

IPV - ESTGV |



Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu



Às mulheres da minha vida, Filomena e Maria Leonor,
pelo apoio incondicional, pela paciência e amor.

À minha Mãe Maria, por tudo, desde sempre.

Resumo

Desde cedo o Homem sentiu uma forte necessidade de saber a posição em que se encontra no planeta terra. A época dos descobrimentos foi importante, pelos mundos que deu a conhecer mas também pela evolução dos equipamentos que auxiliaram os navegadores a manterem o seu rumo.

Mais tarde as guerras mundiais trouxeram uma grande inovação tecnológica em equipamentos capazes de determinar uma posição na terra. Inicialmente usada para fins militares a tecnologia rapidamente foi aproveitada para uso doméstico, comprovado hoje em dia pela utilização massiva de equipamentos GPS.

Recentemente a proliferação de equipamentos eletrónicos pessoais, como os *smartphones*, trouxeram ao utilizador normal a possibilidade de, por um baixo custo, ter em mãos equipamentos dotados de sensores que permitem o cálculo e determinação da posição, à semelhança dos recetores GPS.

Sendo a utilização em espaços fechados uma menos valia do sistema GPS, houve necessidade de realizar investimento em técnicas, métodos e tecnologias que o substituíssem onde ele não é eficaz. Foram criados mecanismos de IPS, Indoor Positioning System.

Contudo, esses mecanismos requerem a instalação de equipamentos novos, o que requer também um investimento adicional face a todos os equipamentos existentes. Para além do investimento em sensores são necessários equipamentos que permitam fazer cálculos rápidos para determinar a posição, pois em ambientes fechados o cálculo tem que ser rápido porque o objeto pode mover-se rapidamente.

Em alguns casos, a posição efetiva não é uma mais-valia, o que torna o investimento numa solução de IPS bastante dispendiosa para o efeito, não se tirando partido de todas as possibilidades que os sistemas fornecem.

Ao mesmo tempo, existe uma grande quantidade de espaços que fornecem acesso à internet através de *Access Points* (Equipamentos *Wi-fi*), onde cada equipamento tem uma identificação única e estão, normalmente, num local estratégico de forma a abranger a maior área possível.

Uma vez que esses equipamentos já existem, é possível desenhar e criar uma solução IPS que determine a posição relativa do equipamento recetor de sinal *wireless*, para alguns cenários, na substituição de outro sistema IPS.

Com esta dissertação pretende-se dar a conhecer uma implementação de uma sistema de IPS baseado nas redes *wireless* permitindo criar um canal de comunicação entre os emissores e os recetores de sinal sem que seja necessário um investimento adicional em equipamentos.

Abstract

Early Man felt a strong need in knowing people's position on planet earth. The time of discoveries was important due to the knowledge and improvement associated but also because of the evolution of equipment that helped navigators to maintain their course.

Later, the world was brought a major technological innovation in equipment capable of determining a position on earth. Initially used for military purposes, quickly technology was used for home uses, which is proven today by the massive use of GPS equipment.

Recently, the proliferation of personal electronic devices, such as smartphones, brought to normal user the possibility, for a low cost, of having on hand equipment with sensors that allow the calculation and determination of position, like GPS receivers.

As indoor use has a capital loss of the GPS system, there was a need for investing in techniques, methods and technologies that replace it where it is not effective. Consequently, IPS (Indoor Positioning System) mechanisms were created.

However, these mechanisms require the installation of new equipment, which also requires an additional investment. Besides the investment in sensors are required it is also needed equipment to make quick calculations to determine the position, like in closed environments the calculation has to be quick because the object can quickly move.

In some cases, the actual position is not an asset, which makes the investment a very expensive IPS solution for this purpose, not taking advantage of all the possibilities that the systems provide.

At the same time, there are a lot of spaces that provide access to the Internet through access points (Wi-fi equipment), where each device has a unique identification and they are usually in a strategic location to cover the largest possible area.

Since these devices already exist, it is possible to design and create an IPS solution to determine the relative position of the receiving equipment wireless signal to some scenarios, in substitution of another IPS system.

With this dissertation is intended to inform about the implementation of an IPS system based on wireless networks allowing people to create a channel of communication between the transmitters and signal receivers without additional investment in equipment.

Palavras chave

GPS
SPS
PPS
GLONASS
Galileo
BDS
IRNSS
IPS
RFID
Wi-Fi
Wireless
MAC

Key Words

GPS
SPS
PPS
GLONASS
Galileo
BDS
IRNSS
IPS
RFID
Wi-Fi
Wireless
MAC

Agradecimentos

Deixo um agradecimento especial à minha esposa por ter sido esposa e Mãe nos momentos que não pude estar presente quando decidi iniciar esta fase da minha vida. Pelo amor e paciência constantes e por toda a ajuda despendida.

À minha filha Maria Leonor, por tudo o que ela é e pelas alegrias que me dá.

Quero agradecer também à minha Mãe, um pilar importante na minha educação, na vida pessoal e profissional, sem ela não seria possível.

Agradeço a todos os meus colegas de trabalho e amigos o apoio constante, em especial ao Guilherme Laranjeira, João Sousa, Júlio Florentino, Nelson Marques, Roberto Rocha e Tiago Silva.

Por último, mas não menos importante, a todos os meus professores e assistentes na Licenciatura e no Mestrado, em especial ao Professor Steven Abrantes pelo acompanhamento e apoio constante e pela amizade.

Índice

Índice de figuras.....	xviii
Índice de tabelas.....	xxi
Abreviaturas e Siglas	xxii
1 Introdução	23
1.1 Motivação & Objetivos	25
1.2 Plano de Trabalhos	25
1.3 Metodologias de investigação	27
2 Sistemas de Posicionamento	29
2.1 Introdução.....	29
2.2 Global Positioning System (GPS).....	30
2.2.1 SPS – Standard Positioning System.....	34
2.2.2 PPS - Precise Positioning Service.....	34
2.2.3 Programa de modernização.....	34
2.3 GLONASS	35
2.4 GALILEO.....	37
2.5 Outros sistemas	38
2.6 Limitações	38
2.7 Sumário	39
3 Indoor Positioning.....	40
3.1 Introdução.....	40
3.2 Indoor Positioning System (IPS).....	40
3.2.1 Métodos.....	43
3.2.1.1 Triangulation	43

3.2.1.2	Baseados em ToA	43
3.2.1.3	Baseados em AOA.....	45
3.2.1.4	Proximity Detection (Connectivity Based Positioning)	46
3.2.1.5	Dead Reckoning (DR)	47
3.2.1.6	Location Fingerprinting	48
3.2.2	Sistemas de Posicionamento	49
3.2.2.1	Bluetooth	50
3.2.2.2	RFID	51
3.2.2.3	WiFi-Based Indoor Localization	52
3.3	Sumário	53
4	Soluções existentes	55
4.1	Introdução.....	55
4.2	Infsoft	55
4.3	Air-Go	57
4.4	Goindoor.....	60
4.5	Indoors.....	60
4.6	Wifarer	62
4.7	Análise comparativa.....	62
4.8	Sumário	63
5	Prova de Conceito	65
5.1	Introdução.....	65
5.2	Solução.....	66
5.2.1	Canal de comunicação	66
5.2.2	Identificação.....	66
5.2.3	Emissores	67

5.2.4	Recetores.....	67
5.2.5	Servidor.....	68
5.2.6	Limitações de implementação da solução.....	68
5.3	Solução CleverIn.....	69
5.3.1	Aplicação Servidor.....	69
5.3.1.1	Espaços e equipamentos emissores	70
5.3.1.2	Colaboradores e Equipamentos	73
5.3.2	Aplicação Recetor.....	75
5.3.3	Aplicação móvel CleverIn	77
5.3.3.1	Início e fim de ponto.....	81
5.3.4	Testes e erros detetados	85
5.3.5	Desenvolvimentos futuros	90
5.4	Sumário	91
6	Conclusão.....	92
6.1	Trabalhos futuros.....	93
6.1.1	<i>Streaming</i> de vídeo	93
6.1.2	Turismo.....	94
6.1.3	Publicidade.....	94
6.1.4	Marketing.....	94
6.2	Outras abordagens	95
	Referências.....	96

Índice de figuras

Figura 1 - Triangulação.....	31
Figura 2 - Segmentos GPS.....	32
Figura 3 - Segmento Espacial	32
Figura 4 - Segmento de Controlo Terrestre	33
Figura 5 - Duas fases de Localização (Zhang et al., 2010).....	42
Figura 6 - Método Baseado em TOA (Zhang et al., 2010).....	44
Figura 7 – MétodoTDoA (M. Kjærsgaard, 2010)	45
Figura 8 - Método baseado em AOA (M. Kjærsgaard, 2010).....	46
Figura 9 - Método de Proximidade (M. Kjærsgaard, 2010).....	47
Figura 10 – Método “Fingerprinting” (M. Kjærsgaard, 2010).....	48
Figura 11 - Sistemas de Posicionamento (Farid et al., 2013)	49
Figura 12 - Sistemas de Posicionamento Indoor (Karimi, 2015).....	50
Figura 13 - Evolução IEEE 802.11 (“Let’s Talk Wireless (Part 1),” 2016)	53
Figura 14 - Indoor Navigation (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016)	56
Figura 15 - Indoor Tracking (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016)	57
Figura 16 - Location Based Services (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016).....	57
Figura 17 - Guidance and Routing (“Technology Air-Go,” 2016)	58
Figura 18 – Tracking (“Technology Air-Go,” 2016).....	59
Figura 19 – Advertising (“Technology Air-Go,” 2016).....	59
Figura 20 - Indoor Navigation (“indoo.rs,” 2016).....	60
Figura 21 - Tracking (“indoo.rs,” 2016)	61
Figura 22 – Advertising (“indoo.rs,” 2016).....	61

