

OTIMIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO POR BEACONS CASO DE USO DE RSSI

Amilton C. Lamas – amilton@puc-campinas.edu.br
Gustavo G. Cirulo – gustavocirulo2014@gmail.com
Faculdade de Engenharia Elétrica, PUC-Campinas
Rua Prof. Euryclides de Jesus Zerbini, 1516
13087 – Campinas – SP

Leonardo Luis Slaviero – leonardo.slaviero@tecexpert.com.br
Tecexpert Brasil R&D Team
R. Dr. Leopoldo da Silva, 64 - Ferreira
05524-170 – São Paulo – SP

***Resumo:** Sistemas de apoio a navegação segura, interna ou externa, são muito importantes na promoção da autonomia de deficientes visuais. A maioria destes sistemas baseiam-se nos valores de intensidade de sinal recebido para definir a orientação de navegação a ser divulgada. Neste trabalho é apresentado o mapeamento e posicionamento de um conjunto de dispositivos operando em Bluetooth Low Energy de forma a minimizar as interferências e ruídos de rádio frequência. Esta otimização é essencial para o desenvolvimento de aplicativos de orientação para deficientes visuais de maneira que estes recebam informações precisas e inequívocas com relação à posição e composição física dos ambientes desconhecidos. Os dados de intensidade de sinal foram adquiridos por um aplicativo para celulares com sistema operacional Android desenvolvido especificamente para este fim. As medidas e a otimização foram realizadas numa instituição de apoio ao desenvolvimento de deficientes visuais. Demonstra-se que a topologia da disposição física dos dispositivos tem potencial para contribuir para a navegação segura de deficientes visuais.*

***Palavras-chave:** Beacons. Deficientes visuais. Mapeamento de intensidade. Otimização.*

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade segura de deficientes visuais, cegos ou com baixa visão, depende de informações sobre o ambiente e orientações de navegação precisas, especialmente no caso de ambientes desconhecidos. Mobilidade, entendida como a capacidade de trafegar distâncias curtas em lugares públicos ou privados sem perder a orientação, é fundamental para autonomia dos deficientes. A mobilidade e navegação de pessoas com deficiência é realizada através da construção de mapas cognitivos, um padrão espacial abstrato que contém lugares importantes e pontos de referência. Um mapa cognitivo é uma versão mental desta atividade de mapeamento, ele envolve a ordenação e o estabelecimento de relações entre os pontos de referência.

Serviços baseados em tecnologias avançadas de informação e comunicação devem fornecer aos deficientes visuais informações sobre o ambiente enquanto estes se locomovem em espaços desconhecidos. Para uma navegação precisa não pode haver superposição de informações, especialmente em ambientes complexos com salas anexas, esta superposição leva a confusão mental, dificultando a construção do mapa cognitivo claro e objetivo. Além disto, deficientes visuais gostam de orientações precisas, dispensando a prolixidade, logo a verbalização das orientações deve ser curta e objetiva.

Uma possível solução para um sistema assistivo de orientação e localização consiste na instalação de sinalizadores de rádio no ambiente; as emissões destes sinalizadores são captadas por aparelhos celulares inteligentes e transcritas para informações de navegação / localização, através de aplicativos desenvolvidos para este fim. Rádios baseados em tecnologia Bluetooth (*Bluetooth Low Energy Beacons* – BLEB ou simplesmente *beacon*) tem sido usados para este fim com razoável sucesso (RADHAKRISHNAN, 2015; JAYAKODY, 2016; e referências citadas;). Esta tecnologia permite que o deficiente visual, ao se aproximar de uma sala ou prédio, receba conteúdos ricos sobre o ambiente. Para que isto ocorra é essencial que o aplicativo residente no celular seja capaz de identificar qual informação deve ser repassada ao usuário, isto significa reconhecer, de forma inequívoca, qual *beacon*, dentre os vários detectados, deve ser considerado naquela posição específica. Uma das formas mais simples de resolver a questão é escolher o *beacon* a partir da intensidade do sinal recebido.

