

Uma solução de confirmação para autenticação em ambientes ubíquos baseada na localização do usuário

Luis A. Silva¹, Douglas A. dos Santos¹, Rudimar L. S. Dazzi²,
Valderi R. Q. Leithardt¹

Laboratório de Sistemas Embarcados e Distribuídos – LEDS¹

Laboratório de Inteligência Aplicada – LIA²

Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)

Caixa Postal 360 – CEP 88302-901 – Itajaí – SC – Brasil

{luis.silva, douglasas}@edu.univali.br, {rudimar, valderi}@univali.br

Abstract. *In ubiquitous environments, intelligent objects are interconnected and being part of our everyday life. The smart objects tend to increase with the Internet of Things. However, the adaptation of the environment to the user profile and its characteristics has in turn the need to determine its positioning accuracy. This work proposal a authentication and verification of the location and confirmation of the user in the environment. We also present comparisons between technologies such as Wi-Fi, GPS and Bluetooth to confirm location in ubiquitous environments. Experiments and results show a gain from the use of Bluetooth Low Energy (BLE) technology, derived from Bluetooth, normally used for indoor environments.*

Resumo. *Em ambientes ubíquos, objetos inteligentes estão interligados de tal forma a fazer parte do dia-a-dia. Tais objetos inteligentes tendem a aumentar com a Internet das Coisas. No entanto, a adaptação do ambiente ao perfil do usuário e suas características tem por sua vez a necessidade de determinar sua localização com precisão. Desta forma, este trabalho apresenta uma proposta de autenticação e verificação da localização e confirmação do usuário no ambiente. Também apresentamos comparações entre tecnologias como Wi-Fi, GPS e Bluetooth para confirmação da localização em ambientes ubíquos. Experimentos e resultados obtidos demonstram ganho com uso da tecnologia Bluetooth Low Energy (BLE), advinda do Bluetooth, utilizada normalmente para ambientes internos.*

1. Introdução

Os ambientes ubíquos em conjunto com implementações relacionadas ao conceito de Internet das Coisas estão cada vez mais presentes no cotidiano [González-Jaramillo, 2016]. Tais características podem ser relacionadas diretamente ao gerenciamento de perfis de usuário. Estes perfis e dados são utilizados como entrada no intuito de estimular reações e alterações nas condições atuais do usuário, além do ambiente no qual esta inserido o dispositivo utilizado, sendo considerado também o hardware, software, e a adaptação entre eles.

Segundo Wei e Chan (2011), criar regras para tratar adaptações gera uma carga de trabalho muito grande para os desenvolvedores, os quais sentem dificuldades em abordar todas as possibilidades em ambientes altamente dinâmicos. Portanto, é necessário controlar entre outras premissas, a proximidade dos sensores em tempo de execução,

priorizando a localização do usuário, conforme Leithardt et al. (2016). No que diz respeito aos sistemas que utilizam somente o GPS como base para obter a localização do usuário, esses não garantem total precisão em ambientes indoor. Para tanto, foi desenvolvido um modelo de autenticação para ambientes ubíquos com base na localização, visando aumentar a precisão e confiabilidade dos dados obtidos. Contudo, é um desafio obter a localização exata do usuário em ambientes indoor. Em alternativa, existem tecnologias com potencial disponíveis para posicionamento em ambientes internos, sendo que algumas técnicas de localização utilizadas se baseiam em medir a intensidade do sinal recebido. Uma tecnologia candidata é a recente introdução do Bluetooth 4.0, conhecido comercialmente como BLE [Bluetooth, 2010]. O BLE foi desenvolvido para a comunicação entre dispositivos implementados para Internet das Coisas [Faragher e Harle, 2015].

