

PRISER - Utilização de BLE para localização e notificação com base na privacidade de dados.

Luís Augusto Silva¹, Valderi R. Q. Leithardt^{1,3}, Rudimar S. Dazzi², Jorge Sá Silva³

¹ Laboratório de Sistemas Embarcados e Distribuídos - LEDS

²Laboratório de Inteligência Aplicada – LIA
Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)
Caixa Postal 360 – CEP 88302-202 – Itajaí – SC – Brasil

³Departamento de Engenharia de Informática
Universidade de Coimbra - Coimbra – 3000-370 – Portugal

luis.silva@edu.univali.br, sasilva@dei.uc.pt,
{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 proposes the local verification and user confirmation in the environment. Introducing also, a control model and management sending notifications and alerts. A control and management model was presented to send notifications and alerts. The model uses the environment, user profile, and criteria for location verification in ubiquitous environments. Finally, experiments and results showed an increase in the use of Bluetooth Low Energy (BLE) technology and the use of this technology for notifications.*

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 verificação da localização e confirmação do usuário no ambiente. Apresentando também, um modelo de controle e gerenciamento envio de notificações e alertas. Avaliando ambiente, perfil e critérios para confirmação da localização em ambientes ubíquos. Por fim, os experimentos e resultados obtidos demonstraram ganho com uso da tecnologia Bluetooth Low Energy (BLE) e o uso desta tecnologia para notificações.*

1. Introdução

Os ambientes ubíquos em conjunto com implementações relacionadas ao conceito de Internet das Coisas (*Internet-of-Things* - IoT) estão cada vez mais presentes no cotidiano [González-Jaramillo 2016]. A integração entre os dispositivos presentes no contexto IoT, demandam uma preocupação em relação à interoperabilidade. De acordo com [Ahlgren et al. 2016], a IoT é vista como uma premissa, com grande potencial para

integrações, exigindo uma dinamicidade na rede para garantir a conexão entre os dispositivos, considerando que muitos nós (*things*) entram e saem da rede com certa frequência. A IoT é considerada como um grande conceito para tecnologias emergentes, contribuindo assim, para concretizar novos domínios de aplicações. As cidades inteligentes são exemplos de um domínio nos quais o uso de tecnologias de comunicação e sensoriamento visam prover serviços de valor agregado para o usuário (ex. disponibilizar informações de sensoriamento urbano aos órgãos administrativos de cidades), descreve [Zanella et al. 2014]. Conceitos de menores escalas podem ser aplicados, como é o caso de ambientes inteligentes. Esses ambientes estão diretamente relacionados com o gerenciamento de perfis de usuários, com a finalidade de adequar o serviço ao usuário. Para o controle e gerenciamento de perfis, dados de contexto como localização, disponibilidade e históricos são utilizados como parâmetros de entrada. O gerenciamento visa alterações nas condições atuais do ambiente ou usuário, dos quais estão inseridos, podendo ainda tratar somente dos dispositivos utilizados pelo mesmo. Dentro das possíveis alterações estão inclusos também o hardware, software, e a adaptação entre eles.

Segundo [Wei and Chan 2013], criar regras para tratar adaptações gera uma elevada carga de trabalho 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 GPS como base para obter a localização do usuário, estes não garantem total precisão em ambientes *indoor* (ambientes internos). Para tanto, foi desenvolvido um modelo de autenticação para ambientes ubíquos com base na localização que visa aumentar a precisão e confiabilidade dos dados obtidos. Contudo, ainda é um desafio obter a localização exata do usuário em ambientes *indoor*. Como alternativa, existem tecnologias com potencial disponíveis para posicionamento em ambientes internos. Algumas técnicas de localização utilizadas se fundamentam em medir a intensidade do sinal recebido. Uma tecnologia candidata é a recente introdução do Bluetooth 4.0, conhecido comercialmente como BLE (*Bluetooth Low Energy*). O BLE foi desenvolvido para a comunicação entre dispositivos, amplamente utilizado em IoT, levando em consideração a sua eficiência no consumo de bateria [Faragher and Harle 2015]. Os sensores que implementam a tecnologia BLE geralmente tem seu tamanho e poder computacional reduzidos, além de dependerem de baterias como fonte primária de energia. Por conta de seu formato os sensores podem ser denominados como *tags*, ou como *beacon* (do inglês farol). Esse nome foi definido devido ao fato que o dispositivo emite sinais sobre sua presença, semelhante a um farol.