Neste trabalho é apresentado o mapeamento e definição do posicionamento dos rádio emissores (*beacons*), parte dos procedimentos de implementação de um sistema de navegação para deficientes visuais que garante um deslocamento seguro. Este método usa apenas a medição da intensidade de sinal (*received signal strength indicator* - RSSI) medido por um aplicativo desenvolvido especificamente para este fim.

A execução deste trabalho se deu no âmbito do projeto de extensão Promoção da Inclusão Social/Digital de Deficientes Visuais através de Soluções de Engenharia Elétrica realizado na PUC-Campinas. Este projeto de extensão contribui para o fortalecimento do vínculo Ensino-Extensão conforme descrito no artigo “Estabelecendo o Vínculo Ensino-Extensão” (LAMAS,2017). O experimento foi conduzido no Centro Cultural Louis Braille de Campinas (CCLBC), instituição parceira do projeto, instalada num prédio de três andares com alta complexidade arquitetônica.

2 ASPECTOS TECNOLÓGICOS

2.1 *Bluetooth Low Energy (BLE)*

BLE, um subsistema da tecnologia Bluetooth 4.0 tradicional, foi projetada para oferecer serviço de comunicação com consumo mínimo de energia. Esta tecnologia permite a operação e três topologias: 1) Ponto a Ponto (P2P) – de uso exclusivo para comunicação entre dispositivos e transferência de dados; 2) *Broadcast* (difusão) – que permite a comunicação unidirecional, caso de *beacons*, entre múltiplos dispositivos para anúncios e , comercialmente, para ações de marketing; e 3) *Mesh* – para comunicação multidirecional entre múltiplos dispositivos , com uso em sensores, plataformas de controle e automação (IoT). Neste trabalho os dispositivos operaram em modo Broadcast ou difusão.

Arquitetura

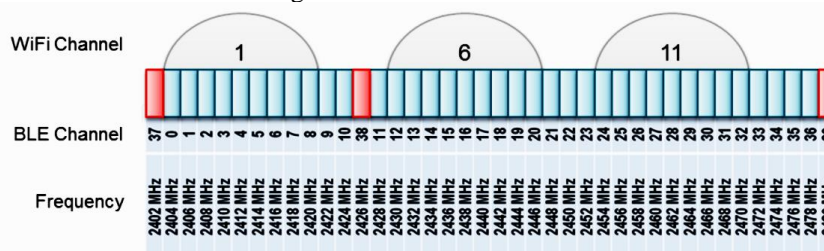
BLE implementa uma arquitetura cliente-servidor com topologia de rede em estrela onde os dispositivos atuam em quatro papéis: a) dois não conectáveis: **Emissor (difusor)**: funciona

como um anunciante (difusor - *broacaster*) que não é conectável (*beacon*); **Receptor**: Pode funcionar como um scanner para anúncios, mas não pode iniciar conexões. (Telefone celular inteligente – *smartphone*) e b) dois conectáveis: **Periférico**: pode funcionar como um anunciante que é conectável e pode funcionar como um escravo em conexões de camada única. **Central**: pode funcionar como um scanner para anúncios e iniciar conexões com um periférico. Neste trabalho os dispositivos operaram de forma não conectável.

Canais e banda

Dispositivos com esta tecnologia operam na banda industrial ISM (*Industrial Scientific Medical*), não licenciada em 2,4 GHz (2.400 – 2.835 GHz), portanto compartilham as mesmas características de propagação que os pontos de acesso de WiFi desta mesma banda. Apesar de operar na mesma faixa do WiFi, o BLE possui mecanismos de mitigação de interferências e contenção de ruídos. BLE opera em 40 canais, cada um com 2 MHz de largura de banda, variando a canalização da transmissão de forma pseudo-randômica durante a transmissão em forma de rajada, com modulação GFSK (*Gaussian frequency shift keying*). O padrão especifica largura de guarda de 185-370KHz entre os canais modulados. BLE usa somente 3 canais de anúncio para informar, em modo broadcast, a sua identificação, de forma a reduzir o gasto de energia, já que o receptor precisa trabalhar menos para monitorar apenas 3 canais. Os canais de anúncio são nomeados 37, 38 e 39 e estão centrados em 2402 MHz, 2426 MHz e 2480 MHz, respectivamente. A Figura 1, abaixo, apresenta os canais de rádio do BLE e os canais de WiFi.

