

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COINT - TECNOLOGIA EM SISTEMAS PARA INTERNET
CURSO DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS PARA INTERNET

PETERSON MEDEIROS

**SOLUÇÃO DE LOCALIZAÇÃO INDOOR UTILIZANDO SINAL
802.11**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA
2018

PETERSON MEDEIROS

**SOLUÇÃO DE LOCALIZAÇÃO INDOOR UTILIZANDO SINAL
802.11**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Me. Hermano Pereira
UTFPR

Coorientador: Esp. Maurício Barfknecht
UTFPR

GUARAPUAVA
2018

*Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo,
não precisa temer o resultado de cem batalhas.
Se você se conhece mas não conhece o inimigo,
para cada vitória ganha sofrerá também uma
derrota. Se você não conhece nem o inimigo
nem a si mesmo, perderá todas as batalhas...
(Sun Tzu, A Arte da Guerra, Séc IV a.C).*

RESUMO

MEDEIROS, Peterson. SOLUÇÃO DE LOCALIZAÇÃO INDOOR UTILIZANDO SINAL 802.11. 2018. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2018.

As Redes Sem-fio tem cada vez mais espaço nas indústrias, escolas, escritórios, comércios e no cotidiano das pessoas. Computadores portáteis já são uma realidade em nosso cotidiano. Inúmeras novas aplicações continuam a emergir para as áreas de entretenimento, de segurança, médica, industrial, de automação, entre outras. As principais Redes Sem-fio são: Redes Ad-Hoc, Redes de Sensores Sem-fio (*Wireless Sensor Network-WSN*) e as Redes em Malha Sem-fio (*Wireless Mesh Network-WMN*). Estas redes podem ser utilizadas de diferentes formas, mas o princípio de funcionamento é comum a todas elas: os pacotes são transportados em múltiplos saltos, sem a necessidade de um elemento mediador, como um ponto de acesso. São redes autônomas, flexíveis, tolerantes a falhas e de fácil instalação. A solução proposta consiste em localizar uma pessoa em um determinado espaço sem a necessidade de ligações ou troca de mensagens, simplesmente utilizando o sinal ieee 802.11. A pesquisa tem foco no estudo e coleta de informações de redes sem fio próximas para realizar um cálculo, identificando assim, a localização atual da pessoa se a mesma estiver dentro das extremidades do ambiente mapeado.

Palavras-chave: Localização indoor. Android. Redes.

ABSTRACT

MEDEIROS, Peterson. INDOOR LOCALIZATION SOLUTION USING 802.11 SIGNAL . 2018. [22](#) f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2018.

Wireless Networks has more and more space in industries, schools, offices, trades and people's daily lives. Smartphones are already a reality in our daily. Numerous of a new applications continue to emerge into the entertainment, safety, medical, industrial, automation, among others. The main Wireless Networks are: Ad-Hoc Networks, Wireless Sensor Networks (WSN) and Wireless Mesh Network (WMN). These networks can be used in different ways, but the principle of operation is common at all of them: packets are carried in multiple hopping, without need a mediator element, as an access point. They are autonomous, flexible, fault tolerant and easy to install. The proposed solution is to locate a person in a certain space without the need for connections or exchange of messages simply by using the ieee 802.11 signal. The research focuses on the study and collection of information from nearby wireless networks to perform a calculation, thus identifying the current location of the person if it is within the ends of the mapped environment.

Keywords: Indoor localization. Android. Networks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação técnica ToA	5
Figura 2 – Trilateração	6
Figura 3 – Roteador WIFI	7
Figura 4 – Acess Point	8
Figura 5 – Aplicação Wifi Analyzer	11
Figura 6 – Exemplo de ambiente controlado	14
Figura 7 – Interface inicial aplicação teste	16
Figura 8 – Aplicação recebe os dados da rede conectada	17
Figura 9 – Aplicação recebe os dados da rede conectada de longe	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DECOM	Departamento de Computação
RSSI	received signal strength indication
MAC	Media Access Control
WLAN	Wireless Lan
Wi-Fi	Wireless Fidelity (IEEE 802.11)
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
RFID	Radio-Frequency Identification
AP	Access Point
WMN	Wireless Mesh Network
WSN	Wireless Sensor Network
WDS	Wireless Distribution System
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
LBS	Location Based Services
EUA	Estados Unidos da America

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 DESCRIÇÃO GERAL	1
1.2 DESCRIÇÃO ESPECÍFICA	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 OBJETIVO GERAL	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
2 – REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO INDOOR & OUTDOOR	4
2.2 TÉCNICAS DE LOCALIZAÇÃO INDOOR	4
2.2.1 TÉCNICA BASEADA EM PROXIMIDADE	4
2.2.2 TÉCNICA BASEADA EM ANGULO DE CHEGADA (ToA)	4
2.2.3 TÉCNICA BASEADA EM TRILATERAÇÃO	6
2.2.4 TÉCNICA BASEADA EM TRIANGULAÇÃO	6
2.3 REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.3.1 SMART PHONE	7
2.3.2 ROTEADORES WI-FI	7
2.3.3 ACESS POINT	7
2.3.4 WI-FI	8
2.3.5 IEEE	9
2.4 TRABALHOS RELACIONADOS	9
2.4.1 LOCALIZAÇÃO INDOOR BASEADA NA LEITURA BIDIRECIONAL DO RSSI	9
2.4.2 DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO INDOOR DE BAIXO CONSUMO	9
2.4.3 LOCALIZAÇÃO INDOOR VIA KDE EM ASSINATURAS DE RSSI	10
2.5 APLICAÇÕES RELACIONADAS	10
2.5.1 WIFI ANALYZER	10
2.5.2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO MÓVEL CELULAR	10
2.6 DIFERENCIAL TÉCNOLOGICO	11
3 – METODOLOGIA	13
3.0.1 DEFINIÇÃO DAS TÉCNOLOGIAS	13
3.0.2 ESTUDO DAS TÉCNOLOGIAS	13
3.0.3 AMBIENTE CONTROLADO	13

3.0.4	CAPTURA DO SINAL	14
3.0.5	DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO ANDROID	14
3.0.6	AMBIENTE DE TESTES	15
3.0.7	REALIZAÇÃO DOS PRIMEIROS TESTES	15
3.0.8	DESENVOLVIMENTO	15
3.0.9	EQUAÇÃO	15
3.0.10	DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR	16
3.1	FATORES DE VARIAÇÃO DO RSSI	18
3.1.1	VARIABILIDADE DO TRANSMISSOR	19
3.1.2	VARIABILIDADE DO RECEPTOR	19
3.1.3	ORIENTAÇÃO DA ANTENA	19
4	– CONCLUSÃO	20
4.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
	Referências	21

1 INTRODUÇÃO

1.1 DESCRIÇÃO GERAL

A localização de pessoas ou objetos é hoje em dia um tema de pesquisa de bastante interesse tanto a nível acadêmico como também a nível industrial. Várias aplicações atualmente necessitam ou fazem uso da informação de localização de pessoas ou objectos tais como: segurança automóvel, navegação área ou marítima, controle de estoques de mercadorias, controle estatístico de preferência dos clientes, ativação de eventos através da proximidade de pessoas, entre outros. Os sistemas de localização dizem respeito a um conjunto de dispositivos, técnicas, algoritmos e aplicações que em conjunto estimam as coordenadas absolutas ou relativas de uma pessoa ou objecto num determinado ambiente de localização. (BRÁS, 2009a)

A função inicial que deu origem aos sistemas de localização foi o suporte a aplicações militares em ambientes externos (*outdoor*). A infra-estrutura deste tipo de sistemas é usualmente formada por estações terrestres e uma constelação de satélites, possibilitando assim a obtenção geográfica da localização. O sistema norte-americano GPS *Global Positioning System* (MOORE; CROSSLEY, 1999) e o sistema russo GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*) (LEICK, 1998) são exemplos desse tipo de sistemas.