A confirmação de posicionamento de usuários auxilia em tarefas típicas para navegação interna a partir de um dispositivo móvel e inclui localizar pessoas e lugares em edifícios públicos como universidades, shoppings e aeroportos, em eventos esportivos, convenções. Para atender a esses requisitos, a precisão de posicionamento dentro de um prédio deve estar no nível de que o andar seja identificado corretamente. No caso de grandes espaços abertos, como aeroportos e shoppings, basta uma precisão de vários metros para estabelecer contato visual e encontrar o local desejado, por exemplo, um portão do aeroporto [Davidson and Piché 2017]. Além disso, existem os pontos de interesse, aos quais o usuário recebe uma notificação ou um alerta com base em sua localização, e ao aproximar-se do ponto de interesse é disparado o evento. Um dos casos de uso mais

comuns é enviar uma notificação local para um telefone quando ele estiver próximo a um sensor. Essa notificação pode ser uma mensagem de vendas ou marketing ou um alerta de que um serviço próximo (como um táxi) está disponível. Tocar na notificação inicia seu aplicativo e permite que o usuário veja mais informações sobre o assunto da notificação. Nesse contexto a IoT com sua grande expansão proporcionou um aumento expressivo no número de dispositivos, resultando em um crescimento na quantidade de notificações impulsionadas aos usuários. No ano de 2016 [Mehrotra et al. 2016], relatou com base em uma pesquisa, que um usuário recebia em média 100 notificações (por dia), durante todos os dias. Este influxo significativamente alto nas notificações também ressoa negativamente para aqueles que recebem as mesmas notificações. Com o aumento do número de notificações recebidas, a tolerância tende a cair. Neste sentido, Okoshi et al. [Okoshi et al. 2017] fundamentado em sua extensa revisão, relata que um sistema de notificações com base no contexto do usuário age como uma camada entre recepção de notificação e a entrega ao usuário.

Portanto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo para controlar e gerenciar a presença de usuários em ambientes com base na localização para geração de notificações e alertas. A partir destas informações, utiliza como complemento as definições relacionadas a IoT. A contribuição também esta relacionada em tornar o ambiente informativo e dinâmico de forma a controlar parâmetros de privacidade. Sendo assim, o perfil do usuário, localização, tipo de ambiente, critérios de tempo, prioridade e as preferências do usuário são considerados para definir o envio da mensagens e/ou alertas com base no controle e gerenciamento individual.

Com base na literatura pesquisada e na solução proposta, organizamos este trabalho para um melhor entendimento e para evidenciar a contribuição científica nas seguintes seções: 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, na Seção 5 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. Tais mecanismos exigem abordagens alternativas de autenticação ou ainda aprimoramento de métodos tradicionais. O trabalho de [Nunes et al. 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 em pagamentos, sendo assim, uma alternativa ao uso de cartões magnéticos o qual efetuam a transação apenas com a aproximação do smartphone ao dispositivo do estabelecimento.

No decorrer do trabalho proposto por [Liu et al. 2014], foram apresentadas técnicas desenvolvidas de estimativa de proximidade utilizando a intensidade do sinal recebido - *Received Signal Strength Indication* (RSSI), o qual é definido por uma medida relativa da força da energia de um sinal de rádio, utilizando a tecnologia BLE, sendo utilizada como base para realização da classificação empírica para diferentes tipos de distâncias. Assim a principal contribuição do trabalho foi 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 pesquisados na literatura descrevem o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis para interagir com sensores, por exemplo [Diaz et al. 2010] e [Hansen et al. 2013]. Em [Faragher and Harle 2015] são apresentados estudos em ambientes com uma alta densidade de dispositivos BLE, também demonstram comparações com o Wi-Fi. Algumas abordagens como [Hansen et al. 2013] e [Bai et al. 2017] são fundamentadas 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.