Figura 1 – Canais de rádio de BLE.



Fonte: TEXAS INSTRUMENTS, 2015.

Cada anúncio é repetido em cada um dos três canais em sequência rápida. O receptor usa um processo de varredura que consulta os canais de anúncio de forma cíclica, pausando em cada um para receber a identificação. O tempo de permanência em cada canal é definido pela especificação do BLE mas os smartphones varrem os canais em milissegundos. A varredura continua indefinidamente e cada anúncio é relatado a medida que é identificado. Podem ocorrer múltiplos relatos de um mesmo *beacon* se a varredura se prolongar por vários segundos (ver a seção de resultados para exemplos de relatos). Em aplicações de localização e proximidade, o caso deste artigo, o aplicativo escuta os anúncios e assume que o *beacon* mais próximo é aquele cujo sinal tem maior intensidade (RSSI).

Modos de Operação

A tecnologia BLE suporta dois modos de comunicação: em conexão e broadcast. Modo em conexão requer que os dois dispositivos estabeleçam uma conexão antes do início da troca de dados que traz dificuldades no caso de aplicações baseadas em proximidade visto que o estabelecimento da conexão introduz atrasos e limita a operação apenas aos dois dispositivos. Já o modo broadcast permite que o emissor (Difusor) envie dados para todos os receptores em seu alcance, sem necessidade de conexão. O Difusor envia os dados periodicamente nos canais

de anúncio do BLE (37, 38 e 39). O tempo entre anúncios pode ser mudado alterando o parâmetro Intervalo de Anúncio que define o tempo entre anúncios seguidos. O Receptor, por sua vez, monitora os canais de anúncio pelo tempo chamado Janela de Varredura a cada Intervalo de Varredura. Estes parâmetros não são ajustáveis pelo usuário nas plataformas comerciais. Em cada Janela de Varredura o Receptor monitora um dos canais de anúncio até que todos os três sejam monitorados, quando então recomeça, de forma cíclica, a monitoração. O pacote de anúncio enviado pelo Difusor é detectado quando há coincidência com os intervalos de envio e monitoração, quando então o Receptor identifica a presença do Difusor.

Ruídos e atenuações

Recentemente Ramsey Faragher e Robert Harle (FARAGHNER, 2014) estudaram a influência do efeito de desvanecimento rápido na intensidade do sinal (RSSI). Eles observaram forte desvanecimento de sinal com quedas de até 30dB de intensidade quando percorridas distâncias de apenas 10 cm. O múltiplo percurso dos sinais refletidos, que causa interferência destrutiva, depende do comprimento de onda do sinal de forma que o desvanecimento ocorre em diferentes posições para diferentes canais de anúncio. Como não há identificação do canal detectado, o RSSI é atribuído aleatoriamente a um dos canais de anúncio, o que resulta num aparente nível muito alto e flutuações muito rápidas na potência do sinal mesmo em situações estáticas. Detecção da presença de um Difusor através do nível de sinal recebido é precisa desde que o transmissor esteja a um metro ou menos de distância já que a intensidade do sinal decresce com o inverso do quadrado da distância. O desempenho em função da distância entre os dispositivos cai rapidamente a medida em se afastam por mais de um metro. Medidas indicam o valor típico de queda de 3dBm por metro, conclui-se que a detecção de dispositivos a mais de 30 metros de distância é muito prejudicada já que o nível de sinal iguala ao ruído eletrônico ambiente. O corpo humano também atenua os sinais de rádio em 2,4 GHz, complicando ainda mais a detecção de presença dos dispositivos visto que existem flutuações no número de pessoas dentro das instituições. Em vista disto o nível de ruído pode ficar bastante alto tornando a identificação da presença de dispositivos bastante incerta.

