller* deseja se conectar, etc.
2. O servidor, ao receber a oferta, faz o seu processamento e identifica quem é o *callee* (dispositivo que está sendo chamado). Uma vez identificado, o servidor encaminha a oferta para ele.
3. O *callee*, ao receber a oferta, cria uma resposta *SDP* semelhante à oferta recebida, e a envia para o servidor.
4. O servidor processa a resposta e a encaminha para o *caller*.

5. Uma vez que o *caller* recebe a resposta do *callee*, a conexão se estabelece e ambos podem trocar informações diretamente, sem a necessidade de intermediários.

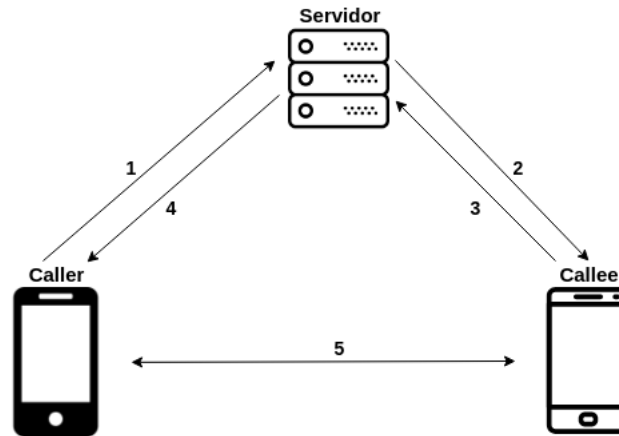


Figura 3. Arquitetura de negociação entre os pares.

Assim que a conexão é estabelecida, o canal de dados pode ser utilizado pela *API RTCDatachannel*, e, a partir dela, a localização compartilhada com o outro par na forma de dados.

2.4. Trabalhos relacionados

A principal inspiração para este artigo foi o sistema apresentado em [Oliveira and Carvalho 2017], que utiliza a técnica de trilateração para realizar a localização. Os trabalhos [Cay et al. 2017, Mussina and Aubakirov 2018, Thaljaoui et al. 2015, Wang et al. 2015, Kuxdorf-Alkirata and Brückmann 2016] também utilizam a técnica de trilateração. Diferentemente, os trabalhos [Li et al. 2016, Filípek and Kovarova 2016, Peng et al. 2016, Tabbakha et al. 2017] implementam a localização por meio da técnica de reconhecimento de padrões e os trabalhos [Hou and Arslan 2017, Kyritsis et al. 2016] aplicam métodos probabilísticos. Por fim, os artigos [Memon et al. 2017, Kyritsis et al. 2016] usam um método baseado em proximidade para a realização da localização. O método utilizado pela solução CareLoc também é um método de proximidade, se assemelhando ao método proposto por [Kyritsis et al. 2016], que divide o ambiente a ser analisado em cômodos, colocando no centro de cada cômodo um *beacon* para representá-lo e assim realizar a localização. Já o trabalho [Memon et al. 2017], além de dividir o ambiente em cômodos, também divide os cômodos em subespaços menores e atribui a cada um destes subespaços um *beacon* que o representa. Após o posicionamento dos *beacons*, é selecionado aquele que possui o maior valor de *RSSI*, sendo este o escolhido para representar a posição do usuário.

3. CareLoc

Esta seção descreve a solução desenvolvida para lidar com a localização *indoor*. Duas aplicações foram desenvolvidas: uma para lidar com a localização e a transmissão destes dados, e outra para o recebimento das informações e o monitoramento.

3.1. Aplicação de Localização

Um aplicativo *Android* foi desenvolvido como aplicação de localização. Este aplicativo foi escrito em Java e está disponível em <https://github.com/matheusntg/careloc>. Antes de realizar a localização, a aplicação necessita realizar a configuração do ambiente em que irá funcionar de acordo com os seguintes passos:

1. Usuário realiza a configuração da casa em que será localizado com informações como nome da casa, quantidade de cômodos, nomes dos cômodos, etc.
2. Aplicação inicia a etapa de configuração de cada cômodo seguindo os seguintes passos:
 - captura por um período de 5 segundos os valores emitidos pelos *beacons BLE* e os coloca em um vetor;
 - filtra estes valores ordenando-os em ordem decrescente pela potência de sinal;
 - obtém o valor de potência de sinal mais alto na lista e a partir dele recupera o objeto *beacon* para então armazená-lo em um *buffer* como o *beacon* de referência para aquele cômodo.
3. Ao final da configuração de todos os cômodos a localização é ativada.