Normalmente um dispositivo BLE é pequeno e comercialmente é conhecido como uma etiqueta, em função do seu formato. Todavia nenhuma das tecnologias possibilita uma completa solução, cada uma com suas vantagens e desvantagens. O método baseado no exemplo faz uso de um sofisticado modelo de geometria para estimar a localização de dispositivos, enquanto o método baseado em impressões digitais, explora técnicas de mineração de dados para recuperar locais a partir de uma série de dados históricos [He e Chan, 2016]. Com base na literatura pesquisada e no modelo proposto, organizamos este trabalho para um melhor entendimento nas seguintes seções: Seção 1 a Introdução, na sequência, a seção 2 apresenta os trabalhos relacionados com uma tabela comparativa entre a solução proposta e os trabalhos pesquisados. A seção 3 apresenta o modelo proposto e a descrição do protótipo desenvolvido. Na seção 4 são apresentados os testes realizados e resultados preliminares. E por fim, apresentamos as conclusões e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

As técnicas tradicionais de autenticação em ambientes requerem esforços adicionais dos usuários, como por exemplo a utilização de senhas para liberação de acesso. Tal forma, exige abordagens alternativas de autenticação ou ainda aprimoramento de métodos tradicionais. O trabalho de Nunes (2013) proporciona um estudo em relação a tecnologia *Near Field Communication* (NFC), tecnologia esta que ganhou atenção após ser aplicada por fabricantes de smartphones para ser utilizado como provedor de pagamentos, sendo assim, uma alternativa ao uso de cartões magnéticos, o qual efetuam a transação apenas com a aproximação do *smartphone* sobre o dispositivo do estabelecimento.

No trabalho de Liu et al. (2014) foi desenvolvida uma técnica de estimativa de proximidade utilizando a indicação da intensidade do sinal recebido - *Received Signal Strength Indication* (RSSI), definido por uma medida relativa da força da energia de um sinal de rádio utilizando a tecnologia BLE. Foi utilizado como base para realização da classificação empírica para diferentes tipos de distâncias. Sendo a principal contribuição do trabalho, medir a proximidade entre dois dispositivos de usuários distintos, a ponto de revelar se os dois usuários estão próximos uns dos outros ou não. Outros trabalhos demonstram o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis para interagir com sensores, por exemplo Diaz (2010) e Hansen et al. (2013). Já Faragher e Harle (2015) realizam estudos em ambientes com uma alta densidade de dispositivos BLE e demonstram sua comparação com o Wi-Fi. O estudo de Hansen et al. (2013) é fundamentado em uma aplicação para dispositivos móveis demonstrando uma

triangulação da intensidade do sinal do Wi-Fi, indicando a posição atual do dispositivo em uma planta baixa referente ao local. O trabalho de Ashibani et al. (2017) contribuição relacionada à ciência de contexto, utilizando a localização por meio de Bluetooth, perfil de usuário, calendários, entre outros, para o gerenciamento de uma *smarthouse*. Com base na literatura pesquisada apresentamos a tabela 1 que relaciona os trabalhos pesquisados, comparando as tecnologias utilizadas. Desta maneira é descrita uma comparação dos trabalhos relacionados em relação ao modelo proposto, destacando o fato de este trabalho utilizar mais de uma tecnologia. Os trabalhos relacionados destacam o fato das tecnologias voltadas para navegação e posicionamento em ambientes internos ou externos, possuírem contribuições de pesquisa a serem desenvolvidas.

Tabela 1. Comparação trabalhos relacionados x Solução proposta.

| | GPS | Wi-Fi | NFC | Bluetooth | RFID |
|-------------------------|-----|-------|-----|-----------|------|
| [Diaz 2010] | | | | X | |
| [Nunes 2013] | | | X | | |
| [Hansen et al. 2013] | | X | | | |
| [Liu et al. 2014] | | | | X | |
| [Faragher e Harle 2015] | | | | X | |
| [Leithardt et al. 2016] | | | | | X |
| [Ashibani et al. 2017] | | | | X | |
| Modelo proposto | X | | | X | |

3. Desenvolvimento

A utilização de um mecanismo de confirmação de autenticação em ambientes deve atender as características do cenário apresentado. Para efetuar todos os processos necessários, este modelo é composto por uma aplicação cliente, disponibilizada no dispositivo do usuário, bem como, um módulo de *middleware* aplicado ao UbiPri [Leithardt et al. 2016] para gerenciamento de dados e requisições. O middleware retorna os dados referentes ao ambiente, como o polígono geométrico com as coordenadas referente ao local, nome, identificador e nível de acesso. Este trabalho não aborda assuntos relacionados a segurança do ambiente, apenas prioriza a identificação do local.