2.2 Beacons BLE

Beacons são pequenos dispositivos eletrônicos que transmitem sinais de rádio (RF) conforme o padrão BLE, de forma a promover a interatividade com dispositivos eletrônicos, neste artigo aparelhos celulares inteligentes, em seu entorno. Atualmente há diversos formatos de *beacons* disponíveis no mercado, como chaveiros, pingentes, sensores de parede, crachás, dispositivos USB, etc. Como estes dispositivos tem baixo consumo de energia, as baterias utilizadas costumam durar por meses até anos. Isto é possível porque os dispositivos entram em hibernação na maior parte do tempo, iniciando a operação de broadcast apenas em momentos definidos pelo operador. O baixo consumo de energia é um dos grandes atrativos já que significa baixo custo de manutenção. O intervalo de hibernação pode ser definido entre 100 ms até alguns segundos, dependendo da aplicação. No caso deste trabalho o intervalo de hibernação foi definido em 100 ms.

Protocolos

Os dados transmitidos pelos *beacons* são formatados segundo a especificação do Bluetooth (BLUETOOTH, 2016). Os dados sendo transmitidos, textos e valores numéricos, ocupam apenas 31 bytes. Em função disto, protocolos especiais são usados para formatar o campo de dados, otimizando o espaço. Os protocolos de *beacons* formatam os dados dividindo em

pequenos segmentos contendo informações como potência do sinal, identificadores etc. Os protocolos mais comuns são iBeacon e Eddystone. O protocolo iBeacon foi desenvolvido pela Apple em 2013, sendo a primeira tecnologia disponível. Neste protocolo o campo de dados é segmentado em campos onde UUID é usado para identificar uma aplicação específica relacionado com o *beacon*, os campos *Major* e *Minor* são usados para identificar os *beacons* quando utilizados em subgrupos e *TX power* representa a potência transmitida pelos *beacon* medida a um metro de distância. Eddystone é uma formatação aberta distribuída pela Google. O campo de dados é segmentado de outra forma, mas contém a mesma informação contida no formato iBeacon, mas disposta de forma diferente. Existem 3 tipos de quadros Eddystone sendo um deles o UID, neste tipo de quadro os campos *NamesSpace ID* e *Instance ID* representam os mesmos dados que *Major* e *Minor* do iBeacon, respectivamente.

No presente trabalho os *beacons* operaram em ambos formatos e nos três tipos de quadros do formato Eddystone. Estes parâmetros são utilizados para identificação dos *beacons* e definição de quais informações serão repassadas ao smartphone, em sistemas de apoio a navegação de deficientes visuais.

3 METODOLOGIA

O método de execução deste trabalho, realizado junto com a instituição parceira, é sustentado em dois (03) pilares: 1) apropriação de resultados, 2) desenvolvimento de provas de conceito e 3) geração de material cultural. A apropriação de resultados (conhecimentos e saberes) foi realizada aplicando o Modelo de Apropriação de Resultados (MAR). Este modelo, baseado num ciclo dialógico de compartilhamento de conhecimentos, é descrito detalhadamente em no artigo “Jogo da Memória para Deficientes Visuais” de Daiane Eliene de Freitas e Amilton da Costa Lamas (FREITAS, 2018). O objetivo do método é motivar a construção da autonomia dos sujeitos por meio da problematização, da socialização de saberes e da reflexão voltada para a ação. O desenvolvimento da prova de conceito seguiu o Modelo de Desenvolvimento de Prova de Conceito (MDPC), um modelo cíclico, inspirado no *Rational Unified Process* (RUP) (IBM, 2003) de desenvolvimento de soluções de software fundamentado em requisitos técnicos funcionais e não funcionais obtidos junto ao público alvo. O MDPC é descrito detalhadamente na mesma referência.