Atualmente a infra-estrutura da rede celular também possibilita serviços de localização em ambientes *outdoor* através de técnicas como o *Cell ID*, *O-TDOA (Oriented Time Difference if Arrival)* e o *A-GPS (Assisted GPS)* (ZEIMPEKIS; GIAGLIS; LEKAKOS, 2002)

Os primeiros sistemas de localização interiores (*indoor*) foram baseados em sinais infravermelhos e em “tapetes” especiais que incorporavam sensores de pressão (ORR; ABOWD, 2000)

Nos sistemas baseados em infravermelhos, receptores captam os sinais de identificação emitidos por transmissores infravermelhos acoplados a pessoas ou objectos que se pretendem localizar. No caso de sistemas baseados em sensores de pressão a informação é obtida com a ativação dos sensores através do peso da pessoa ou objeto sobre o sensor. Nos últimos anos, o desenvolvimento de dispositivos móveis e redes sem fios de curto alcance levaram a um desenvolvimento de sistemas de localização *indoor* baseados em sinais de rádio-frequência (RF).

Estes sistemas de localização usam diversas tecnologias de comunicação, entre elas: *RFID (Radio-Frequency Identification)*, *Wi-Fi (Wireless Fidelity – IEEE 802.11)*, *Bluetooth (IEEE 802.15.1)*, *UWB (Ultra-Wide Band – IEEE 802.15.3)* e *ZigBee (IEEE 802.15.4)*.

A tecnologia ZigBee (BARONTI et al., 2007) revelou-se bastante promissora devido a várias características tais como: baixo consumo, protocolação simples, adaptação com várias topologias de rede, baixa latência, entre outras. A estimativa da localização através desta tecnologia é baseada na potência do sinal RF. Esta pode ser realizada pelos próprios terminais da rede (*end devices*) ou através de sinais captados pelos sensores de referência (*routers*) que

posteriormente reencaminham as informações para o servidor que estima a localização de acordo com um determinado algoritmo de localização. O primeiro modo representa o funcionamento típico do CC2431 *Location Engine* (AAMODT, 2011) da *Texas Instruments* (TI) e o segundo representa o modo adotado para um sistema desenvolvido onde o custo energético é mínimo.

A estimativa da localização baseada neste tipo de sinal depende de diversos fatores inerentes à natureza do próprio sinal. Estes sinais em ambientes *indoor* não são estáveis, onde podem sofrer reflexão, absorção, espalhamento e difração do sinal. A presença de obstáculos (mesas, cadeiras, armários), o número e disposição das pessoas, a própria geometria do ambiente influenciam a estabilidade do sinal de rádio frequência podendo por vezes levar a perdas significativas da potência do sinal (REIS; FERNANDEZ, 2007).

1.2 DESCRIÇÃO ESPECÍFICA

Uma ideia alternativa aos sistemas baseados em sinais de ultrassom, de infravermelho, de antenas de celular e de satélites para resolver o problema de localização em ambientes fechados é estabelecer um compromisso entre o tamanho das células de cobertura e o custo do investimento em infra-estrutura. Essa alternativa tem se concretizado através da exploração dos sinais das redes Wi-Fi. Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) é um termo que identifica redes e dispositivos que implementam a especificação IEEE 802.11 para redes sem fio (ANSI/IEEE, 1999). Uma rede Wi-Fi estruturada, é composta por dispositivos que se comunicam por sinais de rádio-frequência dentre os quais um ou mais são Pontos de Acesso (PA). PAs são dispositivos que, por um lado, conectam-se à rede cabeada e, por outro, comunicam-se com os outros dispositivos Wi-Fi através de sinais de rádio-frequência, servindo como ponte para que tais dispositivos acessem a rede. Com o aumento da utilização de dispositivos móveis e considerando que a implantação de uma rede cabeada pode ser complicada dependendo da estrutura física do ambiente, cada vez mais se opta pela utilização de redes Wi-Fi. Muitos edifícios como *shoppings centers*, escolas, escritórios, fábricas e outros já possuem vários PAs em funcionamento, fornecendo acesso às suas respectivas redes. Essa infra-estrutura pode ser utilizada por um sistema de localização que analise os sinais das redes para inferir coordenadas de posição dos dispositivos no ambiente. À primeira vista, apesar de sofrer dos mesmos problemas de imprevisibilidade da forma de propagação do sinal que os sistemas que usam antenas de celular sofrem, o fato de as células de cobertura das redes Wi-Fi serem menores, por si só, já implicam maior precisão e exatidão.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em quatro capítulos principais, sendo eles, o capítulo 1, a introdução, onde além do texto de introdução do projeto, encontram-se descritos os objetivos do projeto, sendo separados em objetivo geral e objetivos específicos. No capítulo 2 será feita a revisão da literatura e fundamentação teórica, contendo conceitos e informações importantes sobre a área de estudo em que o projeto se encontra. O capítulo 2 está estruturado contendo

seções menores. Na seção 2.1 será abordado sobre Localização *indoor* e *outdoor*, na 2.2 será apresentado os tipos de localização *indoor* sendo a 2.2.1 a técnica baseada em proximidade, 2.2.2 técnica baseada em ângulo de chegada (ToA). 2.2.3 Técnica baseada em trilateração 2.2.4 técnica baseada em triangulação. Na sessão 2.3 teremos um referencial teórico onde falamos um pouco sobre os materiais que serão utilizados neste trabalho. 2.3.1 o *Smart Phone*. 2.3.2 Roteadores wifi. 2.3.3 *Acess Point* e por fim o 2.3.4 sobre wifi. Na sessão 2.4 temos alguns trabalhos relacionados a este, os quais foram de grande ajuda para desenvolvimento do mesmo. No capítulo 3, será apresentada a metodologia envolvida no trabalho, passando por diversas seções descrevendo cada etapa que será realizada no desenvolvimento do projeto, desde a definição e estudo das tecnologias, ambiente controlado, captura do sinal, etc. Na seção 3.0.8, será descrito de maneira mais teórica a equação que será utilizada para calcular a localização. Por fim, no capítulo 4, serão feitas as conclusões e as considerações finais acerca do tema e do projeto.

1.4 OBJETIVOS

Nesta sessão serão resumidos de forma clara e objetiva os objetivos deste trabalho. Começando pelo objetivo geral onde é explicado de forma resumida o que o trabalho pretende fazer e como, e na segunda parte citamos os objetivos específicos que é uma breve descrição de como pretendemos alcançar o proposto anteriormente.