Ao aproximar-se do ambiente juntamente com o dispositivo móvel do usuário, estando o serviço de localização habilitado, faz-se uma varredura, a fim de procurar se naquele ambiente existe algum sensor BLE. Caso encontre um ou mais sensores é feito então uma requisição a aplicação servidor conforme o esquema da Figura 1. O servidor responde com os dados do ambiente em que o dispositivo se encontra, retornando informações referentes ao sensor Bluetooth, como o *Universal Unique Identifier* (UUID). O usuário deve ter instalado em seu dispositivo a aplicação cliente, não sendo necessário estar sempre em primeiro plano, sendo possível operar em modo *background*, juntamente com seu Bluetooth habilitado.

A Figura 1 ilustra o modelo proposto, incluindo detalhes de quais parâmetros serão coletados e retornados. Entre eles estão os valores incluídos e disponibilizados pelo sensor Bluetooth como o UUID, *Major e Minor*. A combinação destes parâmetros quando enviado ao servidor faz com que se identifique qual sensor está mais próximo e qual ambiente o usuário está localizado. A aplicação cliente desenvolvida manteve como preocupação disponibilizar funcionalidades tanto para a plataforma *Android* como para a plataforma *iOS*, contribuindo assim com a fase de testes em diferentes plataformas.

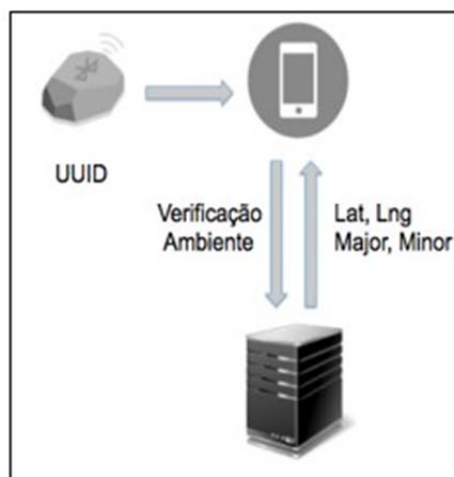


Figura 1. Modelo proposto.

A partir da inicialização da aplicação, é feito então a varredura através do Bluetooth, seguindo intervalos de 10 segundos. Tal intervalo foi configurado a fim de obter melhor economia de bateria do dispositivo utilizado. A varredura em questão, tem por finalidade explorar o ambiente em busca de sensores, identificando principalmente a intensidade de sinal de cada sensor, quando encontrado. Este valor é utilizado para calcular a distância em relação ao sensor. O cálculo utilizado para obter a distância é apresentado na seção 4.

A primeira versão da aplicação apresenta basicamente o valor do identificador único (UUID), o cálculo da distância em metros, o ambiente ao qual o sensor pertence, a intensidade do sinal (RSSI) além do campo *Major*, utilizado para mapear um *beacon* dentro de um grupo de *beacons* e o campo *Minor*, utilizado para demarcar as diferenças dentro de um determinado grupo de *beacons*. Assim quando a aplicação requisitar ao servidor, terá a localização como retorno, e a qual ambiente aquele sensor pertence, conforme a Figura 2.

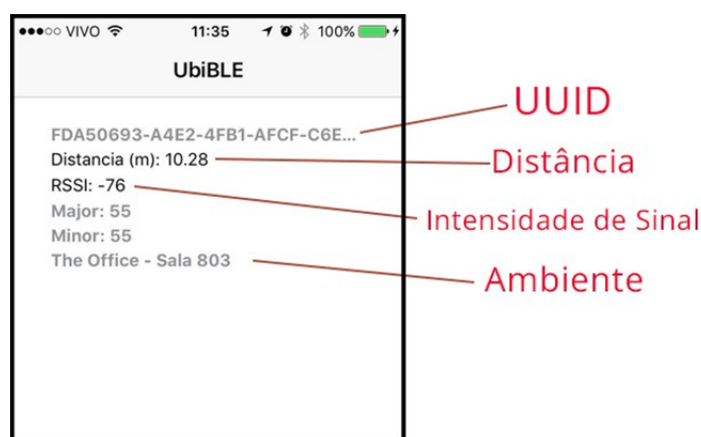


Figura 2. Aplicação desenvolvida para testes.