4 DESENVOLVIMENTO

Os *beacons* utilizados neste projeto (Kontakt.io modelo *double battery*) foram fornecidos pela Tecexpert Brasil Soluções em Tecnologia Ltda. A especificação técnica pode ser encontrada em: <https://store.kontakt.io/our-products/30-double-battery-beacon.html>. As medidas de RSSI foram feitas por um aplicativo desenvolvido para aparelhos celulares inteligentes (*smartphones*) com sistema operacional Android. O aplicativo varre o ambiente, detecta, identifica e apresenta os dados de todos os dispositivos presentes no ambiente. Os *beacons*, operando em modo difusão, transmitiram dados a cada 100 ms (frequência de 10 Hz) que foram coletados durante um intervalo de 1s, resultando em média a detecção de cerca de 10 valores de RSSI por medida, assumindo que não haja perda de sinal por colisão. Para cada ciclo de 10 medidas os valores coletados foram armazenados, tirada a média aritmética, conforme a equação (1) abaixo, e este valor assumido como a medida final. Desta forma o

espalhamento dos valores médios de RSSI ficou em menos do que 3%. Desta forma foram caracterizados 4 beacons operando nas potências de 0 dBm, -6 dBm, -12 dBm e -30 dBm.

$$\langle RSSI \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{10} RSSI}{10} \quad (1)$$

A seguir foram feitas medidas de variação da intensidade de sinal em função da distância entre o *beacon* e o aparelho celular. Estas medidas foram realizadas em espaço livre e com anteparos metálicos de 1mm de espessura. Isto porque, neste momento, já se antevia a necessidade de blindagem do sinal emitido para evitar interferência de sinais oriundos de diferentes *beacons*, decorrente da estrutura arquitetônica do prédio da instituição parceira. Assim a emissão perdia seu caráter omnidirecional. Os dispositivos foram instalados em todos os pavimentos da instituição e no portão de entrada. Com ajustes na potência de transmissão as interferências de sinal foram minimizadas, garantindo que o aparelho celular detectasse apenas um *beacon*, transmitindo então apenas a informação referente aquela área específica. Desta forma o deficiente visual pode construir o mapa de navegação mental de forma clara e objetiva.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Detecção dos beacons

O aplicativo para detecção dos *beacons* foi desenvolvido em linguagem Java utilizando a ferramenta Android Studio e opera em qualquer celular que suporte a versão API 25: Android 7.1.1 (Nougat). O desenvolvimento fez uso da biblioteca Proximity REST API e kit de desenvolvimento da Kontakt.io. As características de operação dos *beacons* foram ajustadas usando o painel de controle da Kontakt.io. Os *beacons* foram inicialmente instalados numa área de laboratório sem emissão de sinal de WiFi de maneira a não ocorrerem interferências. O primeiro passo foi verificar se os dispositivos estavam transmitindo no formato Eddystone, conforme programado. Foram utilizados 3 beacons, dispostos da seguinte forma com relação ao smartphone: eSql a cerca de 30 cm; CmpC colocado a 10 metros de distância e cgHs posicionado a 20 metros de distância, separado por duas divisórias de madeira. A Figura 2, abaixo, mostra um exemplo de registro de detecção de *beacon*. Na Tabela 1 encontram-se os valores de RSSI encontrados.

Figura 2 – Exemplo de registro no aplicativo.

```
10-06 14:43:37.538 13341-13341/mobi.pixon.kontaktteste D/KontaktActivity: EddystoneListener  
onEddystonesUpdated: Listener BEACON UPDATED  
[EddystoneDevice{address='C8:65:BF:F6:38:AC', uniqueId='CmpC',  
namespace='f7826da6bc5b71e0893e', instanceId='3639647a737a', url='null', eid='null', etlm='null',  
rssi=-98, shuffled=false}, EddystoneDevice {address='E7:ED:88:7E:BD:4B', uniqueId='cgHs',  
namespace='f7826da6bc5b71e0893e', instanceId='507372576c51', url='null', eid='null', etlm='null',  
rssi=-91, shuffled=false}]EddystoneNamespace: [f7826da6bc5b71e0893e, ANY_INSTANCE_ID]
```