Figura 23 - Serviços Wifarer (“Wifarer • Indoor Positioning Indoor GPS Features,” 2016)	62
Figura 24 - Acesso à base de dados	70
Figura 25 - Lista de espaços CleverIn.....	70
Figura 26 - Lista de Equipamentos Recetores CleverIn	71
Figura 27 - Associação de Equipamentos a Espaços	71
Figura 28 - Lista de espaços com informação de Equipamentos	72
Figura 29 - Listagem de Colaboradores	73
Figura 30 - Atribuição de equipamentos ao Colaborador	73
Figura 31 - Lista de Colaboradores com equipamentos associados	74
Figura 32 - Locais e Colaboradores	74
Figura 33 – Acesso aos dados via Webservices.....	75
Figura 34 - Emissores alcançáveis	76
Figura 35- Verificação passo a passo.....	76
Figura 36 - Falha de conexão ao servidor	78
Figura 37 - Equipamento sem configuração	79
Figura 38 - Espaço não configurado	80
Figura 39 - Registo de ponto.....	81
Figura 40 - Início de ponto.....	82
Figura 41 - Fim de ponto	83
Figura 42 - Entradas e saídas	84
Figura 43 - Entradas e saídas vista de colaborador.....	84
Figura 44 - Inserção de local e identificações.....	88
Figura 45 - Inserção de novo local.....	89
Figura 46 - Listagem com novo local	89

Índice de tabelas

Tabela 1 - Tarefas	25
Tabela 2 - Calendário de atualizações de novos Sinais	35
Tabela 3 - Comparação de soluções IPS	63
Tabela 4 - Ferramentas de Desenvolvimento.....	69
Tabela 5 - Testes / Mais-valias	85
Tabela 6 - Testes / Menos-valias	86

Abreviaturas e Siglas

GPS:	Sistema de posicionamento global
SPS:	Sistema de posicionamento standard
PPS:	Sistema de posicionamento preciso
GLONASS:	Sistema global de posicionamento por satélite da Rússia
Galileo:	Sistema de posicionamento Europeu
BDS:	Sistema Experimental de Navegação por Satélite BeiDou
IRNSS:	Sistema de navegação por satélite autônomo indiano
IPS:	Sistema de posicionamento Interior
TOF:	Tempo de voo
TOA:	Tempo de chegada
TDOA:	Diferença do tempo de chegada
AOA:	Angulo de chegada
RFID:	Identificação por radiofrequência
WiFi:	Abreviação de “Wireless Fidelity”, que significa fidelidade sem fio
Wireless:	Rede sem Fios
MAC:	Media Access Control, é um endereço físico do equipamento
Bluetooth:	Nome de uma tecnologia de comunicação sem fios
GSM:	Sistema Global para Comunicações Móveis
Hotspot:	Nome dado ao local onde a tecnologia Wi-Fi está disponível

1 Introdução

Embora não exista uma data de referência, para o Ser Humano, o conhecimento sobre a sua posição é inestimável permitindo desde cedo a navegação sobre a terra, mar e água. A História mostra que, por exemplo, os Astrolábios e os Sextantes foram criados com o propósito de conseguir determinar a localização de um indivíduo em relação a vários corpos celestes (Bud & Warner, 1998).

Durante o século XX, grandes avanços eletrônicos e de telecomunicações permitiram a utilização de várias tecnologias que permitem obter informação sobre a localização e a direção de um determinado equipamento, desde o *Long Range Navigation (LORAN)*, *Radio Detection And Ranging (RADAR)*, até ao *Global Positioning System (GPS)* (Getting, 2002; Merrill, 2003).

Devido às características destas tecnologias a sua utilização em ambientes fechados ou de grande atividade industrial, torna-se limitada, conseguindo apenas determinar a localização aproximada mas não a efetiva (Arfwedson & Berglund, 2015). O sinal de GPS é demasiado fraco para penetrar paredes ou telhados de edifícios. Além disso, dentro de edifício, o GPS é

1 Introdução

capaz de determinar a posição aproximada de um equipamento mas não consegue determinar o andar onde se encontra (Arfwedson & Berglund, 2015).

Esta incapacidade permitiu o aparecimento de novos equipamentos e tecnologias de posicionamento, o Indoor Positioning System (IPS), que tem por base o mesmo princípio do GPS mas permite alargar a obtenção de informação de posicionamento onde as restantes soluções estavam limitadas. Existem várias técnicas para criação de IPS entre as quais o *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *RFID* e técnicas acústicas (Karimi, 2015).

A proliferação e adoção massiva de equipamentos móveis (Nielsen, 2014), a vasta utilização de aplicações capazes de tirar partido de sensores, transmissores e recetores que permitem determinar o posicionamento do equipamento, possibilitam a aquisição de informação disponível sobre ambientes próximos (Bharat & Minakakis, 2003).

A quantidade de dispositivos ligados à internet é cada vez maior, desde computadores, *smartphones*, parquímetros, termostatos, monitores cardíacos, entre outros. O que significa que existem cada vez mais equipamentos que disponibilizam e acedem à internet (Tillman, 2013).

A conectividade às redes *wireless* é historicamente dominada pelos computadores portáteis, mas, o crescimento de utilização de *smartphones* faz com que se assumam como o principal dispositivo de acesso às redes wireless públicas (WBA, 2011).

Dado que existe um contínuo crescimento de infraestruturas que disponibilizaram acesso às redes *wireless* e existe também um aumento significativo de equipamento que lhes acedem (Tillman, 2013), considerando que é necessário um investimento adicional para a aplicação de IPS (Gu, Lo, & Niemegeers, 2009), de maneira a determinar a localização de um recetor, porque não utilizar uma infraestrutura já existente, uma vez que a posição efetiva do equipamento não é relevante, desenhando um conceito semelhante ao IPS, sem necessidade de investimento adicional?

1.1 Motivação & Objetivos

O objetivo principal deste trabalho centra-se no estudo de métodos e técnicas de determinação de localização existentes, que permitam a definição de um novo método ou forma de localização utilizando infraestrutura existente, sem qualquer investimento adicional, onde a posição efetiva não é uma necessidade.

Pretende-se encontrar uma solução que, baseada na localização de um determinado dispositivo permita criar um canal de comunicação para envio de informação diferenciada, fornecendo a possibilidade para que qualquer empresa possa utilizar ou disponibilizar aos seus clientes, parceiros, consumidores ou utilizadores um meio de comunicação baseado na localização do equipamento que a recebe.

Faz também parte do objetivo deste trabalho a sensibilização para as inúmeras possibilidades que uma solução com esta capacidade pode trazer para enriquecer o mercado de trabalho ou o dia-a-dia de uma pessoa.

1.2 Plano de Trabalhos

O plano para este trabalho foi definido e estruturado para garantir que todas as fases seriam efetuadas de forma organizada e com uma sequência lógica, permitindo adquirir conhecimento necessário para que a criação da prova de conceito trouxesse um novo paradigma de determinação de localização.

A tabela 1 apresenta as diferentes fases do trabalho, com as respetivas datas de término de execução

Tabela 1 - Tarefas

Tarefa	Importância	Data de término
Elaboração da proposta de tese de mestrado	Alta	18/12/2015
Análise de diversas dissertações, livros e artigos existentes acerca do tema	Média	12/03/2016

1 Introdução

Estudo do enquadramento da tecnologia nas tecnologias existentes	Média	16/03/2016
Investigação sobre GPS – Métodos e técnicas	Alta	15/04/2016
Investigação sobre GPS – Soluções existentes	Alta	30/04/2016
Criação de documentação	Alta	06/05/2016
Investigação sobre IPS – Métodos e técnicas	Alta	22/05/2016
Investigação sobre IPS – Soluções existentes	Alta	31/05/2016
Criação de documentação	Alta	11/06/2016
Desenvolvimento da prova de conceito	Alta	19/08/2016
Instalação de prova de conceito	Alta	22/08/2016
Parametrização para testes em ambiente real	Alta	27/08/2016
Testes / Análise de dados	Alta	21/09/2016
Continuação de desenvolvimento da prova de conceito após testes iniciais	Alta	16/09/2016
Conclusão da criação de documentação	Alta	23/10/2016

1.3 Metodologias de investigação

Durante a investigação foram utilizados processos, adequados ao tema, que permitam consolidar, clarificar e criar novos conhecimentos. Para isto foi necessária uma investigação bem estruturada e fiável, que permitiu alcançar os objetivos propostos com rigor e de forma sustentada.