Um dispositivo BLE opera na mesma frequência de redes sem fio, 2.4GHz e tem como principal característica o baixo consumo de energia. Sua distância máxima de alcance é de até 30 metros, com uma precisão de 1 metro. Além de o dispositivo contar com um identificador único de 16 bytes, conta com duas informações nomeadas de *major number* e *minor number*, com capacidade de 2 bytes cada, podendo ser customizado

manualmente com qualquer número dentro de sua capacidade. Por conta de não haver necessidade de fios, pode ser facilmente aplicado em diversos locais ou objetos. De acordo com Zhao e Xiao (2014) ao conduzir uma extensa pesquisa em ambientes indoor e comparar a tecnologia BLE com o método de obter a posição via Wi-Fi, constatou-se uma precisão de 27% a mais do que quando utilizado BLE. A Tabela 2 apresenta um comparativo entre as tecnologias, elencando precisão, custo e consumo de energia. Este último deve-se ter atenção, por se tratar de uma pesquisa abordando o uso de dispositivos dependentes de bateria.

Tabela 2. Comparação entre tecnologia e a precisão. Adaptado de Liu et al. (2014)

| Tecnologia | Precisão (m) | Custo (HW) | Cobertura | Consumo de energia |
|------------|--------------|------------|----------------|--------------------|
| Wi-Fi | 3 a 30 | Alto | Alta (Indoor) | Alto |
| GPS | 5 a 50 | Alto | Alta (Outdoor) | Alto |
| BLE | 1 a 4 | Médio | Alta | Médio |

A medição da distância do dispositivo até o sensor BLE é feita a partir de um método implementado por Kotanen et al. (2003) e referenciado por Liu et al. (2014), onde é aplicada uma fórmula para obter-se a distância real em metros a partir da intensidade do sinal capturado, obtido pela antena do Bluetooth presente no dispositivo do usuário. Abaixo a representação desta fórmula.

$$RSSI = P_{\&} + G_{\&} + G_{+} + \left(\frac{c}{4\pi f} \right) - 10n \log(d)$$

$$20 \log$$

$$= P_{\&} + G - 40.2 - 10n \log(d)$$

$$[(\quad)]$$

$$distancia = 10^{\frac{C_{DEFGH.IF+JJKLM}}{OHP}}$$

Figura 3. Distância baseado no RSSI. Fonte: Adaptado de Kotanen et al. (2003).

A fórmula representada na figura 3 demonstra a obtenção da intensidade do sinal – RSSI, onde G_{tx} e G_{rx} são o ganho da antena e G a soma entre eles, sendo c a velocidade da luz ($3.0 \cdot 10^8$ m/s), f a frequência operacional do Bluetooth 2.4GHz e n o fator de atenuação. Assim, derivando a fórmula poderá ser obtida a distância.

4. Testes e Resultados preliminares

Para fazer a validação do modelo proposto utilizando o BLE como sistema de posicionamento, há alguns pontos a serem considerados, como o algoritmo de transformação de intensidade do sinal em distância, a taxa de transmissão, orientação da antena bem como o local onde são feitos os testes, além da quantidade de dispositivos testados.

Os testes foram realizados em um apartamento com aproximadamente 90m² em um dia normal, com diversos aparelhos eletrônicos distribuídos pelo ambiente, como um roteador Wi-Fi e um telefone sem fio, ambos utilizando a frequência 2.4GHz. A figura 4 representa o ambiente, situando a localização dos sensores Bluetooth e do ponto de acesso Wi-Fi. Os sensores BLE foram colocados a uma altura média de 1,70m, a fim de garantir um campo aberto na vertical, entre o dispositivo emissor até o receptor do sinal.