1.4.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar um ambiente controlado livre de ruídos para instalação de pelo menos 3 pontos de acesso que servirão de referência para localização de um dispositivo utilizando uma aplicação que fará o cálculo da localização seguindo a equação sugerida já por (JAMES; KEITH, 2006) que atende de forma simplória e legível aos requisitos deste trabalho.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Utilizar localização *indoor* para localizar um dispositivo dentro de um ambiente controlado através da força do sinal (RSSI) e tentando minimizar o máximo possível a margem de erro da localização. Após localizar informar o local onde o mesmo se encontra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO INDOOR & OUTDOOR

Sistemas de Localização têm por objetivo identificar o endereço de um objeto móvel ou fixo em um sistema de coordenadas. Pode-se utilizar diferentes sistemas de coordenadas dependendo do sistema de localização. Por exemplo: O Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System-GPS*) usa latitude, longitude e altitude para referenciar a posição de um objeto no globo terrestre. Um sistema de localização predial, como em uma fábrica, pode usar o mapeamento do edifício em quadrantes como sistema de coordenadas. Independente do sistema de coordenadas adotado o Método de Localização requer o conhecimento prévio do posicionamento de pelo menos três elementos que servirão de referências no sistema. A razão da existência da separação entre sistemas *indoor* e sistemas *outdoor* está no centro da questão do porquê se pesquisa tanto nessa área e porque não temos nenhuma solução fechada para o dia a dia. A situação dos já bem estruturados sistemas de geoposicionamento que deram a solução definitiva para os problemas de localização *outdoor*, assim com razões para o contínuo interesse em sistemas *indoor* será visto a seguir.

2.2 TÉCNICAS DE LOCALIZAÇÃO INDOOR

Nesta sessão serão abordadas as técnicas de localização *indoor* mais conhecidas e utilizadas nos trabalhos pesquisados. A seguir será dado o nome de cada uma e uma breve explicação de como funciona.

2.2.1 TÉCNICA BASEADA EM PROXIMIDADE

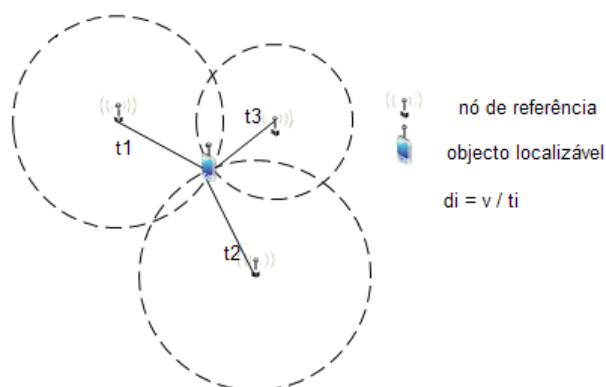
Esta técnica está relacionada com a detecção de objectos baseado em sua proximidade com os dispositivos de referência. Nesta técnica apenas é identificado que o dispositivo foi localizado próximo do dispositivo de referência mas não é conhecido a exata distância entre os dispositivos. Quando um dispositivo é detectado por um único nó, a localização do dispositivo é considerada próxima desse nó. Caso a detecção seja efetuada por mais de um nó de referência a posição é atribuída ao nó que detectar maior potência de sinal, como é o caso de um dos modos de localização do sistema implementado. Sistemas baseados em infravermelhos e RFID (*radio frequency identification*) usualmente utilizam esta técnica.

2.2.2 TÉCNICA BASEADA EM ÂNGULO DE CHEGADA (ToA)

Como o nome sugere, esta técnica se baseia na medição do tempo de chegada de um sinal entre o transmissor e o receptor. Através da cronometragem do tempo de percurso (*time of flight - ToF*) entre a transmissão do sinal e sua recepção no elemento receptor é possível

calcular a distância entre os dois dispositivos. Nesta técnica é necessário um sincronismo muito preciso entre o transmissor e o receptor. Neste caso, um desvio de 1 micro segundo na medição do tempo poderá impor erros de centenas de metros. A determinação da posição segundo esta técnica poderá ser realizada pelo controlador da rede ou pelo dispositivo móvel. No primeiro caso o controlador envia um pedido de localização para a rede, isto possibilita aos dispositivos de referência a inicialização de uma escuta sincronizada. O dispositivo localizável ao receber o pedido de localização responde com um sinal que será recebido pelos dispositivos de referências. Os diferentes dispositivos de referência irão calcular a diferença temporal entre o pedido de localização e a resposta do dispositivo móvel que corresponderá ao tempo de chegada do sinal. Estes dados serão enviados para o controlador que, obtendo no mínimo três tempos de chegada de dispositivos de referência não colineares, poderá calcular a distância destes ao dispositivo móvel através do conhecimento prévio da velocidade de propagação. Para uma obtenção de valores mais precisos poder-se subtrair a esta diferença temporal o tempo de processamento do dispositivo móvel desde a recepção do pedido até a resposta deste.

Figura 1 – Representação técnica ToA



Fonte: Brás (2009b)

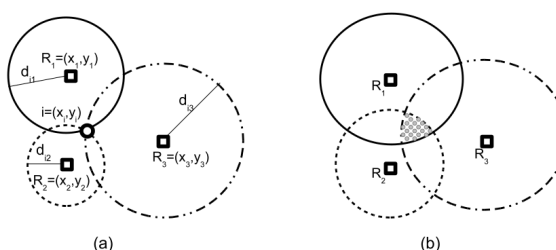
Na figura 1 é representada a técnica *ToA*, onde t_1 a t_3 representam o *ToA* entre os dispositivos de referência e o dispositivo cuja localização se pretende estimar. Sabendo a velocidade de propagação do sinal é possível calcular a distância entre eles. Esta distância é definida como o raio da esfera centrada num respectivo ponto de referência. A intercepção das esferas (pelo menos três) possibilita a estimativa da posição do dispositivo. (BRÁS, 2009b) No segundo caso, onde o cálculo é efetuado pelo dispositivo, é realizado um envio periódico de mensagens por parte dos dispositivos de referência. Eles enviam uma mensagem indicando quando foi iniciada a emissão do sinal e a sua posição. O dispositivo móvel, ao receber esta mensagem de diferentes dispositivos de referência e sabendo da velocidade de propagação do sinal consegue estimar a distância a que se encontra dos dispositivos de referência. A partir deste momento, através do uso de cálculos geométricos é possível estimar a posição do dispositivo móvel. Existe uma variante desta última técnica, designada RTOF (*Roundtrip time of flight*). Nesta técnica o dispositivo mede o intervalo de tempo entre o envio do seu sinal e a

recepção da resposta dos dispositivos de referência, não sendo necessário o envio na mensagem do tempo em que foi realizada a transmissão do sinal. Esta técnica funciona como um radar comum.

2.2.3 TÉCNICA BASEADA EM TRILATERAÇÃO

Utilizando-se qualquer técnica para se estimar a distância entre o nó desconhecido e três nós de referência (d_{i1} , d_{i2} , d_{i3}), a trilateração determina a localização geográfica do nó desconhecido a partir da posição previamente conhecida dos nós de referência através da determinação da intersecção de 3 círculos com centro nas referências e raios iguais às estimativas de distâncias (SAVVIDES; HAN; STRIVASTAVA, 2001) A partir da estimativa da distância d_{i1} até o nó de referência $R1$ sabe-se que o nó desconhecido deve estar localizado em algum ponto sobre o círculo de raio d_{i1} . O mesmo ocorrendo para as referências $R2$ e $R3$. Sendo assim, a intersecção das circunferências corresponde à localização do nó. A figura 2 apresenta este cenário de localização utilizando a trilateração para o caso hipotético onde não haja erros nas estimativas de distância relativa e também para o caso real onde considera-se a ocorrência de erros de medição e então a localização mais provável do nó é em algum ponto da área de intersecção das três circunferências.