Terminada a configuração, a aplicação cria dois objetos representando a casa, sendo um utilizado para o funcionamento da própria aplicação, e o outro convertido para um objeto *JSON* e enviado para a base de dados do *Firebase*² a fim de criar a persistência dos dados obtidos.

Uma vez que este processo é concluído, a aplicação começa a mostrar ao usuário a sua própria localização. Isto é obtido com a comparação dos valores *RSSI* que estão sendo recebidos pelos *beacons BLE* e os valores de referência definidos pela aplicação no momento da configuração. O fluxograma mostrado na Figura 4 detalha esta operação.

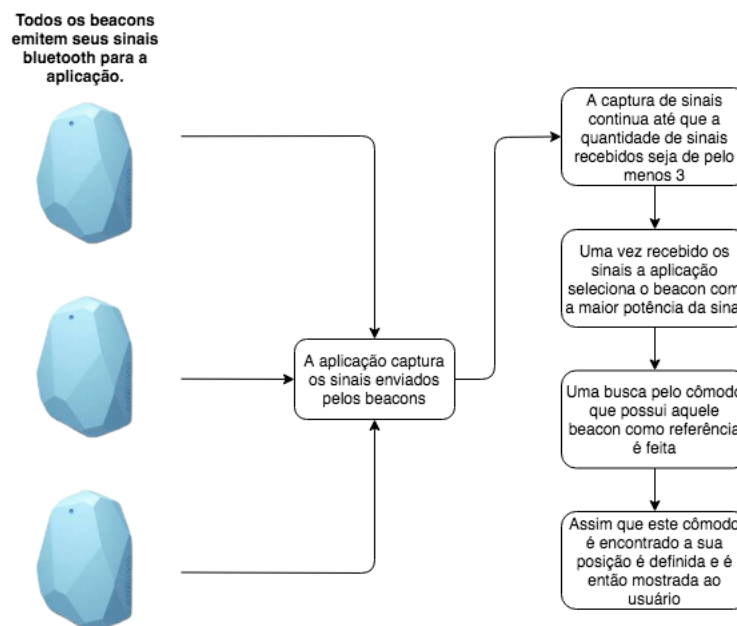


Figura 4. Fluxograma descrevendo o método utilizado para realizar a localização.

²<https://firebase.google.com/>

Este método foi utilizado devido a uma limitação encontrada com os algoritmos que tentam estabelecer a posição exata de um usuário em um sistema de coordenadas. O problema ocorre devido o desvio que é gerado nos valores *RSSI* em ambientes dinâmicos. Diante disso, a precisão da localização da aplicação foi diminuída de um ponto em um sistema de coordenadas para um cômodo em um ambiente com vários deles.

3.2. Aplicação de Monitoramento

A aplicação de monitoramento tem como objetivo informar aos interessados no cuidado, a localização em tempo real de um paciente que deseje ser monitorado. Da mesma forma que a aplicação de localização, esta também foi desenvolvida para a plataforma *Android*, escrita em Java e disponível em <https://github.com/matheusntg/careloc-rtc>. Para realizar este monitoramento só é necessário fornecer um nome de usuário e o nome do paciente que deseja localizar. Assim que estes dados são fornecidos, são enviados ao servidor de sinalização que encaminha as mensagens e realiza a conexão entre os dois pares. Quando a conexão é estabelecida entre os pares, as mensagens (objetos *JSON* informando a localização) são enviadas em tempo real da aplicação de localização para a de monitoramento.

3.3. Servidor de sinalização

O servidor de sinalização tem como objetivo estabelecer a conexão em tempo real entre os pares na rede. Para alcançar tal objetivo um servidor foi escrito em Node.js e está disponível em <https://github.com/matheusntg/Signaling-Server>. O servidor se comunica diretamente com a aplicação de localização e a de monitoramento e possui o seguinte funcionamento.