A partir da localização utilizando o Wi-Fi, a distancia é estimada utilizando os dois principais métodos. Um 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 and Chan 2016]. O trabalho de [Ashibani et al. 2017] descreve uma contribuição relacionada à ciência de contexto, utilizando a localização por meio de Bluetooth, perfil, calendário do usuário, entre outros. Porém, não aborda o gerenciamento de comunicações no âmbito de alertas e notificações. Neste contexto, [Zhang et al. 2016] aponta que as soluções existentes para garantir a privacidade nos diversos serviços baseados em localização (*Location Based Service* ou LBS), geralmente dependem de um verificador externo de confiança (*Trusted Third Party* ou TTP), posicionado entre o usuário e o LBS. O autor também propõe uma solução que dispensa o uso de TTP, diminuindo o custo de comunicação. A proposta aponta para uma solução que aprimora a privacidade de localização, utilizando grade definida pelo usuário através do LBS.

Este trabalho apresenta também contribuições científicas por utilizar definições comparadas e fundamentadas na literatura pesquisada conforme apresentado na Tabela 1, relacionando funcionalidades e características presentes. Para tanto, são elencados as seguintes opções: (A) para Aborda; (NA) para Não Aborda. Portanto, esses itens elencados e comparados, além de serem apontados na literatura, são utilizados para construção do modelo proposto.

Tabela 1. Comparação entre trabalhos relacionados e a solução proposta.

	Localização	Privacidade	Comunicação	Perfil
[Diaz et al. 2010]	A	NA	NA	NA
[Nunes et al. 2013]	A	NA	NA	NA
[Hansen et al. 2013]	A	NA	NA	NA
[Liu et al. 2014]	A	NA	A	NA
[Faragher and Harle 2015]	A	NA	NA	NA
[Leithardt et al. 2016]	A	A	NA	A
[He and Chan 2016]	A	NA	NA	NA
[Bai et al. 2017]	A	NA	NA	NA
[Ashibani et al. 2017]	A	A	NA	A
[Zhang et al. 2016]	A	A	NA	NA
PRISER	A	A	A	A

A característica de localização compreende o uso de tecnologias para obter a localização do usuário. A privacidade está relacionada diretamente a privacidade do usuário e do ambiente onde ele se encontra. A comunicação está associada ao uso de mensagens, notificações e alertas entre o ambiente e o usuário que o acessa. Assim como o perfil é a característica atribuída de um único usuário com base na sua frequência e nível hierárquico. Desta maneira, visualiza-se uma comparação dos trabalhos relacionados em relação ao modelo desenvolvido proposto, destacando também o fato do uso de tecnologias voltadas para navegação e posicionamento em ambientes internos ou externos. Dentre os trabalhos relacionados foram pesquisados os que tratam localização, sua maioria não aborda comunicação, neste caso, o diferencial do PRISER (*Privacy and Services*).

3. Desenvolvimento

Conforme a literatura pesquisada, a utilização de um mecanismo de confirmação de presença em ambientes deve atender as características do cenário apresentado. Portanto, para efetuar todos os processos necessários, este modelo é composto por uma aplicação cliente, embarcada no dispositivo do usuário, bem como, um módulo de *Middleware*, externo ao dispositivo, responsável por gerenciar e controlar a privacidade de dados, conforme as especificações definidas em [Leithardt et al. 2016]. Segundo [Rodrigues et al. 2017] um *Middleware* é necessário para realizar a intermediação entre a comunicação, sistemas de uma organização e a infraestrutura de hardware. Neste sentido, o *Middleware* retorna os dados referentes ao ambiente, como o polígono geométrico com as coordenadas referente ao local, nome, identificador e nível de acesso. Para tanto, este trabalho não aborda assuntos relacionados a segurança do ambiente, apenas prioriza a identificação do local e emissão de notificações e alertas.