Figura 2 – Trilateração



Fonte: Trevisan (2009)

2.2.4 TÉCNICA BASEADA EM TRIANGULAÇÃO

Esta técnica baseia-se nas propriedades geométricas dos triângulos e pode ser baseada numa técnica baseada na distância (*lateration*) ou na diferença angular (*angulation*) entre dispositivos. Através da medição do tempo de propagação do sinal entre o emissor e vários receptores, e conhecendo previamente a velocidade de propagação deste, é possível estimar a distância do dispositivo localizável a vários pontos de referência. Do mesmo modo, medições do nível de potência recebido, RSSI, permitem calcular a distância percorrida do sinal relacionando a potência de emissão e recepção com um modelo de perdas de propagação. Através da obtenção de pelo menos três distâncias é possível estimar a localização do dispositivo. Ambos estes casos se encaixam na técnica *lateration*. Na técnica *angulation*, é efetuado o cálculo

posicional baseado numa medição angular, onde se estima a posição relacionando a direcção de propagação entre o objeto e vários pontos de referência.

2.3 REFERENCIAL TEÓRICO

2.3.1 SMART PHONE

O ano de 2007, marcado pelo lançamento do primeiro dispositivo mobile da Apple, o iPhone, revolucionou o mercado de telecomunicações mundial ao reinventar e redefinir o conceito de smartphone. Para adiante, então, observamos o que foi considerado por alguns autores como o início de uma nova era, pautada por alterações profundas no modo como as pessoas se relacionam e, conseqüentemente, no modo como as empresas se relacionam com as pessoas. (COUTINHO, 2015)

2.3.2 ROTEADORES WI-FI

Um roteador wireless (*wireless router* em inglês) é um dispositivo de redes que executa a função de um roteador mas também inclui as funções de um access point. Ele é normalmente usado para criar um acesso para Internet ou uma rede de computadores sem a necessidade de cabos para conectá-los. Roteadores wireless podem ser utilizados em lugares como aeroportos e escolas com redes sem fio.

Figura 3 – Roteador WIFI



Fonte: Luiza (2014)

2.3.3 ACESS POINT

Access point ou ponto de acesso é um dispositivo que permite interligar duas redes sem fio entre si ou uma rede a vários dispositivos. Em geral, o access point se conecta a uma rede cabeada, e fornece acesso sem fio a esta rede para dispositivos móveis no raio de alcance do sinal de rádio. Há várias formas de configuração de um mesmo dispositivo access point. Tal configuração depende do serviço a ser prestado pelo access point e dos dispositivos que irão

acessar o mesmo. A configuração de um access point nem sempre é um processo simples pois, como os dispositivos são versáteis demais, oferecem dezenas de configurações para cada um dos modos de operação. Isto muitas vezes torna confuso escolher a configuração desejada.

Figura 4 – Access Point



Fonte: Digital (2012)

Um exemplo comum de utilização de access point: uma determinada rede sem fio tem um alcance de 50m e é necessário levar o sinal sem fio a 80 metros do roteador wireless. Utilizando um access point com a funcionalidade WDS (*wireless distribution system*) é possível estender a rede sem fio além do alcance original da mesma. Há várias outras maneiras de utilizar um access point, mas nem todos tem as mesmas possibilidades de interligação. Sempre verifique se o modelo a ser adquirido irá realmente atender às suas necessidades e se tem o modo de operação necessário a isto.

2.3.4 WI-FI

A expressão hoje se tornou um sinônimo para a tecnologia IEEE 802.11, que permite a conexão entre diversos dispositivos sem fio. Amplamente utilizado na atualidade, a origem do termo, diferente do que muito acreditam, não tem um significado específico. A expressão Wi-Fi surgiu como uma alusão à expressão *High Fidelity* (Hi-Fi), utilizada pela indústria fonográfica na década de 50. Assim, a o termo Wi-Fi nada mais é do que a contração das palavras *Wireless Fidelity*, algo que se traduzido não representa muito bem a tecnologia em questão.

As redes Wi-Fi funcionam por meio de ondas de rádio. Elas são transmitidas através de um adaptador, o chamado “roteador”, que recebe os sinais, decodifica e os emite a partir de uma antena. Para que um computador ou dispositivo tenha acesso a esses sinais, é preciso que ele esteja dentro um determinado raio de ação, conhecido como *hotspot*. O raio de ação de uma rede Wi-Fi é variável, de acordo com o roteador e a antena utilizada. Essa distância

pode variar de 100 metros, em ambientes internos, a até 300 metros, em ambientes externos. O mesmo tráfego de dados ocorre no sentido oposto estabelecendo, assim, a comunicação entre os dispositivos. Amplamente difundido no mercado, o Wi-Fi hoje busca novos padrões de forma a alcançar velocidades cada vez mais altas na transferência de dados. O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos trabalha em um novo padrão que permitiria o envio de dados a velocidades de até 22 Mbps, atingindo distâncias de até 100 quilômetros.

2.3.5 IEEE

O *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) ou IEEE é uma organização profissional sem fins lucrativos, fundada nos Estados Unidos. É a maior organização profissional do mundo dedicada ao avanço da tecnologia em benefício da humanidade. O IEEE foi formado em 1963 pela fusão do Instituto de Engenheiros de Rádio (IRE) com o Instituto Americano de Engenheiros Eletricistas (AIEE). O IEEE tem filiais em muitas partes do mundo, sendo seus sócios engenheiros eletricitistas, engenheiros da computação, cientistas da computação, profissionais de telecomunicações etc. Sua meta era promover conhecimento no campo da engenharia elétrica, eletrônica e computação, mas atualmente sua abrangência incorpora áreas como a micro e nanotecnologias, ultrassom, bioengenharia, robótica, materiais eletrônicos, e muitos outros. Um de seus papéis mais importantes é o estabelecimento de padrões para formatos de computadores e dispositivos. (IEEE. . . ,)

2.4 TRABALHOS RELACIONADOS

Nessa seção apresento alguns trabalhos e pesquisas com temas relacionados a este trabalho, depois apresento algumas aplicações que contém partes que serão usadas como referência na aplicação.