1. Uma conexão é feita com o servidor assim que a aplicação de monitoramento ou de localização é inicializada.
2. Quando qualquer conexão é feita ao servidor, um objeto representando aquela conexão é criado e colocado na lista de *peers* ativos.
3. A aplicação de monitoramento envia uma oferta ao servidor assim que ela deseja se conectar a um paciente.
4. O servidor identifica se este paciente está na lista de *peers* ativos e, caso esteja, encaminha a mensagem para ele.
5. Uma vez que a aplicação de localização recebe a oferta, uma tela de confirmação para estabelecer a conexão é ativada. Caso o usuário confirme esta conexão, uma resposta é então gerada e enviada para o servidor.
6. O servidor ao receber a resposta a encaminha para a aplicação de monitoramento que realizou a oferta.
7. Assim que a aplicação de monitoramento recebe a resposta, a conexão em tempo real entre os pares é estabelecida.

4. Ambiente de testes

A Figura 5 apresenta o ambiente utilizado para a realização de testes da solução CareLoc, assim como a distribuição dos *beacons BLE*.

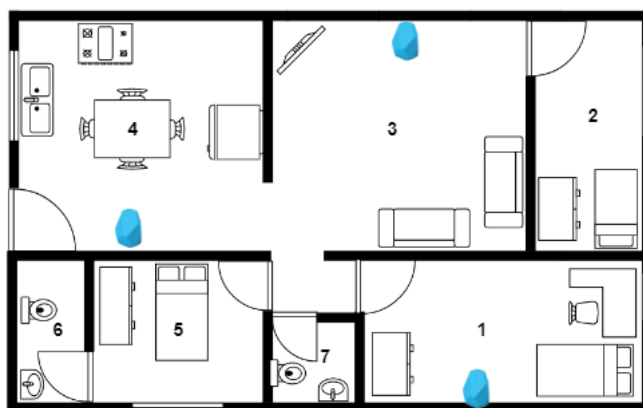


Figura 5. Planta baixa do ambiente de testes utilizado.

Somente os cômodos 1, 3 e 4, respectivamente, sala, quarto e cozinha, abrigam *beacons* BLE (em azul). Os testes foram realizados utilizando a aplicação de localização para configurar o ambiente e mensurar a posição que a aplicação identificava quando o usuário se posicionava no centro de cada cômodo da casa. Os resultados obtidos são mostrados Tabela 1.

Posição real do usuário	Posição identificada pelo aplicativo
1	Quarto
2	Quarto
3	Sala
4	Cozinha
5	Cozinha
6	Cozinha
7	Cozinha

Tabela 1. Resultados obtidos pela aplicação

Nota-se que a aplicação sempre identifica a posição correta do usuário quando o mesmo se encontra em um cômodo com o *beacon*. Quando o usuário se movimenta para um cômodo sem o *beacon*, a aplicação tende a identificar o cômodo com o sinal de potência mais forte, ou, em outras palavras, o cômodo que possui um *beacon* de referência mais próximo da posição atual do usuário.

As falhas geradas pela aplicação na identificação da posição do usuário ocorrem pelo fato de um *beacon* estar diretamente associado a um cômodo e pela possibilidade dos sinais *RSSI* passarem por obstáculos, como, por exemplo, paredes. Isso produz a identificação de posições falsas como as mostradas na Tabela 1, pois, ao ser posicionado em um cômodo que não possui um *beacon* mapeando aquele espaço, a aplicação identifica os sinais que estão ao alcance dela e filtra o sinal com a maior potência, que normalmente em condições estáveis é o sinal do *beacon* que mapeia para o cômodo mais próximo em que o dispositivo móvel com o usuário se encontra.