O desenvolvimento propôs o gerenciamento de dados e requisições de alertas, assim, quando o utilizador aproximar-se de um ambiente com o seu dispositivo móvel e estiver com o serviço de localização habilitado, iniciará o processo de busca de sensores BLE no ambiente. Caso o dispositivo do usuário encontre um ou mais sensores é feito então uma requisição ao *Middleware* conforme o esquema da Figura 1. O *Middleware* em questão retorna ao usuário os dados do ambiente em que o dispositivo se encontra, bem como informações referentes ao sensor Bluetooth, estas informações são obtidas por meio do parâmetro *Universal Unique Identifier* (UUID). No que tange o modelo proposto refere-se à serviços, este é chamado **PRISER**, o qual é responsável pelo gerenciamento de notificações e localização. Para utilização, o usuário deve ter instalado em seu dispositivo a aplicação cliente, neste caso, não há necessidade de estar sempre em primeiro plano, sendo possível operar em modo de segundo plano, juntamente com seu Bluetooth habilitado.

O objetivo de controle e gerenciamento de alertas e notificações, é efetuado com base na localização em que o usuário se encontra, levando em consideração a privacidade do usuário, suas preferências e os meios para envio de notificações. O cenário deste estudo priorizou o ambiente em que o usuário se encontra e o perfil. O processo de envio de notificações é fundamentado em critérios, tais como: tipo de ambiente, perfil do usuário, tempo para a entrega e prioridade. Os tipos de ambientes ainda podem ser classificados em: público, privado, restrito e personalizado. A Figura 1 ilustra o cenário de aplicação do modelo proposto, no contexto de um usuário entrando no ambiente, requi-

sitando informações por meio de parâmetros á aplicação externa. Entre os parâmetros enviados estão, os valores incluídos e disponibilizados pelo sensor Bluetooth como o UUID, *major* e *minor*. A combinação destes parâmetros, quando enviado ao *middleware*, faz com que identifique-se qual sensor está mais próximo e qual ambiente o usuário está localizado.

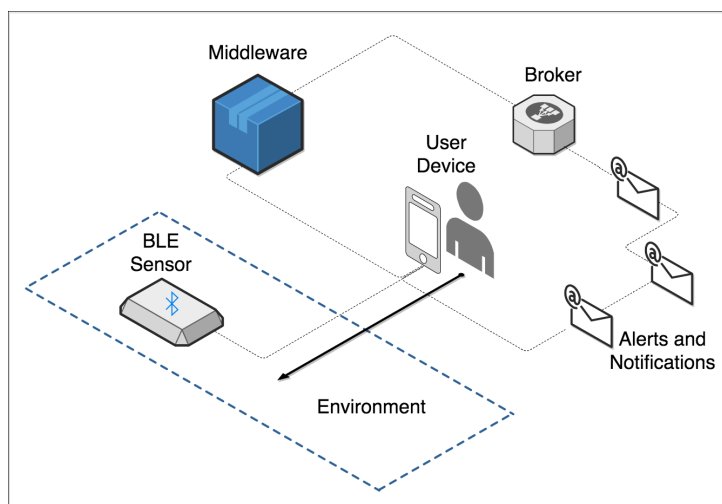


Figura 1. Cenário da aplicação de alertas

A aplicação cliente desenvolvida inicialmente manteve como preocupação disponibilizar as funcionalidades tanto para a plataforma Android como para a plataforma iOS, contribuindo assim com a fase de testes em diferentes plataformas. A partir da inicialização da aplicação, é realizada a varredura com uso do Bluetooth, seguindo intervalos de 10 segundos. Tal intervalo foi configurado a fim de economizar a bateria do dispositivo. A frequência das verificações pode ser reduzida tanto quanto desejado para economizar o uso da bateria ou aumentada para melhorar a capacidade de resposta. A verificação em questão, tem por finalidade explorar o ambiente em busca de sensores, quando o sensor é identificando a intensidade de sinal é obtida. Este valor é utilizado para calcular a distância em relação ao sensor. O cálculo utilizado para obter a distância é apresentado no decorrer desta seção. A primeira versão da aplicação apresentou resultados de valores do identificador único (UUID), o calculo da distância em metros, o ambiente ao qual o sensor pertence, a intensidade do sinal (RSSI) além dos campos *major*, *minor*. Dos quais, o primeiro utilizado para mapear um *beacon* dentro de um grupo de *beacons* e o segundo 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.