2.4.1 LOCALIZAÇÃO INDOOR BASEADA NA LEITURA BIDIRECIONAL DO RSSI

Este trabalho aborda a elaboração de um método de estimativa de distância em uma rede sem fio, para ambientes internos, considerando a necessidade de adaptação para diferentes tipos de ambiente, devido ao grau de interferência presente no meio. O método é fundamentado na leitura bidirecional do RSSI (Receive Signal Strength Indicator) e visa minimizar o erro das estimativas de distância baseadas na intensidade do sinal. (BELLECIERI; JABOUR; JABOUR, 2016)

2.4.2 DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO INDOOR DE BAIXO CONSUMO

Atualmente, os sistemas de localização apresentam-se como uma área em forte expansão. Os sistemas de localização possibilitam inúmeras vantagens para o controle e gestão a nível empresarial como a nível residencial. Sendo o consumo energético um factor de tremenda

importância destes. Este trabalho propõe um sistema de localização indoor de baixo consumo energético baseado na plataforma CC2431ZDK utilizando a tecnologia *ZigBee*. Foi também desenvolvida uma interface gráfica em linguagem Java de fácil utilização onde é possível ao utilizador configurar e seleccionar o modo de localização desejado. Esta poderá ser baseada em proximidade, maior nível de potência detectado por sensores de referência ou numa localização de maior exactidão através de uma rede neuronal. Por fim, foi proposto o uso de uma antena com diagrama de radiação mais adequado para uma localização por proximidade comparativamente às antenas fornecidas na plataforma CC2431ZDK, deste modo foi desenhada e analisada uma antena impressa. (BRÁS, 2009b)

2.4.3 LOCALIZAÇÃO INDOOR VIA KDE EM ASSINATURAS DE RSSI

O projeto consiste em um sistema de localização indoor desenvolvido para rodar em smartphones, ele faz parte de um projeto maior de localização e rastreamento robusto às variações do ambiente. Entretanto este projeto se restringe ao caso de localização do aparelho em estado imóvel, desconsiderando também variações do ambiente. O algoritmo se baseia no mapeamento das assinaturas RSSI, i.e. indicadores da potência do sinal, assim como suas variações, construindo, então, uma malha de pontos e associando à cada ponto uma distribuição de probabilidade. Esta distribuição deve ser estimada pelo método de KDE – Kernel Density Estimation. O algoritmo, então, cruza os dados de RSSI medidos em tempo real com as informações contidas nas distribuições de probabilidade, através de uma inferência Bayesiana, para determinar o local mais provável de origem dos vales de RSSI aferidos. O algoritmo foi capaz de obter uma acurácia de mais de 90% dos testes realizados (SOARES, 2013)

2.5 APLICAÇÕES RELACIONADAS

Nesta sessão serão abordados algumas aplicações *mobile* que fazem o mesmo ou parecido com o objetivo deste trabalho.

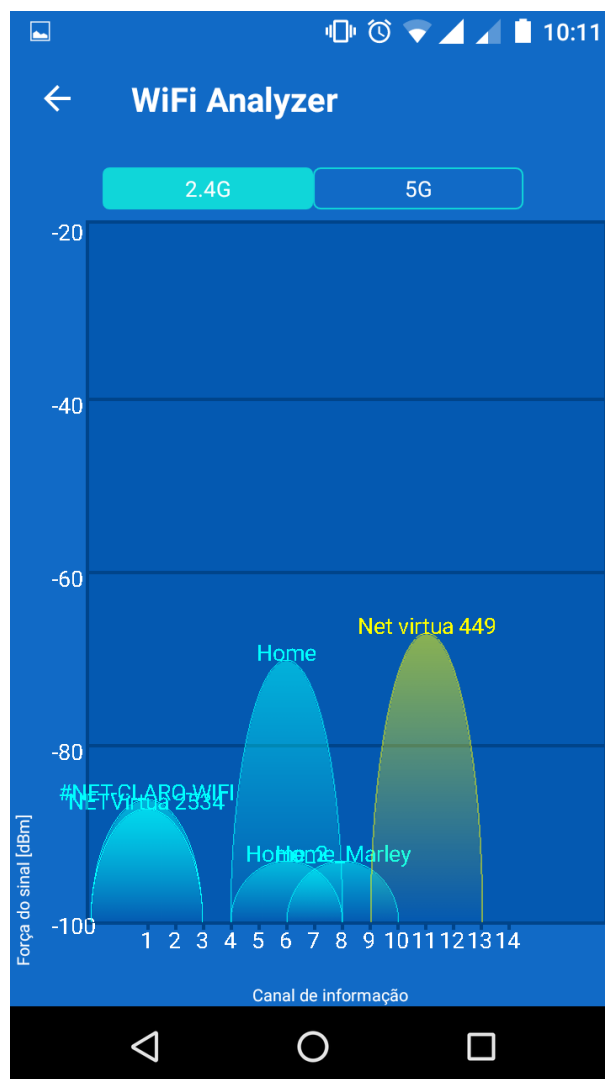
2.5.1 WIFI ANALYZER

Esta ferramenta tem como objetivo identificar o melhor canal para seu roteador *wireless*. Contudo podemos ver na figura 5 que ele mostra todas as redes disponíveis e mostra também o nível de sinal de cada uma. Sendo assim, podemos usar uma lógica parecida para medir o sinal das demais redes.

2.5.2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO MÓVEL CELULAR

Cell Based Positioning é o sistema de localização utilizado em redes móveis celulares cujo desenvolvimento foi impulsionado principalmente pelos EUA para provisionamento de localização de assinantes para serviços de emergências. O terminal móvel deve ser capaz de avaliar o enlace até pelo menos 3 estações rádio bases e estimar a distância até as mesmas.

Figura 5 – Aplicação Wifi Analyzer



Fonte: O autor

Sua posição é então estimada num processo de trilateração (explicado na figura 2) com base nas coordenadas fornecidas pelas estações rádio base. Atualmente aplicações de LBS (*Location Based Services* - Serviços Baseados em Localização) estão sendo pesquisados com o objetivo de oferecer serviços dependentes da localização do cliente. A aplicação deste sistema em redes sem fio é bastante restrita devido à grande distância entre as estações rádio base, o que implica em erros nas estimativas de distância maiores que os requeridos para a maioria das aplicações. A localização em redes móveis celulares se dá com precisão de 50m a 100m (ILYAS; MAHGOUB, 2004)

2.6 DIFERENCIAL TÉCNICO

Os trabalhos aqui citados como relacionados tem a mesma finalidade que é a localização do dispositivo em um ambiente *indoor*. Alguns utilizam sensores e outros aparelhos, porém

este trabalho visa o desenvolvimento de uma aplicação onde não sejam necessários o uso de aparelhos além do próprio *smartphone* e a rede a qual estaria conectada. Outro fato interessante no projeto é a questão de poder ou não ser localizado, tendo isso controlado através de um botão onde pode ligar ou desligar a localização, semelhante ao GPS permitindo assim, que o usuário do aplicativo escolha ser localizado ou não.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentadas e descritas as etapas que serão realizadas a fim de cumprir com os objetivos inicialmente propostos. Sendo assim, o presente capítulo está organizado da seguinte maneira:

- Definição das tecnologias
- Estudo das tecnologias
- Ambiente controlado
- Captura do sinal
- Desenvolvimento da aplicação android
- Ambiente de testes
- Realização dos primeiros testes
- Desenvolvimento
- Equação
- Desenvolvimento preliminar

3.0.1 DEFINIÇÃO DAS TÉCNOLOGIAS

Em um primeiro momento, serão definidas as tecnologias a serem utilizadas. É importante ressaltar que o projeto será desenvolvido levando em consideração as limitações impostas pelas tecnologias definidas. Levando isso em consideração, será importante que a escolha seja feita com base nas quais atendam as necessidades do projeto. Para a escolha, critérios como a comunidade relacionada, facilidade de acesso, eficácia, documentação entre outros.