Assim, para a investigação foi necessário ter em conta 6 pontos (Oates, 2005) essenciais:

Propósito: Demonstrar que existem diversos métodos e técnicas de determinação de localização, com tecnologias e soluções distintas. Demonstrar também que as soluções existentes, podem não ser suficientes ou podem ter capacidades que vão para além da necessidade, quando o intuito é a determinação relativa da localização de equipamentos em espaços fechados. Diminuir os custos de implementação de soluções de IPS onde a posição efetiva não é uma necessidade do projeto.

Produtos: Documentação detalhada e enquadrada com o âmbito do trabalho, bem como a entrega de uma prova de conceito da qual fazem parte uma aplicação *mobile* e uma aplicação *web* que servem de objeto de justificação para o que é proposto.

Processo: A investigação baseou-se no estudo de livros, artigos científicos, *journals*, *white papers* e todo o material que foi relevante e com caracter científico adequado, permitindo estudar e referenciar os demais métodos, técnicas e soluções existentes no âmbito do trabalho. Foi também efetuado um estudo para determinar o âmbito da prova de conceito, uma vez que a solução pode ser enquadrada em diversos temas.

Participantes: Participaram neste processo alguns agentes importantes, para além dos utilizadores da prova de conceito, professores, alunos e colegas de trabalho. A participação de todos os elementos foram determinantes para o sucesso do estudo e implementação.

Paradigma: A investigação consistiu num paradigma de investigação experimental e objetivista, justificado pela natureza do problema.

1 Introdução

Apresentação: Os resultados obtidos durante a investigação serão apresentados em forma de dissertação e também acompanhados por uma aplicação *Web* e uma aplicação *Mobile* que servem como prova de conceito ao proposto no trabalho.

2 Sistemas de Posicionamento

2.1 Introdução

A importância da determinação da localização de um determinado objeto sobre um determinado espaço, quer para efeitos de descobrimentos quer para efeitos de guerra, aliados à evolução tecnológica permitiu que fossem desenhados e desenvolvidos sistemas com essa capacidade.

Existiram várias tecnologias desde os Astrolábios e os Sextantes (Bud & Warner, 1998), o *Long Range Navigation (LORAN)*, o *Radio Detection And Ranging (RADAR)*, até ao *Global Positioning System (GPS)* (Getting, 2002; Merrill, 2003), sendo o último o mais recente a mais usado nas áreas comerciais, militares e civis.

Existem outras variantes como o Galileo, o The Russian Global Navigation Satellite System (GLONASS), o Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) e o BeiDou Navigation Satellite System (BDS) que têm por base a utilização de satélites e que permitem determinar a posição de um objeto num espaço, o mais atual e mais conhecido é o GPS (Global Positioning System).

Neste capítulo são apresentados em detalhe os vários sistemas e tecnologias existentes, que usam satélites em órbita como princípio tecnológico.

2.2 Global Positioning System (GPS)

O GPS, também conhecido por NAVSTAR (Navigation System with Time and Ranging Positioning System) é um sistema que utiliza satélites para determinar o posicionamento geográfico de um local da terra, desde que, para isso, sejam utilizados os equipamentos necessários.

É um Sistema controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América que foi desenhado e concebido para operações militares, que devido às suas capacidades é utilizado por civis no mundo inteiro (Bernhard Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, & Collins, 2001). O primeiro satélite GPS foi colocado, pela Força Aérea dos Estados Unidos da América no início de 1978 (El-Rabbany, 2002).

O sistema de GPS utiliza sinais codificados que são processados por recetores GPS permitindo identificar a sua posição (Bernhard Hofmann-Wellenhof et al., 2001).

A existência de um sistema de posicionamento global deve-se à utilização de satélites artificiais. Existem, para o efeito, 24 satélites que concretizam um volta à terra a cada 12 horas e que enviam sinais radio ininterruptamente (Dana, 1994). Este conjunto de satélites são identificados por Global Navigation Satellite System (GNSS) (HEIN, PAONNI, & KROPP, 2008) e estão colocados a uma distância de aproximadamente 20.200 quilómetros com uma inclinação de 55° em relação à linha do Equador (El-Rabbany, 2002). Embora a força aérea opere mais de 24 satélites, que permitem uma melhor cobertura de sinal, apenas os 24 são considerados parte do cerne da constelação (“GPS.gov: Space Segment,” 2015).

Em cada posição da face da terra é possível obter informação de pelo menos 4 satélites, cada um com um sinal diferente que permitem ao recetor GPS calcular a latitude, longitude e altitude do local onde o recetor se encontra (Kaplan & Hegarty, 2006b; Wells, 1987).

Cada satélite, para além de informação de posição envia também informação horária. Essa informação é captada por dispositivos próprios (recetores) que permitem fazer o cálculo da distância entre o satélite e o dispositivo, com base no desfasamento horário entre a hora de

envio da informação e a hora de recepção no dispositivo (Kaplan & Hegarty, 2006b). Embora os sinais viagem à velocidade da luz, esse desfaseamento ocorre devido à distância existente.

Teoricamente é apenas necessária informação de 3 satélites para que, através do método de triangulação, possa calcular a posição aproximada do recetor face à superfície terrestre, como refere a figura 1 (El-Rabbany, 2002).

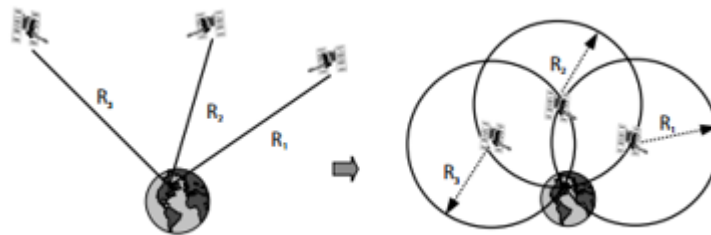


Figura 1 - Triangulação

Deste modo o recetor encontra-se na interseção de 3 círculos ou regiões, cada uma delas com o alcance igual à distância entre o recetor e o satélite e centrada nesse mesmo satélite, ou seja, a interseção dos três círculos, centrados em cada ponto de referência (satélite), é a localização, dado que o alcance de cada círculo é a distância até cada ponto de referência (El-Rabbany, 2002), contudo a informação de um quarto satélite é necessária para compensar o desvio do relógio do recetor (Biezdad, 1999).

Existem 3 principais componentes no sistema de GPS sendo conhecidos como segmentos. Estão divididos da seguinte forma:

- “Space Segment” – Satélites GPS;
- “Control Segment” – Controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América;
- “User Segment” – Inclui civis e militares e o equipamento de recepção de sinal.

A figura 2 apresenta os segmentos do sistema de posicionamento global (GPS).

2 Sistemas de Posicionamento

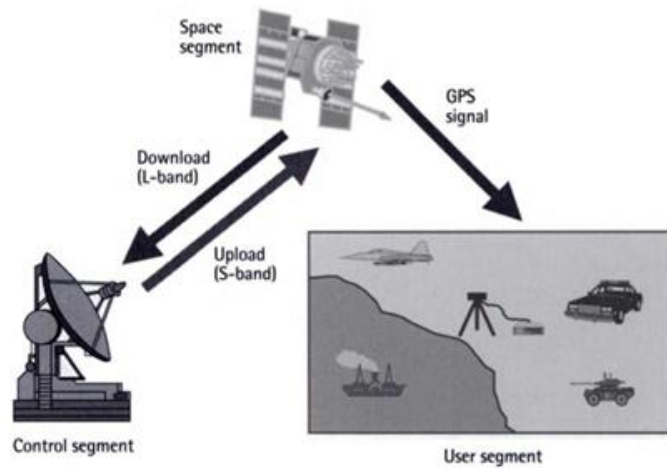


Figura 2 - Segmentos GPS

A figura 3 ilustra a forma como os satélites estão distribuído, o Space Segment (“GPS.gov: Space Segment,” 2015).

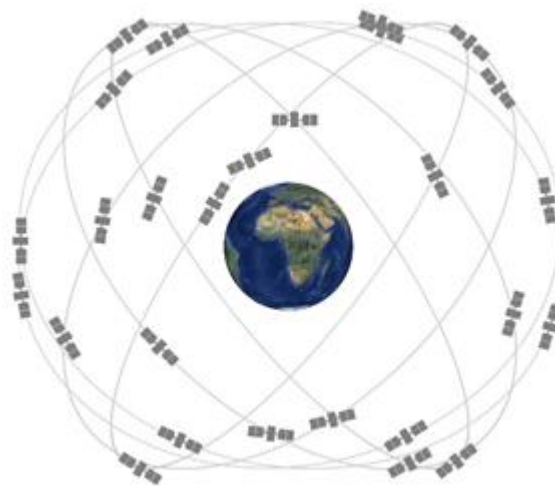


Figura 3 - Segmento Espacial

Em junho de 2011 foram adicionados 3 satélites à constelação, ficando assim a operar com um total de 27 satélites, aumentando a performance global do sistema (“GPS.gov: Space Segment,” 2015).