Um dispositivo BLE se comunica na mesma frequência de redes sem fio, 2.4GHz tem como principal característica o baixo consumo de energia. Sua distância segundo especificações recentes tem alcance de até 50 metros, com uma precisão de 1 metro. Além do dispositivo contar com um identificador único de 16 bytes, conta com duas informações nomeadas de *major number* e *minor number*, citadas anteriormente, com capacidade de 2 bytes cada. Os campos podem ser customizados 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 et al. 2014]

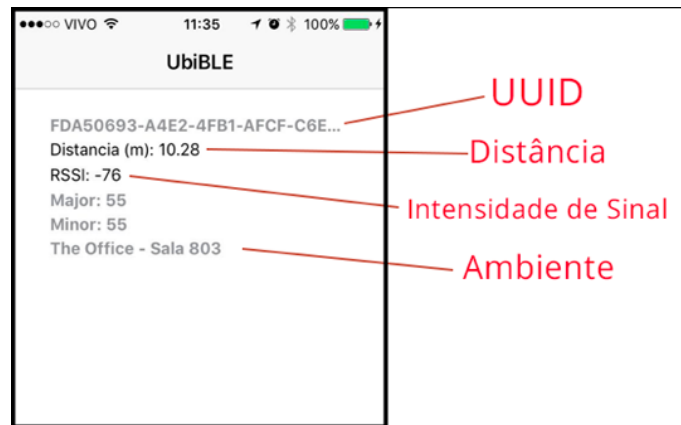


Figura 2. Aplicação desenvolvida para os testes

ao conduzir uma extensa pesquisa em ambientes indoor e comparar a tecnologia BLE com o método de obter posicionamento 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 foi realizada a partir de um método implementado por [Kotani et al. 2003] e utilizado por [Liu et al. 2014], a qual 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. Para o processo de desenvolvimento foi utilizado como referência o trabalho de [Dong and Dargie 2012], o qual realizou uma avaliação do método, examinando a adequação do uso de RSSI como parâmetro de posicionamento. O sensor utilizado na avaliação foi um chip Texas Instruments CC2420, modelo semelhante ao utilizado neste estudo e definição do modelo.

$$\begin{aligned}
 RSSI &= P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} + 20\log\left(\frac{c}{(4\pi f)}\right) - 10n \log(d) \\
 &= P_{TX} + G - 40.2 - 10n \log(d) \\
 distancia &= 10^{[(P_{TX}-40.2-RSSI+G)/10n]}
 \end{aligned} \tag{1}$$

A Equação 1 representa a obtenção da intensidade do sinal – RSSI, como G_{tx} e G_{rx} são o ganho da antena e G a soma entre eles, sendo c a velocidade da luz ($3.0 * 10^8$

m/s), f a frequência operacional do Bluetooth, neste caso 2.4GHz e n o fator de atenuação. Assim, derivando a fórmula poderá ser obtida a distância.

A estimativa de distância fornecida pelo sistema operacional iOS é baseada no RSSI sobre a potência do transmissor calibrado ($txPower$), assim como o sistema operacional Android. O valor $txPower$ é a força conhecida do sinal medido em RSSI a 1 metro de distância do sensor. Para tanto, ao utilizar esta tecnologia, o valor $txPower$ deve ser calibrado a fim de permitir estimativas de distância mais precisas. O algoritmo foi desenvolvido independente para não depender do sistema operacional. Ao realizar as medições RSSI com distâncias conhecidas, foi possível obter uma curva de melhor ajuste. O algoritmo utilizado é demonstrado conforme o código demonstrado na Figura 3.

```
private didRangeBeaconsInRegionHandler = (result) => {
    for (let beacon of result.beacons) {
        beacon.accuracy = BeaconDetector.calculateAccuracy(beacon.rssi, beacon.tx);
        beacon.key = beacon.uuid + '.' + beacon.major + '.' + beacon.minor;
        beacon.timestamp = (new Date()).getTime();
        this.beacons[beacon.key] = beacon;
    }
    this.notifyBeaconStatusChanged();
}

private notifyBeaconStatusChanged(): void {
    for (let beaconStatusChangedHandler of this.beaconStatusChangedHandlers) {
        beaconStatusChangedHandler(this.beacons);
    }
}

private static calculateAccuracy(rssi, tx): void {
    let ratio = rssi / tx;
    let accuracy;
    if (ratio < 1.0) {
        accuracy = Math.pow(ratio, 10);
    }
    else {
        accuracy = 0.89976 * Math.pow(ratio, 7.7095) + 0.111;
    }
    if (accuracy < 1) {
        accuracy = Math.round(accuracy * 100) / 100;
    }
    else if (accuracy < 10) {
        accuracy = Math.round(accuracy * 10) / 10;
    }
    else {
        accuracy = Math.round(accuracy);
    }
    return accuracy;
}
```

Figura 3. Aplicação Cliente: Métodos para obter a distância e notificar ao detectar um sensor.