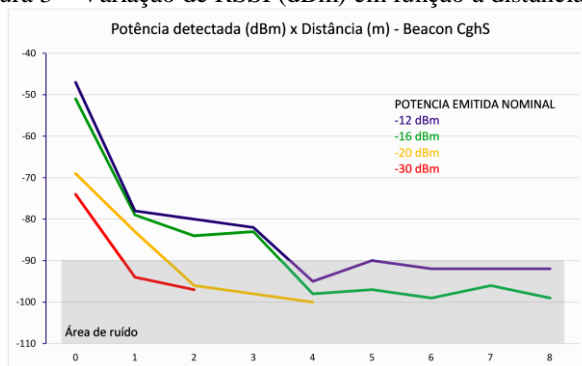
Tabela 1 – Valores de RSSI em dBm.

Beacon	RSSI
eSql	-85
cgHs	-91
CmpC	-98

5.2 Caracterização dos beacons

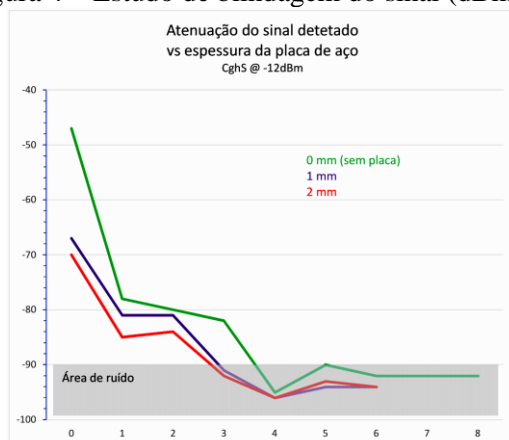
O próximo passo na definição da iluminação das áreas do CCLBC foi a caracterização da variação da intensidade de sinal dos *beacons* utilizados em função da distância que os separava do *smartphone*. Para tanto os beacons foram colocados numa área livre, ajustados para uma potência de transmissão de -12 dBm, -16dBm, -20dBm e -30dBm e a intensidade de sinal transmitida foi medida, de forma estática, entre 1 e 8 metros de distância, a cada metro. A Figura 3 apresenta a variação da RSSI detectada para um dos dispositivos (CghS). Os outros *beacons* tiveram desempenho similar. A área cinza indica a potência de ruído de fundo em espaço livre. Detecções com esta intensidade não são confiáveis para serem usadas em sistemas de orientação para mobilidade de deficientes visuais.

Figura 3 – Variação de RSSI (dBm) em função a distância (m).



Considerando que o dispositivo a ser colocado no portão de entrada do CCLBC seria configurado para emitir em 0 dBm de forma a ter um alcance maior na calçada, optou-se por bloquear o sinal na direção da porta de entrada da instituição (veja mapa na próxima seção). Foi conduzido um estudo de bloqueio de sinal de modo que a potência recebida dentro da instituição fosse pequena. Para tanto foram realizadas medidas de variação de RSSI em função da distância e da espessura, 1mm e 2mm, de uma placa de aço usada para blindagem do sinal. A Figura 4, abaixo, apresenta os resultados deste estudo.

Figura 4 – Estudo de blindagem do sinal (dBm/m).