O suporte terrestre é assegurado por uma rede global de instalações, situada em sítios estratégicos que permitem, para além de assegurar a integridade do sistema (El-Rabbany, 2002), o contacto com todos os satélites, acompanhado a sua movimentação, as suas

transmissões e, permitindo também o envio de informação para a constelação (conjunto de todos os satélites). (“GPS.gov: Control Segment,” 2015), como se pode verificar na figura 4.

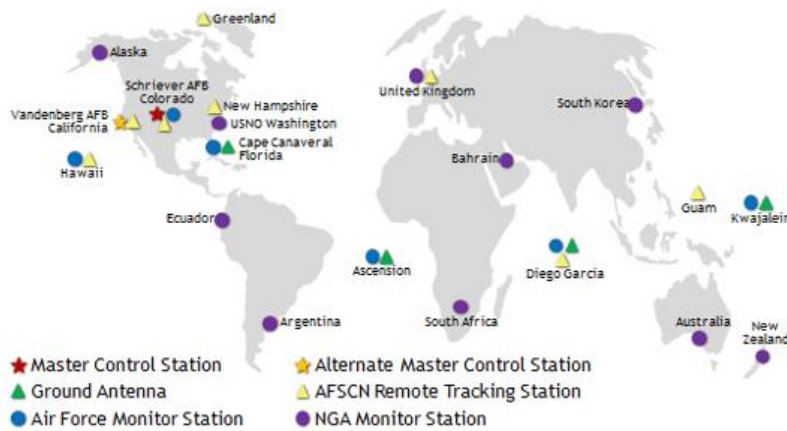


Figura 4 - Segmento de Controlo Terrestre

O segmento de controlo operacional é constituído por uma MSC (Master Control Station) está situada nos Estados Unidos da América, no estado de Colorado (El-Rabbany, 2002), uma estação de controlo alternativa, 12 antenas de controlo e comando e 16 estações de monitorização e acompanhamento (“GPS.gov: Control Segment,” 2015). A estação de controlo primária (MSC), gera e envia informação para assegurar o bom funcionamento e precisão de todos os satélites da constelação. Utiliza informação de navegação proveniente de todas as estações de monitorização (NGA) para calcular as posições precisas dos satélites no espaço, e envia os cálculos para cada um dos satélites (“GPS.gov: Control Segment,” 2015; Kaplan & Hegarty, 2006).

Embora tenha sido originalmente desenvolvido para fins militares, devido às suas capacidades, foi posteriormente disponibilizado para uso civil. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos diferencia ambas as utilizações e disponibiliza 2 níveis posicionamento e resposta de

2 Sistemas de Posicionamento

serviços, o Precise Positioning Service (PPS) e o Standard Positioning Service (SPS) (El-Rabbany, 2002; Kaplan & Hegarty, 2006).

Os satélites GPS transmitem continuamente, a sua posição e tempo através de sinais rádio em duas frequências distintas, a frequência L1 e a frequência L2. Dois tipos de códigos são transmitidos pela frequência L1, o código C/A (Coarse/Acquisition) e o código P (Precision).

2.2.1 SPS – Standard Positioning System

A frequência L1, disponibiliza o código C/A variável, com dados de navegação, e está disponível para uso civil, comercial e científico sem qualquer custo associado ao uso do serviço e permite uma precisão de determinação de posicionamento de 95% (Kaplan & Hegarty, 2006).

2.2.2 PPS - Precise Positioning Service

O PPS permite um nível de precisão melhorado, é transmitido por ambas as frequências mas está apenas disponível para uso militar. Utilizando o código P em ambas as frequências, com algumas técnicas adicionais, os militares conseguem obter melhor precisão do que os utilizadores civis (“GPS.gov: Space Segment,” 2015; Kaplan & Hegarty, 2006b).

Existe em curso um programa de modernização, anunciado pelo governo dos Estados Unidos da América que contempla a instalação de novos satélites GPS, a modernização do segmento de controlo e adição de 3 novos sinais, o segundo sinal civil (L2C), o terceiro sinal civil (L5) e o quarto sinal civil (L1C).

2.2.3 Programa de modernização

Em Maio de 2000 foi dado o primeiro passo na modernização do GPS, quando foi anunciado o fim da utilização da disponibilidade seletiva (SA - Selective Availability), que foi introduzida intencionalmente com o intuito de degradar a precisão da determinação da posição de forma a proteger os serviços de defesa do Estado Americano (Kaplan & Hegarty, 2006b; Wells, 1987). Durante os anos 90 o erro poderia atingir os 100 metros de diferença entre a posição correta e a posição calculada. A remoção desta limitação, em 2007, trouxe enormes benefícios para a utilização do GPS, quer para utilização civil quer para comercial (“GPS.gov: GPS Modernization,” 2014).

Os novos sinais civis estão a ser implementados faseadamente conforme a Força Aérea coloca novos satélites, com essas funcionalidades, de forma a substituir os mais antigos. A maioria dos novos sinais serão para utilização ilimitada e começam a ser transmitidos assim que 18 dos 24 satélites tenham a capacidade de os transmitir (“GPS.gov: New Civil Signals,” 2015).

Com modernização do sistema GPS é esperada uma precisão de localização horizontal por volta dos 6 metros (95% do tempo) (“GPS.gov: GPS Modernization,” 2014; Shaw, 2004), bastante melhor do que a atual de 22 metros (95% do tempo) (El-Rabbany, 2002)

A tabela 2 apresenta o calendário de atualização dos novos sinais (“GPS.gov: New Civil Signals,” 2015).

Tabela 2 - Calendário de atualizações de novos Sinais

Sinal	Início de lançamento	Disponibilidade prevista em:
L2C – Segundo Sinal Civil	2005	2018
L3C – Terceiro Sinal Civil	2010	Aproximadamente em 2021
L1C – Quarto Sinal Civil	2017	Finais de 2020

Existem, contudo, várias alternativas ao GPS. Todas com um objetivo comum, a determinação da localização do recetor do sinal enviado. De seguida, são apresentadas algumas alternativas.

2.3 GLONASS

O GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) é um Sistema de Navegação Global por satélite inicialmente implementado nos anos 70 quando a União

2 Sistemas de Posicionamento

Soviética (USSR) iniciou o seu desenvolvimento baseado nas experiências do sistema de satélites Tsikada (B. Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, & Wasle, 2008).

Com os mesmos pressupostos que o GPS, também este sistema foi desenvolvido para fins militares. O primeiro satélite GLONASS, juntamente com outros dois satélites para testes, foram colocados em órbita em 1982. Foram necessários 11 anos, para que o número de satélites em órbita fossem suficientes e os testes de conceito fossem finalizados, para tornar o sistema operacional (B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008).

No dia 8 de Janeiro de 1996 encontravam-se em órbita 24 satélites, o que permitia uma cobertura global, mas, por falta de financiamento, o número de satélites foi diminuído, atingindo o mínimo de 6 a 8 satélites em 2001 (B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008; Sanz Subirana, Juan Zorzona, & Hernandez-Pajares, 2013).

Em Agosto de 2001, foi aprovado financiamento para que no período de 2002 a 2011, fosse implementada uma segunda fase versão do sistema, o GLONASS-M. Em 2011 foi também lançado o primeiro satélite de terceira geração de satélites, iniciando assim a versão do sistema GLONASS-K (B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008; Sanz Subirana et al., 2013). Existe ainda, programada para 2025, uma nova versão de sistema, a GLONASS-KM com capacidade de transmissão de um terceiro sinal civil (Awange & Kiema, 2013; B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008).

É estruturado, à semelhança do GPS em 3 segmentos, o *Control Segment* que está responsável pelo funcionamento geral do sistema, monitoriza o estado de cada satélite e envia dados de navegação para cada um deles (Sanz Subirana et al., 2013). O *Space Segment* é composto por um conjunto de 24 satélites, com o nome de constelação, que orbitam a terra. Estão distribuídos em 3 planos orbitais distintos. E o *User segment* composto pelos equipamentos receptores de sinal com capacidade de calcular a sua posição e velocidade numa determinada posição terrestre. Como no GPS, são necessários pelo menos 4 satélites para calcular a posição, 3 deles para determinar a longitude, latitude e altura e o 1 deles para o sincronismo horário (B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008; Sanz Subirana et al., 2013).

Quer o GPS quer o GLONASS foram desenvolvidos com objetivos militares e adaptados posteriormente para uso civil. A Europa reconheceu, desde cedo, as vantagens e estratégias sociais, económicas e tecnológicas da utilização dos sistemas de navegação por satélite, criando

o seu próprio sistema de navegação global (GNSS), de nome Galileo, apenas com fins de utilização civil (B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008).

2.4 GALILEO

Como foi referido anteriormente, o sistema Galileo é um sistema global de navegação por satélite desenvolvido pela União Europeia e pela Agência Espacial Europeia (European Space Agency – ESA), e oferece um serviço de posicionamento global preciso, apenas para uso civil (“What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA,” 2015).