O algoritmo foi desenvolvido independente, para não depender do sistema operacional. Os valores constantes presentes no código fazem parte da constante de calibração, efetuada pelo sensor Bluetooth. A tarefa de calibrar um dispositivo é feita medindo a intensidade do sinal de sua transmissão a 1 metro de distância, após isso é configurado o sensor para transmitir essa constante, sendo utilizado dBm.

4. Testes e Resultados preliminares

Nos testes englobando o protótipo e a validação do modelo proposto foram utilizados o BLE como sistema de posicionamento e o gerenciamento de notificações. No entanto, 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 desenvolvidos os testes, além da quantidade de dispositivos testados e comparados.

Em relação aos testes efetuados para validar o controle e gerenciamento de alertas e notificações é levado em consideração a privacidade do usuário, usando assim, a localização em que o usuário se encontra, suas preferências e os meios para envio de notificações, para isso podendo utilizar SMS, mensagens de e-mail ou ainda redes sociais. Neste caso foram utilizadas notificações nativas do próprio sistema operacional e aplicativos de mensagens. O processo de envio de notificações é fundamentado em critérios para o envio, tais como: tipo de ambiente, perfil do usuário, tempo para a entrega e prioridade. Os tipos de ambientes são classificados em: público, privado, restrito e personalizado. A partir da arquitetura implementada, a solução proposta faz uso do modelo *publisher/subscriber* conforme apresentado em [Light 2017], na qual é consumido de um *broker*, neste caso agindo como um intermediador, responsável por armazenar e enfileirar os eventos a serem notificados.



Figura 4. Dispositivos utilizados para realização de testes

Para o cenário da aplicação, os testes foram realizados em um apartamento com aproximadamente $90m^2$ durante o dia, 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 5a representa o ambiente, situando a localização dos sensores Bluetooth e do ponto de acesso Wi-Fi. Os testes foram realizados com objetivo de obter a precisão em diferentes distâncias em relação ao ambiente em que foram executados sequencialmente 12 vezes em um período de 24 horas. Os mesmos testes foram repetidos no dia seguinte, com o mesmo número de vezes, repetindo os posicionamentos do dia anterior, A Figura 5b apresenta os pontos onde foram posicionados os dispositivos. 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.

Os equipamentos utilizados durante os testes foram smartphones de diferentes arquiteturas. Um modelo iPhone 5S com sistema operacional *iOS* e 5 modelos Motorola