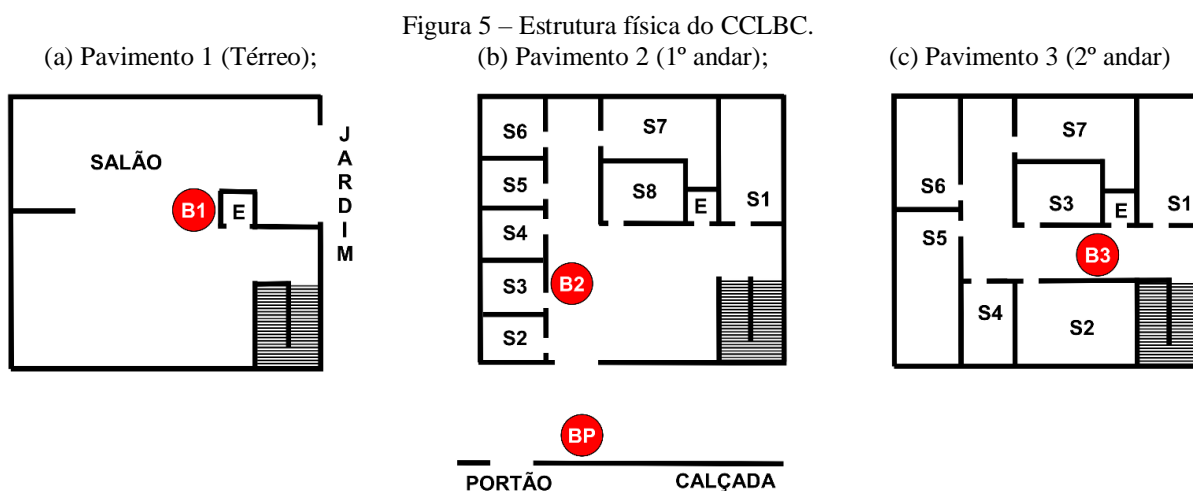


Observa-se que o sinal é atenuado em cerca de 20 dBm quando colocada uma placa de aço de 1mm de espessura entre o *beacon* e o *smartphone*. A inserção de uma placa de aço de 2mm

de espessura entre o dispositivo do portão e a porta de entrada da instituição mostrou-se adequada para bloquear o sinal deste *beacon* dentro da instituição.

5.3 Mapeamento das Intensidades e Instalações da instituição parceira

O CCLBC está instalado num prédio de 3 andares com grande circulação de deficientes visuais em todas as suas dependências, todos com acesso por elevador. O primeiro pavimento (térreo) se caracteriza por um amplo salão com entradas a partir da área externa e pela região do elevador e escadas. No primeiro andar fica a recepção, área administrativa e laboratório de informática. Este pavimento tem entradas pela região das escadas e pela porta principal. No segundo andar encontram-se as salas de atendimento e reunião com acesso somente pela região das escadas. A Figura 5 (a), (b) e (c) mostra a planta baixa de cada um dos andares da instituição, os lugares de posicionamento dos *beacons* para menor nível de interferência e intensidade de ruído e o nível de sinal dos dispositivos de outros andares detectado naquele pavimento (Legenda: S – sala; E – elevador).



Todos os dispositivos internos foram configurados para operarem em -12dBm , exceto o *beacon* instalado junto ao portão de entrada, próximo à calçada, que operou em 0 dBm de modo a ser detectado a mais de 20 metros de distância, o suficiente para ter sinal acima de -90 dBm se o usuário estiver num ônibus passando próximo à instituição. Nesta configuração ou sinal dos *beacons* de outros andares não eram detectados ou a diferença de intensidade de sinal era grande o suficiente para identificar o dispositivo daquele pavimento. Os círculos vermelhos indicam as posições dos *beacons* otimizadas para a minimização das interferências e ruídos. BN indicam os *beacons* dos pavimentos e BP o *beacon* do portão. As posições foram escolhidas considerando o fluxo de entrada das pessoas em cada andar de forma que somente o sinal do dispositivo instalado naquele pavimento seja detectado quando o deficiente se aproxima. No caso do salão, embora a entrada das pessoas se de preferencialmente pela área do jardim, existe um fluxo de pessoas vindo do primeiro andar na região das escadas/elevador, a qual serve a todos os pavimentos. Situação similar acontece no primeiro andar, onde, além do fluxo desta última região, a maioria das pessoas entra pela porta principal. O segundo e último andar é o mais simples já que o fluxo de entrada das pessoas se dá apenas pela região das escadas/elevador.

A Tabela 2 apresenta os valores de RSSI de cada *beacon* como detectado em cada pavimento. Cuidado deve ser tomado no caso de detecção do sinal em movimentação devido a

existência de zonas de transição no meio da escada o que pode levar, caso a direção do movimento seja invertida, a múltiplas detecções.