Os dois primeiros satélites operacionais foram colocados em outubro de 2011 com o intuito de validar o conceito a que se destinavam. Em outubro do ano seguinte, em 2012, foram acrescentados mais dois satélites. A esta fase de validação foi dado o nome de IOV (in-Orbit Validation) ou seja, validação em órbita (B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008; “What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA,” 2015).

Em Agosto de 2014 iniciou-se uma nova fase, a FOC (Full Operational Capability) que consistiu no lançamento de quatro pares de satélites, Agosto de 2014, Março de 2015, Setembro de 2015 e Dezembro de 2015 (“What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA,” 2015).

Quando for totalmente implementado será composto por um conjunto de 24 satélites operacionais e 6 de suporte, num total de 30 satélites. Estarão posicionados em 3 órbitas distintas a 23222 quilómetros de altitude com uma inclinação de 56° em relação ao equador (“What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA,” 2015).

Prevê-se que em 2020 o sistema Galileo esteja completamente funcional. Apesar de os serviços iniciais, colocação dos satélites em órbita concluída, estarem previstos para finais de 2016, será ainda necessário concluir a infraestrutura terrestre (“What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA,” 2015).

A infraestrutura terrestre será composta por 2 centros de controlo (GCCs – Galileo Control Centers) situados na Europa, para assegurar o controlo dos satélites e gerir as missões de navegação, e estações de pesquisa e salvamento (SAR – Search and Rescue), ou seja, cada satélite contém um recetor específico capaz de receber sinais de perigo dos recetores terrestres

2 Sistemas de Posicionamento

e retransmitir o sinal para os centros de coordenação de salvamento regionais e adicionalmente os satélites informam o utilizador que o pedido foi efetuado (“What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA,” 2015).

Existem algumas referências, que datam a instalação do primeiro satélite ao ano de 2005 (Beidleman, 2012; B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008; Kaplan & Hegarty, 2006b; Mendizábal Samper, Berenguer, & Meléndez, 2009; Roebuck, 2012). A ESA refere a data como a colocação do satélite GIOVE-A, e posterior colocação em 2008 do satélite GIOVE-B, que serviram de testes à tecnologia GALILEO e que permitiram também os testes às frequências GALILEO (“What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA,” 2015), embora só em 2011 e 2012 tivessem sido lançados os satélites operacionais, como referido anteriormente.

2.5 Outros sistemas

Em elaboração existem alguns outros sistemas de navegação por satélite, como é o caso do Sistema de navegação regional da Índia (Indian Regional Navigation Satellite System – IRNSS) e do Sistema Beidou (Beidou Navigation Satellite System), sistema de navegação por satélite da China.

2.6 Limitações

Verificam-se algumas limitações quando à utilização dos sistemas de localização global, por exemplo, dentro de edifícios.

Devido aos materiais de construção não é possível obter essa linha de comunicação direta com o satélite, pois a frequência a que os sinais são transmitidos não penetram com facilidade objetos sólidos como por exemplo metal, madeira ou pedra (Kaplan & Hegarty, 2006b).

Outros problemas estão associados com a interferência de sinais de alta frequência, que devido às suas características, interferem com os sinais transmitidos fazendo com que os recetores não funcionem corretamente (B. Hofmann-Wellenhof et al., 2008; Xu, Chen, Xu, & Ji, 2015).

2.7 Sumário

Tem-se verificado uma grande evolução em todos os sistemas GPS existentes. Governos e empresas de vários países trabalham desde cedo para criar sistemas que permitam determinar a localização, o mais exata possível, de um recetor de sinal GPS.

Para além das técnicas e métodos de cálculo, as infraestruturas também têm sofrido várias alterações ao nível dos vários segmentos, desde a melhoria dos satélites e edifícios de apoio aos equipamentos recetores.

Por motivos naturais e humanos, a localização de objetos em determinadas condições pode tornar-se difícil ou mesmo impossível. Em espaços fechados, por exemplo, a utilização de GPS não é a ideal quando é necessário calcular a posição de um recetor com o menor erro possível.

O seguinte capítulo retrata o estado atual de vários sistemas que calculam e determinam a posição de um objeto em locais fechados, com o menor erro possível, onde o sinal de GPS não chega ou chega de forma insuficiente, impossibilitando assim a sua utilização.

3 Indoor Positioning

3.1 Introdução

O *Indoor Positioning* é um problema de engenharia complexo, que tem tido um grande relevo e importância no mundo das tecnologias, em diferentes áreas de ação (Kaplan & Hegarty, 2006; M. Kjærsgaard, 2010).

Indoor positioning systems (IPS) são sistemas que permitem a implementação de *Indoor Positioning*, ou seja, a determinação efetiva de um determinado dispositivo. A utilização de diferentes tecnologias permitem a identificação da localização com o menor erro possível, onde o sinal de GPS não é suficiente (M. Kjærsgaard, 2010; X. Liu, Makino, & Mase, 2010).

3.2 Indoor Positioning System (IPS)

Uma vez que a escala de localização exterior é diferente da escala interior, e com as precisões de localização descritas no capítulo anterior, seria inútil a sua utilização em espaços reduzidos.

O IPS, paralelamente ao GPS, permite a localização de objetos, mas é diferenciado por conseguir fazê-lo dentro de edifícios, colmatando uma das limitações do GNSS.

São necessários equipamentos que fazem a transmissão de sinais, recetores que recebem os sinais transmitidos e métodos que determinem a sua localização, à semelhança dos sistemas de localização por satélite (Gu et al., 2009; Kul, Özyer, & Tavli, 2014).

Existem sistemas que utilizam distintas tecnologias, desde sinais de rádio frequência, frequências magnéticas, sinais acústicos (Curran et al., 2011) e mais recentemente sinais óticos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010).

Todos os sistemas IPS requerem a utilização de algoritmos específicos (H. Liu, Darabi, Banerjee, & Liu, 2007), como por exemplo, os sistemas baseados em redes *Wifi* que podem usar diferentes algoritmos para calcular a localização (M. Kjærsgaard, 2010; Yongguang Chen & Hisashi Kobayashi, 2002) do equipamento recetor de sinais.

Os sinais rádio e os sinais óticos utilizam ondas magnéticas, e são medidos através do seu comprimento de onda. Os comprimentos de onda importantes para o posicionamento são:

- Ondas de rádio com comprimentos de onda na casa dos 103 metros;
- Luz Infravermelha com comprimento de onda na casa dos 10^{-5} metros;
- Luz visível com comprimentos de onda na casa dos 0.5×10^{-6} metros.

Outra propriedade importante refere-se à velocidade de propagação dos sinais, que depende e difere do meio onde são transmitidos (M. Kjærsgaard, 2010; M. B. Kjærsgaard, Treu, & Linnhoff-Popien, 2007; Kul et al., 2014). Em vácuo a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é igual à velocidade da luz.

Os sinais acústicos são ondas de energia mecânica vibratória. E são conhecidos e classificados pela sua frequência. São relevantes para o posicionamento os sinais acústicos:

- Sinais com ondas a uma frequência com mais de 20.000 Hz e audíveis pelo ser humano;
- Sinais com ondas a uma frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz.

3 Indoor positioning

A velocidade de propagação dos sinais acústicos depende e difere do meio onde são transmitidas, contudo a referência é de 343 metros por segundo (M. Kjærgaard, 2010; M. B. Kjærgaard et al., 2007; Kul et al., 2014; Xu et al., 2015).

Uma vez que os sinais são transmitidos entre sensores e recetores, é possível recolher diferentes tipos de medições em função da distância. Sendo que a velocidade de propagação do sinal é conhecida, a diferença de tempo entre o envio de um sinal e a receção do mesmo a uma determinada velocidade permite determinar a distância entre ambos. Conhecidas como Time-Of-Flight (TOF) ou Time-Of-Arrival (TOA) (M. Kjærgaard, 2010; Küpper, 2007).

É possível medir também o tempo de atraso, medindo o tempo de receção do sinal em vários sensores, conhecido por Time-Difference-Of-Arrival (TDOA), ou através da medição do ângulo que um sinal faz em relação a um sensor, através da observação do ângulo que um sinal deste sensor é recebido é possível determinar a distância, conhecido como Angle-Of-Arrival (AOA) (M. Kjærgaard, 2010; M. B. Kjærgaard et al., 2007; Küpper, 2007).

As distâncias podem também ser calculadas comparando a força de sinal no momento em que ele é enviado com a força do sinal no momento em que é recebido, conhecido por Received Signal Strength (RSS) (M. Kjærgaard, 2010).

(Zhang, Xia, Yang, Yao, & Zhao, 2010) refere que a determinação da localização é feita em duas fases, como mostra a figura 5.