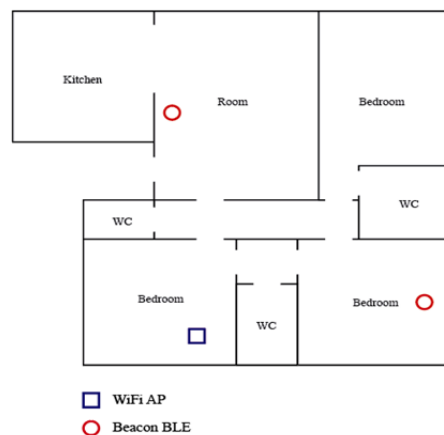


Figura 4. Ambiente para testes, localização dos sensores BLE e acesso WiFi.

Durante os testes foram utilizados dois smartphones de diferentes arquiteturas. Um modelo iPhone 5S com sistema operacional *iOS* e outro modelo Motorola X Play com sistema operacional *Android*. Foram utilizados dois *beacons* BLE *April Brother* embarcados com *system-on-chip* (SoC) CC2450, com distância máxima de 30 metros de operação. O algoritmo fundamenta-se em valores de intensidade de sinal RSSI, sendo assim é importante considerar que estes valores não são constantes, devido ao modo de operação do dispositivo BLE. Este modo conta com 40 canais distintos, cada um com 2 MHz de espaçamento [Hansen et al. 2013].

Os canais estão divididos em dois tipos: *advertising channels* e *data channels*, sendo que os canais de *advertising* ou canais de propaganda são apenas 3 dos 40, deixando os outros 37 apenas para dados. Estes canais normalmente são utilizados para descobrir novos dispositivos, como um celular, e ainda estabelecer uma conexão. Por operar na frequência de 2.4GHz, a mesma utilizada para o WiFi, os dispositivos utilizam a técnica de *Adaptive Frequency Hopping (AFH)*. Este processo faz com que o mapa de frequências disponíveis seja readaptado, fazendo com que os dispositivos não utilizem as frequências já ocupadas. Os testes realizados a fim de obter a precisão em diferentes distâncias em relação ao ambiente foram executados sequencialmente 12 vezes em um período de 24 horas, sendo repetido no dia seguinte o mesmo número de vezes, respeitando sempre as mesmas posições conforme demonstrado na figura 5.

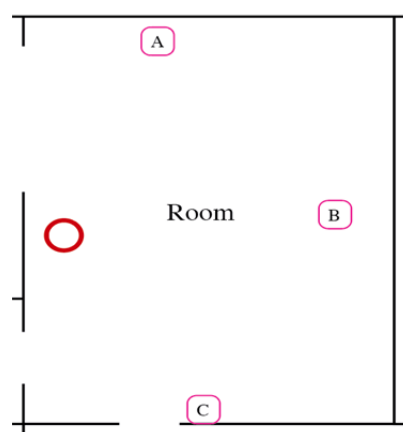


Figura 5. Teste realizado em 3 pontos distintos do ambiente 1.

A Tabela 3 organiza os dados coletados e os resultados dos pontos A, B e C, conendo duas colunas de distâncias, onde o valor da coluna distância 1 foi obtido a partir do modelo demonstrado na Seção 4.3 do artigo, e a distância 2 foi obtida através da aplicação de referência disponibilizada pelo fabricante do sensor BLE.

Tabela 3. Testes realizados no ambiente.

| Ponto | Distância 1 (metros) | Distância 2 (metros) | Intensidade de Sinal (dBm) |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| A | 3,2 | 4,5 | -67 |
| B | 4,49 | 5,2 | -71 |
| C | 5,60 | 6,5 | -74 |

Um conjunto de testes foi realizado utilizando diferentes medidas entre o *smartphone* e o sensor Bluetooth. Com o dispositivo situado em alternadas posições, dentro de cada uma (para cada distância selecionada) aproximadamente 50 medições foram realizadas. A partir destes 50 valores obtidos, foi adquirida uma média dos valores para representar o valor RSSI. Na Tabela 4, é demonstrada cada distância na seguinte sequencia (1m, 2m, 3m, 4m, 5m, 7.5m, 10m, 15m e 20m). Nota-se que a dispersão é bastante alta. Para esse efeito, calculamos o valor médio do RSSI em dBm e o desvio padrão "(1)" para cada distância aferida, utilizando fórmulas padrão.