3.0.2 ESTUDO DAS TÉCNOLOGIAS

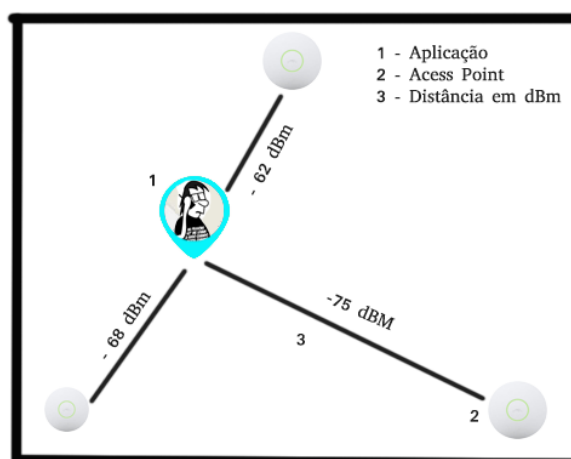
Esta etapa é constituída por diversas pesquisas na Internet, em livros, documentações, manuais, entre outros, referentes a todas as tecnologias que serão utilizadas no projeto, até que seja formada uma base de conhecimento necessária para dar início ao desenvolvimento propriamente dito. Vale lembrar também que o estudo da literatura disponível se estende durante todo o desenvolvimento.

3.0.3 AMBIENTE CONTROLADO

Inicialmente planeja-se o uso de uma sala livre de interferência e ruídos que possam atrapalhar na precisão da localização. O ambiente será aberto e livre de paredes ou portas. Serão posicionados 3 AP's (*Access Points*) em lugares desta sala e serão testados baseado na intensidade de sinal de cada um.

Na figura 6 podemos visualizar de forma simplória um desenho de um suposto ambiente controlado onde aleatoriamente foram posicionados 3 Ap's. Também é mostrado a localização onde o usuário pode estar e a quantidade de dBm's referente a cada distância que está dos aparelhos.

Figura 6 – Exemplo de ambiente controlado



Fonte: O autor

3.0.4 CAPTURA DO SINAL

Inicialmente planeja-se capturar o sinal *wireless* utilizando o próprio sistema android. Utilizando a documentação no site podemos conseguir montar pequenas aplicações que nos permitem fazer um *scan* da rede e identificar a intensidade do sinal no momento.

3.0.5 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO ANDROID

Android é um sistema operacional (SO) baseado no núcleo Linux e atualmente desenvolvido pela empresa de tecnologia Google. Com uma interface de usuário baseada na manipulação direta, o Android é projetado principalmente para dispositivos móveis com tela sensível ao toque como smartphones e tablets; com interface específica para TV (Android TV), carro (Android Auto) e relógio de pulso (Android Wear). (ANDROID,) O sistema operacional utiliza-se da tela sensível ao toque para que o usuário possa manipular objetos virtuais e também de um teclado virtual. Apesar de ser principalmente utilizado em dispositivos com tela sensível ao toque, também é utilizado em consoles de videogames, câmeras digitais, computadores e outros dispositivos eletrônicos.

O Android é o sistema operacional móvel mais utilizado do mundo, e, em 2013, possuía a maior porcentagem das vendas mundiais de SO móveis. (ANDROID... ,)

Nesta etapa será utilizado alguma IDE ou editor de texto para o desenvolvimento da aplicação a qual deverá realizar a verificação da intensidade do sinal e instantaneamente realizar o cálculo de posicionamento atual.

3.0.6 AMBIENTE DE TESTES

Como já mencionado anteriormente a aplicação será executada primeiramente em um ambiente controlado livre de interferência e ruídos ou qualquer outro tipo de interferência salvo os citados anteriormente também que podem variar baseado no aparelho ou receptor. O ambiente será em uma sala aberta como foi ilustrado na figura 6 onde serão posicionados os *access points* em diferentes lugares a fim de testar a precisão da aplicação junto aos testes.

3.0.7 REALIZAÇÃO DOS PRIMEIROS TESTES

Após o desenvolvimento e codificação da aplicação serão feitos testes nas funcionalidades com o objetivo de identificar quaisquer erros que possam prejudicar o sistema, garantindo assim, o funcionamento de acordo com os objetivos anteriormente propostos, verificando a estabilidade e consistência dos dados enviados e recebidos através da aplicação, efetuando correções e mudanças sempre que necessário.

3.0.8 DESENVOLVIMENTO

Tendo definido as tecnologias e materiais necessários para a aplicação tornar-se funcional da-se início ao desenvolvimento e prototipagem do sistema, o qual podemos de maneira simplória separar em três partes sendo uma o desenvolvimento da aplicação android, outra o mapeamento do local e por último o cálculo da localização através da equação que veremos a seguir na próxima sessão.

3.0.9 EQUAÇÃO

Alguns trabalhos como (PIRES et al., 2011) e (SILVA et al., 2014) abordam fórmulas que calculam a distância entre dois objetos baseando-se na intensidade do sinal, porém de forma muito sistemática e levando em conta diversos fatores. Porém, em (JAMES; KEITH, 2006) é apresentado uma fórmula que atende as condições deste trabalho e possui parâmetros relacionados aos que foram coletados, sendo assim esta será a fórmula a ser utilizada:

$$RSSI(dBm) = A - 10.n.log(d)$$

Onde os parâmetros são:

- **RSSI** representa a intensidade do sinal que chega.
- **A** É a referência do RSSI para 1 metro. Ou seja, o valor em DBm representado por 1m.
- **n** Corresponde ao *path loss* que no caso de *free space*(ambiente aberto) é atribuído o valor 2(dois).
- **d** Representa a distância entre os objetos (nós) que estão se comunicando.

Adequando a fórmula para a estimação da distância temos:

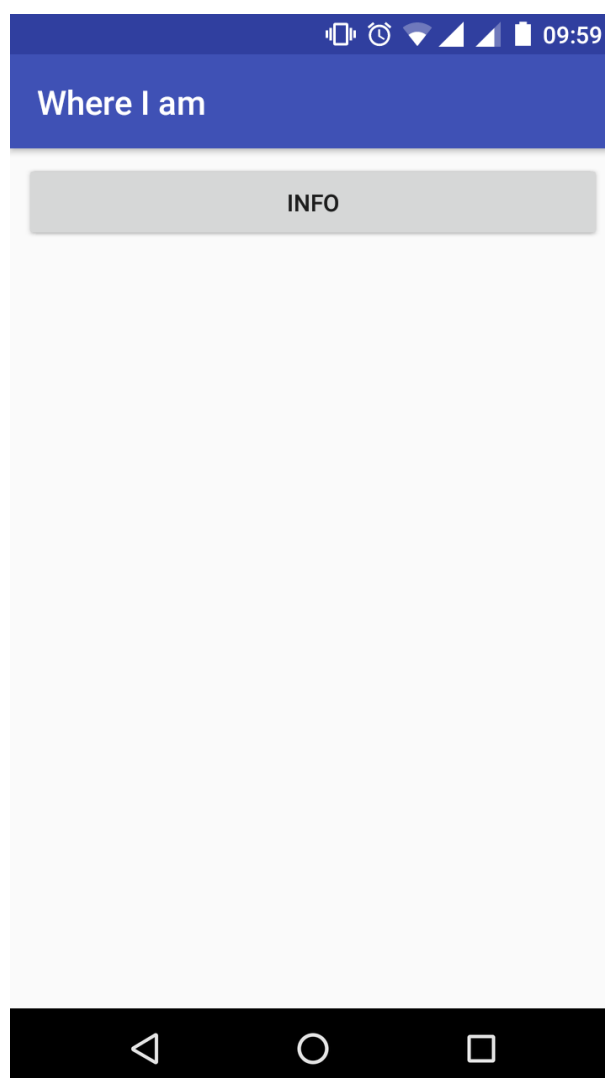
$$d = 10^{\frac{RSSI - A}{-10.n}} \quad (1)$$

3.0.10 DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR

Dando início ao processo de desenvolvimento, após todas as tecnologias terem sido bem definidas foram iniciados os testes. Podemos reparar na figura 7 uma aplicação android ainda em fase de teste a qual retorna o valor RSSI da força do sinal convertido em dBm's porém somente da rede em que se está conectada. A aplicação será ampliada e a coleta de dados será feita em redes que não estão conectadas utilizando assim somente a força do sinal para medir a intensidade.