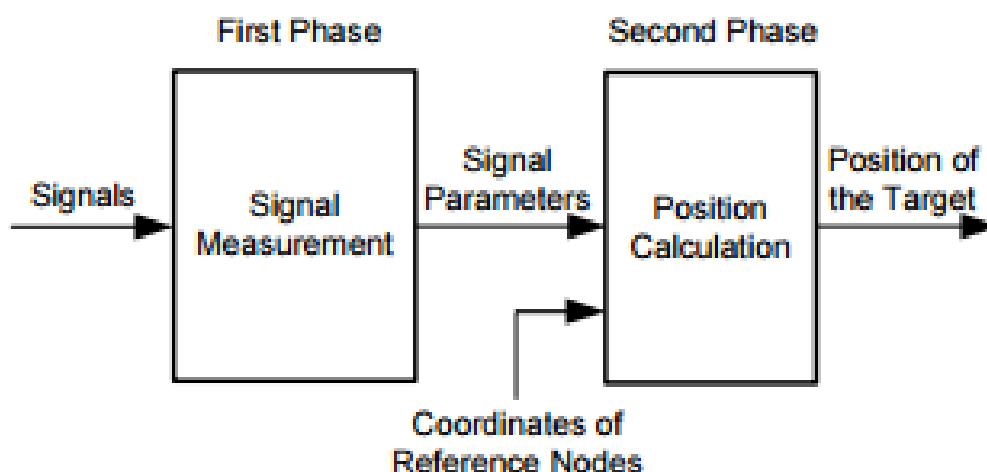


Figura 5 - Duas fases de Localização (Zhang et al., 2010)

Na primeira fase, em cima descrita, encontram-se as medições dos diferentes tipos de sinais, na segunda fase, e através dos parâmetros obtidos na primeira, é possível calcular a distância do recetor a partir de diversos métodos (Zhang et al., 2010).

3.2.1 Métodos

Embora existam várias técnicas de medição de distâncias através dos sinais enviados e recebidos, são necessários métodos que permitam calcular essas mesmas distâncias. Cada método tem requisitos específicos mediante o tipo de medições necessárias.

3.2.1.1 Triangulation

O método de triangulação é o método que permite determinar a localização de um dispositivo através da medição de ângulos, ou seja, a triangulação utiliza as propriedades geométricas dos triângulos para determinar a posição de um sensor recetor. Existem duas derivações deste método, a *Lateration* e *Angulation*.

Lateration enquadra as técnicas baseadas nas variações de tempo que ocorrem entre o envio e a receção de um sinal, as medições por Time-Of-Arrival (TOA), Time-Difference-Of-Arrival (TDOA) e os sistemas baseados em Received Signal Strength (RSS), por outro lado *Angulation* enquadra as técnicas baseadas nas medições dos ângulos Angle-Of-Arrival (AOA) (H. Liu et al., 2007; Seco, Jimenez, Prieto, Roa, & Koutsou, 2009; Zhang et al., 2010).

3.2.1.2 Baseados em ToA

Os métodos baseados em Time of Arrival (ToA) ou Time of Flight (ToF) baseiam-se na sincronização precisa do tempo de chegada de um sinal transmitido por um dispositivo móvel para um ou mais dispositivos fixos. Quando um dispositivo móvel transmite um sinal, o sinal contém informação da data e hora de envio, no momento em que este é recebido é calculada a distância entre o dispositivo móvel e o recetor a partir do atraso e da velocidade do sinal correspondente.

Para que este método seja aplicado com rigor, é necessário que seja conhecida, com precisão, a data e hora de transmissão. Todos os equipamentos, os recetores e os emissores, têm que ter a data e hora sincronizada, caso contrário, o cálculo é influenciado pela diferença horária (Arfwedson & Berglund, 2015; Gu et al., 2009).

3 Indoor positioning

As grandes desvantagens na utilização deste método é a garantia de que todos os equipamentos têm o horário sincronizado e a necessidade de cálculos adicionais para determinação da localização, ou seja, é necessária a aquisição de um servidor, o que aumenta os custos de aplicação do método (Zhang et al., 2010).

A figura 6 mostra o enquadramento do método baseado em ToA, onde se pode ver a determinação da localização de um dispositivo móvel em função de três emissores fixos.

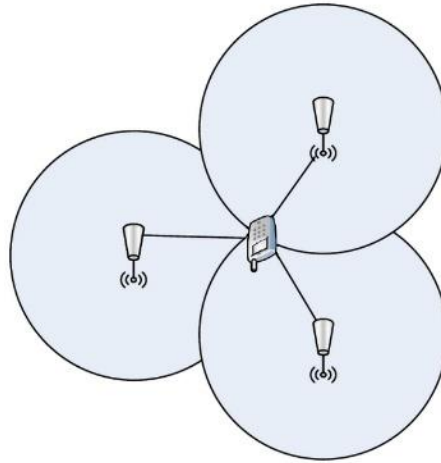


Figura 6 - Método Baseado em TOA (Zhang et al., 2010)

O método Time Difference of Arrival (TDoA) utiliza a técnica de medição de múltiplos pares de referência, cada um deles com a sua localização conhecida.

Utilizam medições de tempo relativo em cada nó, e em vez de medições de tempo absoluto. Assim sendo, este método não necessita da utilização de uma fonte de sincronização horária de forma a calcular a distância através da diferença horaria da chegada do sinal.

Com este método uma transmissão é efetuada, sem que se conheça a data e hora de envio, e recebida por vários recetores. Apenas os recetores necessitam de sincronização horária.

Cada medida produz uma curva hiperbólica na localização espacial em que a localização do equipamento móvel está contida. A intersecção de múltiplas curvas hiperbólicas especifica as possíveis localizações do cliente. Determinação da localização utilizando TDoA denominam-se de *Multilateration* (M. Kjærgaard, 2010; Pajuelo et al., 2015).

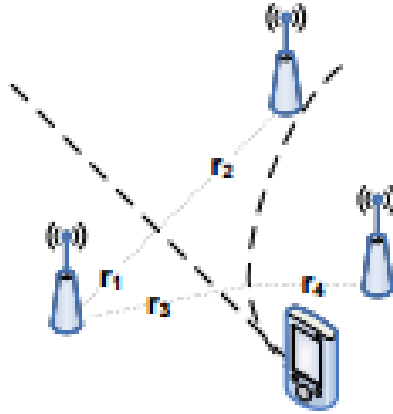


Figura 7 – Método TDoA (M. Kjærgaard, 2010)

Anteriormente referido, existe um problema na utilização do método ToA, a sincronização horária dos dispositivos recetores e dos dispositivos transmissores.

As técnicas Round Trip Time (RTT) e Round-Trip Time of Flight (RTToF) resolvem, em certa medida esse problema, pois medem o tempo de voo do impulso do sinal transmitido a partir do transmissor para o recetor e vice-versa, ou seja, é apenas usado um dos dois equipamentos para gravar a data e hora de envio e posterior chegada. Através desses valores é possível calcular a posição do equipamento. A grande desvantagem na aplicação desta técnica é o facto da necessidade de se efetuarem medidas de vários dispositivos, as medições das distâncias têm que ser feitas consecutivamente, o que torna a localização menos exata principalmente quando o dispositivo se move de forma rápida (Zhang et al., 2010; Zobenko, Kim, & Scherrer, 2014).

3.2.1.3 Baseados em AOA

Nos métodos baseados em determinação da localização de um dispositivo emissor baseado no ângulo criado pelo sinal que é transmitido para os recetores. São Utilizadas técnicas que determinam o ângulo do sinal enviado e recebido através de múltiplos recetores. Para determinar a posição num plano são necessários apenas dois recetores, contudo, para melhorar a precisão da localização estimada são necessários três recetores, utilizando assim o método de triangulação como se pode comprovar na figura 8 (Wong, Klukas, & Messier, 2008; Xinning Wei, Palleit, & Weber, 2011).

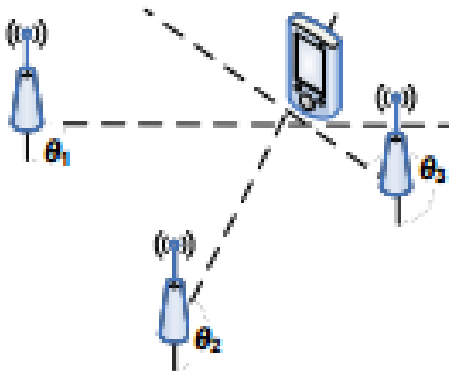


Figura 8 - Método baseado em AOA (M. Kjærsgaard, 2010)

Para a implementação deste método são necessárias antenas adicionais, dotadas da capacidade de medição de ângulos dos sinais recebidos, o que aumenta os custos de instalação e implementação.

Quando aplicadas em interiores de edifícios, os métodos baseados em medição de ângulos são afetados com problemas de Non-line-of-sight (NLoS), por exemplo uma parede impede a propagação de sinal, e por problemas de múltiplos caminhos de propagação (Multipath), por exemplo um sinal ser refletido numa parede (Wong et al., 2008; Wu, Han, Chen, & Liu, 2015; Xinning Wei et al., 2011).