Tabela 4. Média de RSSI em relação a distância fixa e desvio padrão

| Distância | 1m | 2m | 3m | 4m | 5m | 7.5m | 10m | 15m |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| RSSI (dBm) | -58 | -70 | -70.75 | -74.08 | -76 | -82.89 | -85.92 | -90.15 |
| Desvio padrão | 0.894 | 2.357 | 2.220 | 0.996 | 3.464 | 2.201 | 1.754 | 1.402 |

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Os testes realizados neste trabalho confirmaram a possibilidade de utilizar um sensor Bluetooth unido ao GPS para verificar a presença do usuário no ambiente. No entanto, ainda há algumas divergências no sentido de verificar a precisão da posição, sendo necessário a utilização de mais dispositivos em um mesmo ambiente, podendo assim, aferir as distâncias com maior exatidão.

O uso de sensores Bluetooth possibilitou tratar automaticamente a presença de um usuário no ambiente, unindo assim a outros trabalhos na linha de pesquisa, havendo a possibilidade de adaptar o ambiente baseando-se no perfil do usuário, além de tratar envio de alertas e notificações personalizados. Em trabalhos futuros, pretende-se expandir os testes realizados, implantando o sistema de posicionamento BLE em um ambiente universitário contemplando salas de aula, laboratórios, entre outros. Identificar entradas e saídas de alunos em grande quantidade e locais diversos, além de acessos a recursos, auxiliando no gerenciamento do perfil individual. Para tanto, novos algoritmos, testes e resultados deverão ser implementados.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa, possibilitando assim a realização do trabalho e os resultados preliminares obtidos. Assim como agradecem ao Laboratório de Sistemas Embarcados e Distribuídos (LEDS) - UNIVALI pelo apoio a pesquisa.

Referências

- Ashibani, Yosef, et al. "A context-aware authentication framework for smart homes." Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2017 IEEE 30th Canadian Conference on. IEEE, 2017.
- Bluetooth, S. I. G. "Bluetooth core specification version 4.0." Specification of the Bluetooth System (2010).
- Diaz, Javier JM, et al. "Bluepass: An indoor bluetooth-based localization system for mobile applications." Computers and Communications (ISCC), 2010 IEEE Symposium on. IEEE, 2010.
- Faragher, Ramsey and Robert Harle. "Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons." IEEE journal on Selected Areas in Communications 33.11 (2015)
- Kotanen, Antti, et al. "Experiments on local positioning with Bluetooth." Information Technology: Coding and Computing [Computers and Communications], 2003. Proceedings. ITCC 2003. International Conference on. IEEE, 2003.
- Leithardt, V.R.Q. et al. "The classification of algorithms for Privacy Management in Ubiquitous Environments". XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC). 8º SBCUP - Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva, 2016.
- Nunes, Bruno Romeu et al. An automation system for ubiquitous computing. 2013. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- S. He; S. H. G. Chan, "Wi-Fi Fingerprint-Based Indoor Positioning: Recent Advances and Comparisons", IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 1, pp. 466-490, Firstquarter 2016
- R. Hansen, et al. "SmartCampusAAU -- An Open Platform Enabling Indoor Positioning and Navigation". IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management, Milan, 2013, pp. 33-38.
- V. H. González-Jaramillo, "Tutorial: Internet of Things and the upcoming wireless sensor networks related with the use of big data in mapping services; issues of smart cities 2016" Third International Conference on e Democracy & eGovernment (ICEDEG), Sangolqui, 2016, pp. 5-6.
- Wei, Edwin JY et al. "CAMPUS: A middleware for automated context-aware adaptation decision making at run time". Pervasive and Mobile Computing, 2011.
- Xiaojie Zhao, Zhuoling Xiao, "Does BTLE measure up against WiFi? A comparison of indoor location performance". European Wireless (2014)