A princípio a interface inicial do sistema contendo somente um botão que realiza um *scan* na rede retornando quantos dBm's está a rede conectada.

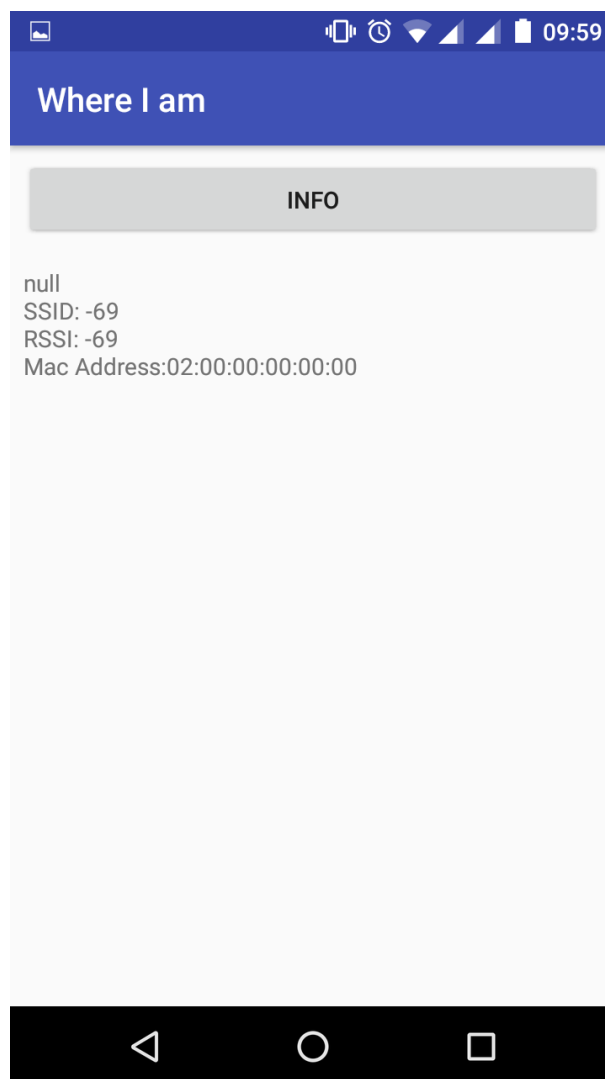
Figura 7 – Interface inicial aplicação teste



Fonte: O autor

Após realizar o primeiro *scan* da rede podemos perceber que ele retornará o resultado em dBm's do sinal, mostrando também a rede em que se está conectado, como veremos a seguir na figura 8:

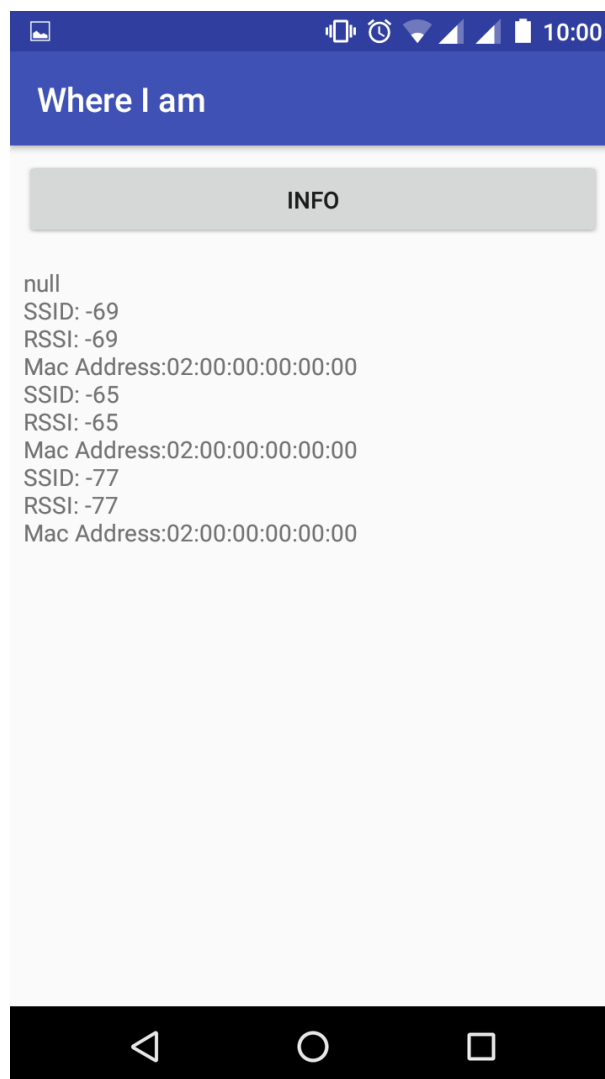
Figura 8 – Aplicação recebe os dados da rede conectada



Fonte: O autor

Feitos alguns testes com a aplicação rodando podemos perceber a mudança de dBm's devido a distância da rede. Neste ponto a aplicação foi novamente testada porém desta vez de um local mais longe do local inicial, e o resultado é o que veremos na figura 9:

Figura 9 – Aplicação recebe os dados da rede conectada de longe



Fonte: O autor

Somente com os dados de dBm's já poderia se criar uma aplicação de localização simplória onde a localização seria calculada utilizando *if's* e *else*. Por fim, tendo os dados de conexão podemos desenvolver uma aplicação simples que monitoramos o local baseado na frequência. No caso deste trabalho para que a localização seja eficiente usaremos mais que uma referência, então não será medido apenas o sinal de uma rede mas sim de pelo menos 3, melhorando assim, a precisão no cálculo de localização. Vale resaltar também que este desenvolvimento preliminar não é o final, ele visa somente a realização de alguns testes para evitar falhas no desenvolvimento efetivo, onde usaremos várias redes como referência.

3.1 FATORES DE VARIAÇÃO DO RSSI

Existem muitos fatores que influenciam o valor de RSSI em ambientes *indoor*. Entre eles podemos mencionar: variabilidade do transmissor e receptor; o material e organização da

sala de localização; presença de pessoas o que está directamente relacionado com o tempo do dia; orientação e directividade das antenas; multi percurso e desvanecimento do canal (*fading*). (TADAKAMADLA, 2006)

3.1.1 VARIABILIDADE DO TRANSMISSOR

Transmissores diferentes podem comportar-se de modo diferente mesmo quando estão configurados exatamente do mesmo modo. Isto significa que quando um transmissor é configurado para enviar sinais com uma determinada potência então o transmissor irá transmiti-los a uma potência muito próxima mas não necessariamente igual à configurada. Isto altera o valor de RSSI recebido podendo assim levar a estimativas de distância incorrectas. Isto não se aplica a este trabalho porque o mesmo será feito em ambiente controlado e todos os aparelhos utilizados serão da mesma marca.