3.2.1.4 Proximity Detection (Connectivity Based Positioning)

O método de proximidade utiliza sensores fixos, colocados em sítios estratégicos. Quando um sensor móvel se aproxima de um determinado sensor fixo é executado o processo de autenticação. Nesse momento, como o sensor móvel está registado num sensor fixo, é possível determinar uma posição aproximada.

A proximidade é detetada através da capacidade de transmissão de sinais rádio ou óticos de que os sensores são dotados. Como se pode ver na figura 9 o método não permite calcular a posição real mas sim a aproximada, dependendo da área que o sensor abrange.

Um exemplo de utilização, baseado em sinais radio, é o *Radio Frequency Identification* (RFID), onde a posição de um sensor *RFID* passivo é conhecida quando existe proximidade com o sensor *RFID Scanner*.

Este método tem a grande vantagem de poder ser utilizado em simultâneo com grande parte das infraestruturas rádio existentes e, como os sensores apenas emitem um código de identificação é possível conceber um sistema de posicionamento sem grandes custos.

Por outro lado, existem algumas desvantagens na utilização deste método, pois a precisão da localização é determinada pelo número de sensores instalados e pela área que cada sensor abrange (M. Kjærsgaard, 2010; Wu et al., 2015; Zhang et al., 2010).

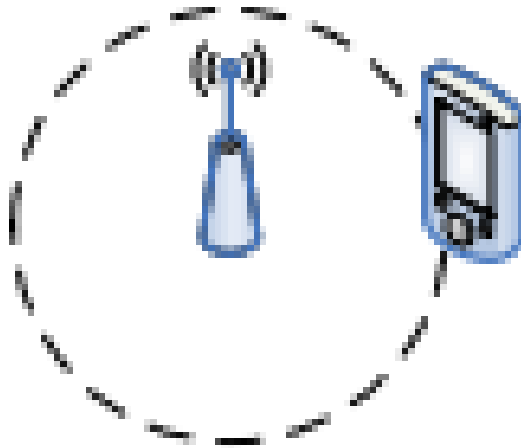


Figura 9 - Método de Proximidade (M. Kjærsgaard, 2010)

3.2.1.5 *Dead Reckoning (DR)*

Este método permite o cálculo estimado da posição atual baseado na posição anterior determinada, na direção do movimento e no tempo decorrido.

A precisão da determinação da posição depende da precisão da posição inicial. Como refere (Chen & Xu, 2015), para obter uma posição inicial mais precisa podem ser utilizados outros mecanismos, como a utilização de um GPS, para cenários exteriores por exemplo.

Este método tem a grande vantagem de poder ser utilizado em áreas sem infraestrutura aplicada na área de cobertura, pois podem ser aplicados sensores ao equipamento para o qual se pretende determinar a posição (M. Kjærsgaard, 2010).

Contudo, como a determinação da posição é baseada na posição anterior, é necessário que se conheça a primeira posição, e para essa determinação são necessários outros métodos ou

3 Indoor positioning

equipamentos. Como o cálculo das posições é baseado na determinação da posição anterior, qualquer erro, por mínimo que seja, vai influenciar progressivamente o erro, na determinação das posições seguintes (Chen & Xu, 2015; M. Kjærsgaard, 2010).

3.2.1.6 Location Fingerprinting

Este método, também chamado de *Fingerprinting Method* utiliza medições de sinais rádio de vários sensores previamente gravados, criando assim um mapa (Radio Map) como mostra a figura 10, e cada gravação é conhecida como *Fingerprint* (Karimi, 2015; M. Kjærsgaard, 2010; M. B. Kjærsgaard et al., 2007).

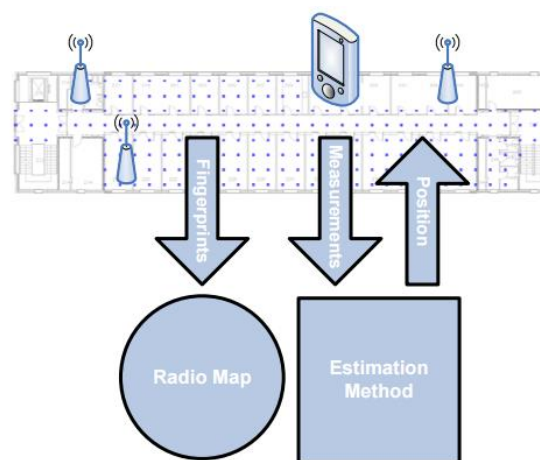


Figura 10 – Método “Fingerprinting” (M. Kjærsgaard, 2010)

Para fazer as medições dos sinais, podem ser utilizados várias técnicas, sendo a mais utilizada a medição por força de sinal (RSS).

Este método é utilizado em duas fases. A primeira fase, também chamada de *Offline Phase* ou *Calibration Phase*, consiste na obtenção e cálculo das medidas para criação do mapa com informação do local onde o sistema é implementado. Essa informação é registada numa base de dados, e consiste no registo de informação de diferentes lugares, retirados a partir de pontos predefinidos (coordenadas), adicionando também características de sinais de rádio, mediante a técnica utilizada, RSS, AoA ou ToA. Para cada Fingerprint tem que existir uma medida que inclua informação sobre todos os sensores e os sinais que recebem (Karimi, 2015; M. Kjærsgaard, 2010).

Na segunda fase ou *Online Phase*, quando o sistema está operacional, o equipamento móvel faz uma medição do sinal num local desconhecido. A informação desse local é comparada com a informação mais aproximada presente na base de dados (Radio Map), permitindo assim, determinar a localização aproximada do equipamento móvel (Karimi, 2015).

A maior desvantagem deste método incide no processo de calibragem, pois pode tornar-se muito demorado e trabalhoso e, para além disso, qualquer alteração à estrutura ou ambiente requer uma nova calibragem. Contudo, mesmo que não existam alterações, para garantir a melhor precisão, são necessárias novas medições periódicas (Karimi, 2015; M. Kjærgaard, 2010).

3.2.2 Sistemas de Posicionamento

Como referido, (Farid, Nordin, & Ismail, 2013), e sintetizado na figura 11, existem diversos sistemas de posicionamento, subdivididos por tipos de tecnologia. Este autor apresenta os sistemas de posicionamento de forma geral, sem evidenciar os sistemas utilizados em ambientes Indoor ou Outdoor.

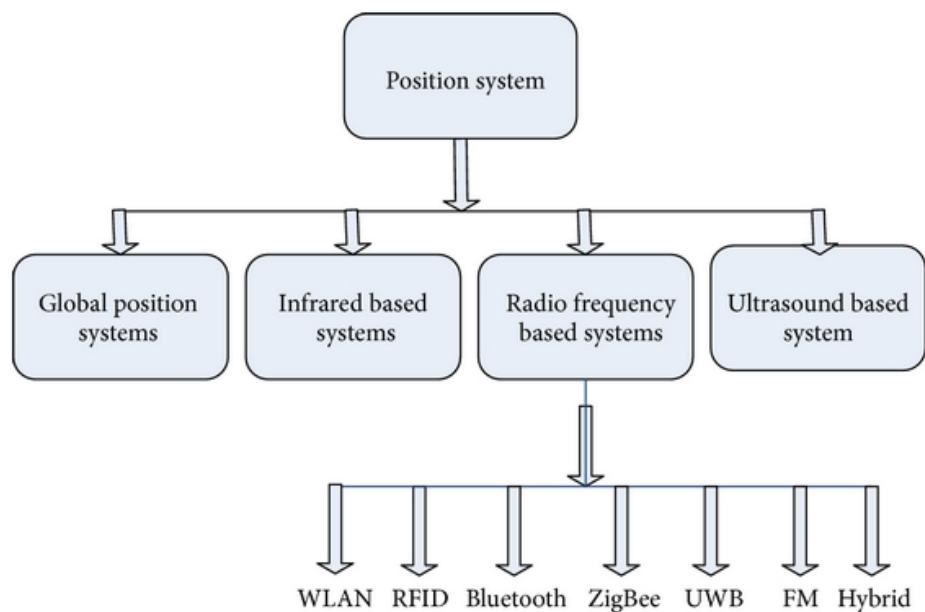


Figura 11 - Sistemas de Posicionamento (Farid et al., 2013)

3 Indoor positioning

Em 2015, (Karimi, 2015) utiliza um esquema idêntico para sintetizar os sistemas de posicionamento, como demonstra a figura 12, evidenciando os sistemas utilizados para determinação de posicionamento em ambientes *indoor*.