Uma possível forma de lidar com essa limitação é a aplicação de *beacons* de referência em todos os ambientes da casa, possibilitando uma precisão de aproxima-

damente 100% pela aplicação, pois, como mostra a Tabela 1, se reduzirmos o ambiente de testes para uma casa somente com os cômodos 1,3 e 4 e associarmos um *beacon* a cada um desses espaços, uma precisão de 100% será alcançada. Outra forma seria a aplicação de um método diferente, como, por exemplo, o da trilateração, utilizando somente três *beacons* para mapear todos os pontos do ambiente que estejam ao alcance dos sensores. Uma limitação dessa alternativa, como mostrado por vários estudos [Oliveira and Carvalho 2017, Ndzukula et al. 2017, Hou and Arslan 2017, Mussina and Aubakirov 2018], está na precisão da localização obtida na ordem de metros, interessante para aplicações *indoor* caracterizadas por grandes espaços, como, por exemplo, *shoppings*, eventos abertos, aeroportos e estações de trem, mas que não atendem de forma satisfatória ambientes domiciliares, por necessitarem de uma precisão maior para identificar de forma clara o espaço da casa em que o usuário se encontra.

5. Conclusão

Esse artigo apresentou uma solução para o problema de localização *indoor* no monitoramento remoto de pacientes utilizando *BLE* e *Real Time Communication* com *WebRTC*. Como parte da pesquisa, uma revisão sistemática foi conduzida [Rodrigues and Carvalho 2019] a fim de entender como se encontra o estado da arte dos métodos de localização *indoor* utilizando *BLE*, e a partir desta revisão um método de localização foi escolhido para criar a aplicação da solução com base no objetivo da pesquisa.

Durante a condução da pesquisa, notou-se que localizar um usuário em um ambiente dinâmico mantendo a estabilidade da precisão é um problema que não está bem resolvido no meio acadêmico-científico [Rodrigues and Carvalho 2019].

Diante dessa questão, a nossa solução foi projetada para obter uma precisão local, isto é, conseguir identificar o cômodo onde o usuário se encontra. A aplicação consegue sempre localizar o usuário quando o mesmo se encontra em um cômodo do ambiente com um *beacon* de referência, no entanto, quando o usuário se posiciona em um cômodo sem este *beacon*, a aplicação tende a localizar o cômodo mais próximo que possua esta referência. Uma forma de lidar com esta limitação é aplicar *beacons* de referência em todos os cômodos de um ambiente a ser monitorado.

Para trabalhos futuros, a criação de uma aplicação capaz de identificar um usuário como um ponto em um sistema de coordenadas, aumentando assim a precisão, seria essencial. Além disso, o aplicativo criado para o monitoramento, bem como o de localização, é capaz de estabelecer somente uma conexão *P2P* de 1:1, isto é, um usuário consegue compartilhar sua localização somente com um interessado no cuidado. Em ambientes reais, a presença de um sistema capaz de lidar com conexões *RTC* n:n, ou seja, onde várias pessoas conseguem compartilhar suas localizações com vários interessados é indispensável.

Referências

- Cay, E., Mert, Y., Bahcetepe, A., Akyazi, B. K., and Ogrenci, A. S. (2017). Beacons for indoor positioning. In *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*, pages 1–5. IEEE.
- Cho, H., Ji, J., Chen, Z., Park, H., and Lee, W. (2015). Measuring a distance between things with improved accuracy. volume 52, pages 1083–1088. Elsevier.