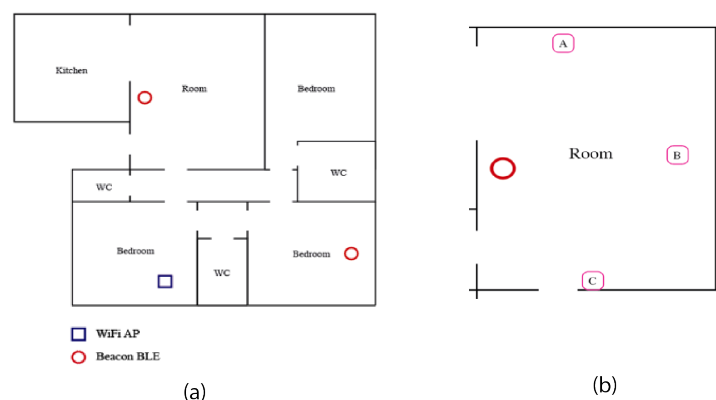


Figura 5. Cenário de testes da aplicação

X Play com sistema operacional *Android* demonstrados na Figura 4. Utilizamos também dois *beacons* BLE April Brother embarcados com *system-on-chip* (SoC) CC2450, com distância máxima de 30 metros de operação. O algoritmo foi implementado com base 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, ou ainda estabelecer uma nova 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 determina que os mapas de frequências disponíveis seja readaptado, fazendo com que os dispositivos não utilizem as frequências já ocupadas. A Tabela 3 organiza os dados coletados e os resultados dos pontos A, B e C, contendo duas colunas de distâncias, a qual o valor da coluna de distância 1 foi obtido a partir da aplicação desenvolvida e discutida na Seção 3 deste artigo, a distância 2 foi obtida através da aplicação de referência disponibilizada pelo fabricante do sensor BLE ¹.

Tabela 3. Ambiente de realizações dos testes

Ponto	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)	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 sequência (1m, 2m, 3m, 4m, 5m, 7.5m, 10m, 15m e 20m).

¹AprilBeacon - Find nearby iBeacon and scan Bluetooth Low Energy https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aprilbrother.ab_ibeacon&hl=en_US

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

Segundo os dados obtidos, nota-se que a dispersão é alta, comparada aos padrões aceitáveis. Para esse efeito, calculamos o valor médio do RSSI em dBm e o desvio padrão (1) para cada distância aferida, utilizando fórmula padrão para tal feito. A intensidade do sinal entre 2 e 3 metros respectivamente, demonstra pouca diferença quando comparado com a distancia de 1m e 4m. Um ponto fraco encontrado nos testes foi o processo de calibrar o sensor para cada dispositivo. Esse processo foi efetuado a 1m de distancia do sensor em cada um dos testes, conforme especificado por [Dong and Dargie 2012].

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Nos testes realizados confirmaram e evidenciaram a possibilidade de utilizar um sensor Bluetooth em conjunto ao GPS para verificar e garantir 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, utilizando outros trabalhos e definições na mesma linha de pesquisa, havendo a possibilidade de adaptar o ambiente fundamentando-se no perfil do usuário. A forma do sistema de gerenciamento de notificações foi relacionada a privacidade do usuário, sendo delineada para atingir diferentes tipos de ambientes e tratando diferentes tipos de notificações. Além de garantir o envio de informações relevantes foi possível também personalizar o recebimento de mensagem, levando em consideração a hierarquia do usuário, critérios de privacidade de acordo com o ambiente e a hierarquia atribuída, e principalmente a sua localização, mesmo que em um ambiente de testes.

Além das contribuições científicas relacionadas ao tratamento do envio de alertas e notificações personalizados de acordo com o perfil do usuário e ambiente, este trabalho pretende em trabalhos futuros, expandir os testes realizados, implantando o sistema de posicionamento BLE em um ambiente, tendo como cenário universitário entre outras variáveis e dados genéricos, contemplando diversos locais como salas de aula, laboratórios, entre outros. Pretendemos também 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 agencia de fomento brasileira CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa por meio do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições Comunitárias de Ensino Superior (PROSUC), possibilitando assim a realização do trabalho e os resultados preliminares obtidos. Também, agradecem ao Laboratório de Sistemas Embarcados e Distribuídos (LEDS) - vinculado a Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI pelo apoio a pesquisa.