Tabela 2 – Valores de RSSI (dBm) por beacon por pavimento.

Beacon\Pavimento	P1	P2	P3	Calçada*
B1	-75	-101	-	-
B2	-90	-70	-95	-
B3	-	-100	-70	-
BP	-105	-95	-	-70

* distância de 20 metros do portão de entrada

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi demonstrada a otimização da iluminação por *beacons* (RF BLE) da estrutura física do Centro Cultural Louis Braille de Campinas. A otimização, feita a partir dos valores de RSSI detectados por um aplicativo desenvolvido pelos autores, tem por objetivo minimizar a interferência de sinal dos dispositivos instalados ao mesmo tempo que prioriza a detecção do sinal na entrada do ambiente. A intensidade do sinal detectado foi bastante robusta com incerteza menor do que 3% nos valores absolutos. Os resultados aqui apresentados servem de base para um outro artigo sobre sistema de navegação por *beacon* para deficientes visuais a ser publicado em outro lugar.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Centro Cultural Louis Braille de Campinas e à Tecexpert Brasil Soluções em Tecnologia Ltda pelo fornecimento dos *beacons*. Os autores Amilton C. Lamas e Gustavo G. Cirulo gostariam de agradecer à Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários (PROEXT) DA Pontifícia Universidade Católica de Campinas pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

BLUETOOTH. **Bluetooth Core Specification**. Disponível em <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>. Acesso em: 10 abril 2016

FARAGHER, Ramsey; HARLE, Robert. An Analysis of The Accuracy of Bluetooth Low Energy for Indoor Positioning Applications. **Proceedings** of the 27th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation, Tampa, Florida, September 2014.

FREITAS, Daiane Eliene de; LAMAS, Amilton da Costa. Jogo da Memória para Deficientes Visuais, aceito para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, Natal, RN, junho de 2018.

IBM. IBM Rational Software, Rational Software Corporation, uma divisão da IBM desde 2003. Disponível em: <https://www-01.ibm.com/software/br/rational/>. Acesso em: 19 abril 2018.

JAYAKODY, Anuradha J. A. D. C. *et al.* Indoor Positioning: Novel Approach for Bluetooth Networks using RSSI Smoothing. **International Journal of Computer Applications**, New York, USA, v.137, n.13, p.26-32, 2016.

LAMAS, Amilton da Costa. Estabelecendo o Vínculo Ensino-Extensão. **Anais do XIV Congresso Latinoamericano de Extensión Universitaria ULEU y II Congreso Centroamericano de Vinculación Universidad Sociedad CSUCA**, 2017a, Manágua, Nicarágua – Resumo disponível em: https://issuu.com/uleuoficinasur/docs/ponencias_aprobadas_uleu, anais em edição.

RADHAKRISHNAN, Meeralakshmi *et al.* Smartphones and BLE services: Empirical Insights. **Proceedings of IEEE 12th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems (MASS)**, pg 226-234, 2015.

TEXAS INSTRUMENTS. **Bluetooth® low energy Beacons**. Application Report. SWRA475A–January 2015. Disponível em: <http://www.ti.com/lit/an/swra475a/swra475a.pdf> Acesso em: 20 abril 2018.

BEACON FINGERPRINT OPTIMIZATION A RSSI USE CASE

Abstract: *Internal and external assistive systems for navigation are key for the autonomy promotion of the visually impaired. Most of such systems rely on the received signals intensity to select and broadcast the navigation instructions. This work presents a BLE Beacon RSSI intensity fingerprint for RF interference and noise reduction. This optimization is crucial for the development of guidance apps regarding to room positioning and topology. RSSI data were acquired with a specially designed app for Android based smartphones. Measurements were conducted at a visually impaired supporting partner institution. It is determined that the final beacon topology can promote the safe navigation of the visually impaired.*

Key-words: *Beacon, Fingerprint, Optimization, Visually impaired.*