3.1.2 VARIABILIDADE DO RECEPTOR

A sensibilidade dos receptores de rádio pode ser diferente. Isto significa que o valor de RSSI medido em diferentes receptores pode ser diferente mesmo quando todos os outros parâmetros que afetam o RSSI são mantidos constantes.

3.1.3 ORIENTAÇÃO DA ANTENA

Cada antena tem o seu próprio diagrama de radiação que não é uniforme. Isto significa que o valor de RSSI medido no receptor para um par de nós de comunicação e uma certa distância pode variar conforme a orientação das antenas do receptor e transmissor.

4 CONCLUSÃO

Nesse projeto, foram apresentados os conceitos e tecnologias que serão utilizados no decorrer do desenvolvimento, bem como descrições mais detalhadas das etapas e procedimentos que serão realizados para alcançar os objetivos propostos. Espera-se, ao término do trabalho, obter a solução proposta de maneira completamente funcional, cumprindo com todos objetivos e metas estipuladas anteriormente. Houve um certo grau de dificuldade na definição da equação mais apropriada para o cálculo e algumas dúvidas, mas que foram resolvidas e sanadas de maneira satisfatória após várias pesquisas, leituras complementares de artigos e documentações e novos testes. Como aplicações android que trabalham com o sinal *wireless* são raras conseqüentemente achar exemplos e materiais para os testes foi difícil porém ainda existe alguma coisa na documentação disponível no site oficial, o que ajudou um pouco no salto inicial. Por fim são esperadas dificuldades na parte de mapeamento do ambiente controlado de testes. Porém acredita-se que com muito mais pesquisas e esforço e auxílio dos professores o objetivo seja alcançado com sucesso.

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui proposto em ambiente de teste tem grande potencial se aplicado em nível de empresa ou instituição, mas para isso deve-se efetivar o uso da fórmula diminuindo assim, a interferência e possíveis ruídos, lidando assim com uma situação diferente a cada bloco ou setor a ser aplicado. Realizar o mapeamento de cada local considerando todas suas possíveis falhas e interferências. Caso o objetivo principal deste trabalho seja completado com sucesso pretende-se estudar métodos de expandi-lo a nível maior tornando-o assim uma aplicação apropriada a ser usada no âmbito empresarial e comercial.

O smartphone é uma ferramenta indispensável e muito promissora a qual cada vez mais esta presente em nosso dia a dia. Sendo assim acredita-se que qualquer tipo de solução criada contribuí para otimizar o uso do mesmo tornando-o assim ainda mais útil do que ja tem sido.

Referências

- AAMODT, K. Chipcon products from texas instruments. **Application Note AN042 (Rev. 1.0)**, 2011. Citado na página 2.
- ANDROID. <<https://www.android.com/>>. Accessed: 2018-05-12. Citado na página 14.
- ANDROID supera 80% das vendas de smartphones e Windows Phone continua avançando. <<https://tecnoblog.net/145067/vendas-smartphones-terceiro-trimestre-2013/>>. Accessed: 2018-05-12. Citado na página 14.
- BARONTI, P. et al. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and zigbee standards. **Computer communications**, Elsevier, v. 30, n. 7, p. 1655–1695, 2007. Citado na página 1.
- BELLECIERI, Y.; JABOUR, F.; JABOUR, E. Localização indoor baseada na leitura bidirecional do rssi. **Seminários de Trabalho de Conclusão de Curso do Bacharelado em Sistemas de Informação**, v. 1, n. 1, 2016. Citado na página 9.
- BRÁS, L. P. M. **Desenvolvimento de sistema de localização indoor de baixo consumo**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Aveiro, 2009. Citado na página 1.
- BRÁS, L. P. M. **Desenvolvimento de sistema de localização indoor de baixo consumo**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Aveiro, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 10.
- COUTINHO, G. L. A era dos smartphones: Um estudo exploratório sobre o uso dos smartphones no brasil. 2015. Citado na página 7.
- DIGITAL, P. **Acess Point O que é um acess point**. 2012. Disponível em: <<https://www.palpitedigital.com/o-que-e-access-point/>>. Citado na página 8.
- IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. <<https://www.ieee.org/>>. Accessed: 2018-05-12. Citado na página 9.
- ILYAS, M.; MAHGOUB, I. **Handbook of sensor networks: compact wireless and wired sensing systems**. [S.l.]: CRC press, 2004. Citado na página 11.
- JAMES, F. K.; KEITH, W. **ROSS Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. [S.l.]: São Paulo: Editora Pearson Addison Wesley, 3ª Edição, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 15.
- LEICK, A. Glonass satellite surveying. **Journal of surveying engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 124, n. 2, p. 91–99, 1998. Citado na página 1.
- LUIZA. **Roteadores O que são e para que servem**. 2014. Disponível em: <<http://web.archive.org/web/20080207010024/http://www.808multimedia.com/winnt/kernel.htm>>. Citado na página 7.
- MOORE, P.; CROSSLEY, P. Gps applications in power systems. part 1: Introduction to gps. **Power Engineering Journal**, IET, v. 13, n. 1, p. 33–39, 1999. Citado na página 1.

ORR, R. J.; ABOWD, G. D. The smart floor: A mechanism for natural user identification and tracking. In: ACM. **CHI'00 extended abstracts on Human factors in computing systems**. [S.l.], 2000. p. 275–276. Citado na página [1](#).

PIRES, R. P. et al. Evaluation of an rssi-based location algorithm for wireless sensor networks. **IEEE Latin America Transactions**, IEEE, v. 9, n. 1, p. 830–835, 2011. Citado na página [15](#).

REIS, H. P.; FERNANDEZ, F. J. R. Análise das perdas de pacotes alterando as variáveis de distancia obstáculos e interferência electromagnetic utilizando ieee 802.15. 4. **Universidade de Sao Paulo**, 2007. Citado na página [2](#).

SAVVIDES, A.; HAN, C.-C.; STRIVASTAVA, M. B. Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors. In: ACM. **Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking**. [S.l.], 2001. p. 166–179. Citado na página [6](#).

SILVA, L. R. B. d. et al. Método para aferição de distância entre nós sensores baseado em rssi. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2014. Citado na página [15](#).

SOARES, E. E. de M. **LOCALIZAÇÃO INDOOR VIA KDE EM ASSINATURAS DE RSSI**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Citado na página [10](#).

TADAKAMADLA, S. Indoor local positioning system for zigbee, based on rssi shashank tadakamadla. 2006. Citado na página [19](#).

TREVISAN, L. Um algoritmo de localizaçao de nós em redes sem-fio usando nível de potência do sina. **Curitiba, PR, Brasil**, 2009. Citado na página [6](#).

ZEIMPEKIS, V.; GIAGLIS, G. M.; LEKAKOS, G. A taxonomy of indoor and outdoor positioning techniques for mobile location services. **ACM SIGecom Exchanges**, ACM, v. 3, n. 4, p. 19–27, 2002. Citado na página [1](#).