Referências

- Ahlgren, B., Hidell, M., and Ngai, E. C. H. (2016). Internet of things for smart cities: Interoperability and open data. *IEEE Internet Computing*, 20(6):52–56. doi:10.1109/MIC.2016.124.
- Ashibani, Y., Kauling, D., and Mahmoud, Q. H. (2017). A context-aware authentication framework for smart homes. In *2017 IEEE 30th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, pages 1–5. doi:10.1109/CCECE.2017.7946657.
- Bai, S. Y., Chiu, C. C., Hsu, J. C., and Leu, J. S. (2017). Campus-wide wireless indoor positioning with hybrid ibeacon and wi-fi system. In *2017 6th International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE)*, pages 1–2. doi:10.1109/ISNE.2017.7968740.
- Davidson, P. and Piché, R. (2017). A survey of selected indoor positioning methods for smartphones. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 19(2):1347–1370. doi:10.1109/COMST.2016.2637663.
- Diaz, J. J. M., d. A. Maués, R., Soares, R. B., Nakamura, E. F., and Figueiredo, C. M. S. (2010). Bluepass: An indoor bluetooth-based localization system for mobile applications. In *The IEEE symposium on Computers and Communications*, pages 778–783. doi:10.1109/ISCC.2010.5546506.
- Dong, Q. and Dargie, W. (2012). Evaluation of the reliability of rssi for indoor localization. In *2012 International Conference on Wireless Communications in Underground and Confined Areas*, pages 1–6. doi:10.1109/ICWCUCA.2012.6402492.
- Faragher, R. and Harle, R. (2015). Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33(11):2418–2428. doi:10.1109/JSAC.2015.2430281.
- González-Jaramillo, V. H. (2016). Tutorial: Internet of things and the upcoming wireless sensor networks related with the use of big data in mapping services; issues of smart cities. In *2016 Third International Conference on eDemocracy eGovernment (ICEDEG)*, pages 5–6. doi:10.1109/ICEDEG.2016.7461464.
- Hansen, R., Thomsen, B., Thomsen, L. L., and Adamsen, F. S. (2013). Smartcampusaau – an open platform enabling indoor positioning and navigation. In *2013 IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management*, volume 2, pages 33–38. doi:10.1109/MDM.2013.62.
- He, S. and Chan, S. H. G. (2016). Wi-fi fingerprint-based indoor positioning: Recent advances and comparisons. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 18(1):466–490. doi:10.1109/COMST.2015.2464084.
- Kotanen, A., Hannikainen, M., Leppakoski, H., and Hamalainen, T. D. (2003). Experiments on local positioning with bluetooth. In *Proceedings ITCC 2003. International Conference on Information Technology: Coding and Computing*, pages 297–303. doi:10.1109/ITCC.2003.1197544.
- Leithardt, V., Rolim, C., Rossetto, A., Borges, G., Sá Silva, J., and Geyer, C. (2016). The classification of algorithms for privacy management in ubiquitous environments. *8º SBCUP-Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva-XXXVI CSBC-Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. 2016.*

- Light, R. A. (2017). Mosquitto: server and client implementation of the mqtt protocol. doi:10.21105/joss.00265.
- Liu, S., Jiang, Y., and Striegel, A. (2014). Face-to-face proximity estimation using bluetooth on smartphones. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 13(4):811–823. doi:10.1109/TMC.2013.44.
- Mehrotra, A., Pejovic, V., Vermeulen, J., Hendley, R., and Musolesi, M. (2016). My phone and me: Understanding people’s receptivity to mobile notifications. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI ’16, pages 1021–1032, New York, NY, USA. ACM. doi:10.1145/2858036.2858566.
- Nunes, B. R., Leithardt, V. R. Q., and Geyer, C. F. R. (2013). An automation system for ubiquitous computing. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <http://hdl.handle.net/10183/86283> Acessado em Maio de 2018.
- Okoshi, T., Tsubouchi, K., Taji, M., Ichikawa, T., and Tokuda, H. (2017). Attention and engagement-awareness in the wild: A large-scale study with adaptive notifications. In *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pages 100–110. doi:10.1109/PERCOM.2017.7917856.
- Rodrigues, V., Yves, T., Righi, R., and da Costa, C. (2017). Mmeliot: Um modelo para internet das coisas explorando a elasticidade da computação em nuvem. *Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação*, 1(7). doi:10.5281/zenodo.877328.
- Wei, E. J. Y. and Chan, A. T. S. (2013). Campus: A middleware for automated context-aware adaptation decision making at run time. *Pervasive Mob. Comput.*, 9(1):35–56. doi:10.1016/j.pmcj.2011.10.002.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., and Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1):22–32. doi:10.1109/JIOT.2014.2306328.
- Zhang, S., Liu, Q., and Wang, G. (2016). Enhancing location privacy through user-defined grid in location-based services. pages 730–736. doi:10.1109/TrustCom.2016.0132.
- Zhao, X., Xiao, Z., Markham, A., Trigoni, N., and Ren, Y. (2014). Does bluetooth measure up against wifi? a comparison of indoor location performance. In *European Wireless 2014; 20th European Wireless Conference; Proceedings of*, pages 1–6. VDE.