- Del Duca, G. F., Thumé, E., and Hallal, P. C. (2010). Prevalência e fatores associados ao cuidado domiciliar a idosos. volume 45, pages 113–120. SciELO Public Health.
- Dickinson, P., Cielniak, G., Szymanczyk, O., and Mannion, M. (2016). Indoor positioning of shoppers using a network of bluetooth low energy beacons. In *2016 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, pages 1–8. IEEE.
- El Jaouhari, S., Bouabdallah, A., Bonnin, J.-M., and Lemlouma, T. (2017). Toward a smart health-care architecture using webrtc and wot. In *World Conference on Information Systems and Technologies*, pages 531–540. Springer.
- Filípek, P. and Kovarova, A. (2016). Indoor localization based on beacons and calculated by particle filter. In *Proceedings of the 17th International Conference on Computer Systems and Technologies 2016, CompSysTech '16*, pages 269–276, New York, NY, USA. ACM.
- Hou, X. and Arslan, T. (2017). Monte carlo localization algorithm for indoor positioning using bluetooth low energy devices. In *2017 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)*, pages 1–6. IEEE.
- IBGE. Projeção da população do brasil e das unidades da federação. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acessado em: 25 jun. 2019.
- Keele, S. et al. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE.
- Kuxdorf-Alkirata, N. and Brückmann, D. (2016). Reliable and low-cost indoor localization based on bluetooth low energy. In *2016 3rd International Symposium on Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS)*, pages 92–96. IEEE.
- Kyritsis, A. I., Kostopoulos, P., Deriaz, M., and Konstantas, D. (2016). A ble-based probabilistic room-level localization method. In *2016 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)*, pages 1–6. IEEE.
- Le, X. H. B., Di Mascolo, M., Gouin, A., and Noury, N. (2008). Health smart home for elders-a tool for automatic recognition of activities of daily living. In *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pages 3316–3319. IEEE.
- Li, X., Xu, D., Wang, X., and Muhammad, R. (2016). Design and implementation of indoor positioning system based on ibeacon. In *2016 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP)*, pages 126–130. IEEE.
- Memon, S., Memon, M. M., Shaikh, F. K., and Laghari, S. (2017). Smart indoor positioning using ble technology. In *2017 4th IEEE International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, pages 1–5. IEEE.
- Mussina, A. and Aubakirov, S. (2018). Rssi based bluetooth low energy indoor positioning. In *2018 IEEE 12th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, pages 1–4. IEEE.

- Ndzukula, S., Ramotsoela, T., Silva, B., and Hancke, G. P. (2017). A bluetooth low energy based system for personnel tracking. In *IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pages 8435–8440. IEEE.
- Nourizadeh, S., Deroussent, C., Song, Y.-Q., and Thomesse, J.-P. (2009). A Distributed Elderly healthcare System. In *MobiHealth 2009*, Porto, Portugal.
- Oliveira, A. P. and Carvalho, S. (2017). Localização usando beacons em ambientes internos para monitoramento remoto de pacientes. In *Anais V Escola Regional de Informática de Goiás*, pages 160–173.
- Peng, Y., Fan, W., Dong, X., and Zhang, X. (2016). An iterative weighted knn (iw-knn) based indoor localization method in bluetooth low energy (ble) environment. In *2016 Intl IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress (UIC/ATC/ScalCom/CBDCCom/IoP/SmartWorld)*, pages 794–800. IEEE.
- Ribeiro, H. A., Germano, E., Carvalho, S. T., and Albuquerque, E. S. (2018). Integrating social networks and remote patient monitoring systems to disseminate notifications. In *MEDINFO 2017: Precision Healthcare Through Informatics: Proceedings of the 16th World Congress on Medical and Health Informatics*, volume 245, page 198. IOS Press.
- Rodrigues, M. S. and Carvalho, S. T. (2019). Sistemas de localização indoor utilizando bluetooth low energy: Uma revisão sistemática. In *Simpósio Brasileiro de sistemas de informação, WICSI - Workshop de Iniciação Científica em Sistemas de Informação*, pages 5 – 8.
- Sredojevic, B., Samardzija, D., and Posarac, D. (2015). Webrtc technology overview and signaling solution design and implementation. In *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pages 1006–1009. IEEE.
- Tabbakha, N. E., Tan, W.-H., and Ooi, C.-P. (2017). Indoor location and motion tracking system for elderly assisted living home. In *2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)*, pages 1–4. IEEE.
- Thaljaoui, A., Val, T., Nasri, N., and Brulin, D. (2015). Ble localization using rssi measurements and irlingla. In *2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, pages 2178–2183. IEEE.
- Trinugroho, Y. B. D., Reichert, F., and Fensli, R. (2012). ehealth smart home environment service platform-enabling remote monitoring and service composition through social media. In *International Conference on Health Informatics*, volume 2, pages 434–438. SCITEPRESS.
- Trinugroho, Y. B. D., Reichert, F., and Fensli, R. W. (2011). A soa-based health service platform in smart home environment. In *2011 IEEE 13th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*, pages 201–204. IEEE.
- 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.