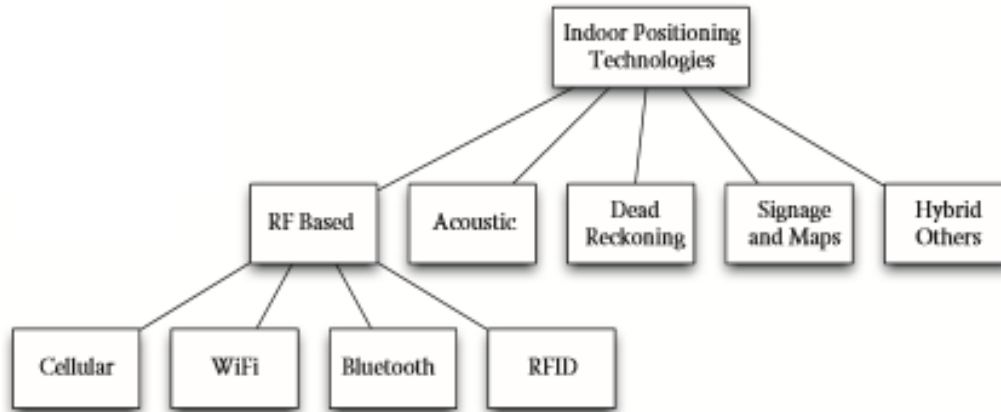


Figura 12 - Sistemas de Posicionamento Indoor (Karimi, 2015)

Embora existam inúmeras tecnologias através das quais é possível a criação de um sistema de posicionamento *indoor*, nesta secção, são apresentados alguns dos sistemas baseados em Radio Frequência.

3.2.2.1 Bluetooth

Quase todos os dispositivos que têm incorporado um módulo *WiFi*, como é o caso dos telemóveis ou computadores, têm também incorporado um módulo *Bluetooth* (Subhan, Hasbullah, Rozyyev, & Bakhsh, 2011).

A vantagem na sua utilização para troca de informações entre os dispositivos deve-se ao facto de ser uma tecnologia muito segura, de baixo custo, baixo consumo energético e de tamanho reduzido. Cada etiqueta Bluetooth tem uma identificação única (Subhan et al., 2011).

Implementar um sistema de posicionamento utilizando esta tecnologia pode ser feito utilizando diversos métodos, *Karimi* identifica 3 publicações distintas.

“Bluetooth has been considered for indoor positioning in works such as those reported in Fischer, Dietrich, and Winkler (2004), Anastasi et al. (2003), and Bekkelien (2012)” (Karimi, 2015)

Em 2003, (Anastasi et al., 2003) utilizou o método de proximidade com a tecnologia *Bluetooth*, colocando equipamentos fixos, equipados com *Bluetooth*, que monitorizam os dispositivos móveis que estão ao seu alcance. A localização de cada dispositivo *Bluetooth* é usada para determinar o movimento dos dispositivos e, ao mesmo tempo, um servidor monitoriza todos os dispositivos presentes na área de cobertura da solução.

Em 2004, (Fischer, G., Dietrich, B., & Winkler, F., 2004) utiliza o método ToA (Time of Arrival) para estimar a localização ou a distância de um dispositivo aos recetores fixos conhecidos. Para isso os recetores foram modificados e foi adicionado *hardware* para determinar o tempo de chegada do sinal.

A duração do tempo de envio de um sinal para o dispositivo móvel e o reenvio do sinal do dispositivo móvel para os diferentes recetores permitem calcular a localização aproximada do dispositivo.

Em 2012, (Anja Bekkelien, 2012) usou o método *fingerprint* para, através um *headsets Bluetooth*, determinar o posicionamento. Foram utilizadas várias métricas *fingerprint* baseadas na força do sinal, Received Signal Strength Indication (RSSI).

Uma das desvantagens do uso da tecnologia *Bluetooth* é que, em cada determinação de localização do dispositivo móvel, é necessário proceder-se primeiro à descoberta do dispositivo o que aumenta significativamente a latência de localização e o consumo de energia (Subhan et al., 2011).

3.2.2.2 RFID

A tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) evolui muito nos últimos anos e tornou-se um substituto do código de barras. É muito utilizado para controlo de *stocks*, acompanhamento (*tracking*) de objetos e mesmo animais (Karimi, 2015). Esta tecnologia é implementada com recurso a etiquetas (*tags*) e leitores RFID.

Existem dois tipos de etiquetas, as passivas e as ativas.

As etiquetas passivas, só enviam informação quando questionadas pelo leitor. O leitor envia um sinal para a etiqueta, a etiqueta reflete o sinal e a sua identificação. A etiqueta não necessita

3 Indoor positioning

de qualquer tipo de fonte de energia, o que torna a etiqueta passiva um dispositivo de baixo custo (Karimi, 2015; Vossiek, Wiebking, Gulden, Wieghardt, & Hoffmann, 2003; Want, 2006).

As etiquetas ativas utilizam uma fonte de energia própria, o que lhes permite o envio de sinais que podem ser detetados pelos leitores (Karimi, 2015; Want, 2006).

Para (Karimi, 2015) utilizar a tecnologia RFID para determinar a posição de um objeto é uma desvantagem, pois, o autor refere que os *Smartphones* são normalmente utilizados para navegação indoor, mas que tipicamente não são construídos com capacidade de utilização da tecnologia RFID, ao contrário da tecnologia Wi-Fi, GSM e *Bluetooth*, que está presente na maioria dos *Smartphones* hoje em dia.

Pode ser utilizado para determinar o posicionamento de diversas formas, utilizando, por exemplo, métodos como *fingerprint* ou proximidade. No caso de um posicionamento baseado na proximidade, o alcance de uma etiqueta passiva, ou ativa, determina a precisão da localização. No caso de ser utilizado método *fingerprint* é possível utilizar as medições RSS (Received Signal Strength) das etiquetas conhecidas para determinar a localização (Karimi, 2015; Vossiek et al., 2003).

3.2.2.3 WiFi-Based Indoor Localization

Uma importante vantagem na utilização desta técnica é que, se uma infraestrutura de rádio adequada, como IEEE 802.11 ou GSM, já estiver no lugar onde o sistema de posicionamento for implementado, poderá ser reutilizada, impedindo assim um custo acrescido na aquisição e instalação de nova infraestrutura (Anja Bekkelien, 2012; Ismail, Boud, & Ibrahim, 2008; M. Kjærsgaard, 2010).

O uso generalizado da tecnologia *Wi-Fi* em residências, hotéis, cafés, aeroportos, centros comerciais, etc. faz com que a tecnologia *Wi-Fi* seja uma tecnologia com muito potencial para a implementação de sistemas de posicionamento *indoor*.

Quase sempre, um sistema *Wi-Fi* consiste na instalação de pontos de acesso fixos (AP – Access Point) que estão instalados em locais convenientes dentro dos edifícios, numa tentativa de disponibilizar acesso em qualquer local (Perahia & Stacey, 2008, 2013).

Dispositivos móveis, como telemóveis, *smartphones*, computadores portáteis, etc. que estão capacitados para aceder às redes *Wi-Fi*, ligam-se aos *APs* instalados permitindo-lhes comunicar entre eles ao mesmo tempo que acedem à internet (Perahia & Stacey, 2013) .

O *Wi-Fi* foi tornado padrão pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrónicos (IEEE), e grande parte do standard tem o nome de IEEE 802.11, sendo a norma mais antiga aprovada em 1997, incluindo não apenas as comunicações baseadas em Rádio Frequência, mas também as comunicações por infravermelhos. Desde então, as comunicações baseadas em rádio Frequência, na faixa dos 2.4 GHz e 5GHz prevalecem em utilização (Karimi, 2015).

Desde que foi criado standard que existe uma evolução significativa, quer a nível de velocidade de acesso quer a nível de frequências, como se pode verificar na imagem 13.

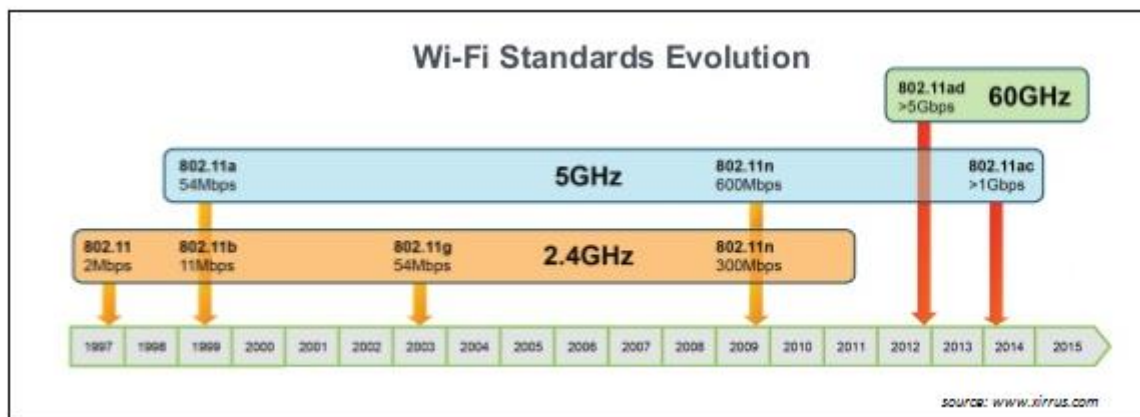


Figura 13 - Evolução IEEE 802.11 (“Let’s Talk Wireless (Part 1),” 2016)

3.3 Sumário

À semelhança dos sistemas GPS, existem nos IPS, várias técnicas e métodos de cálculo para determinação da localização dos recetores de sinal com o menor erro possível.

Grande parte dos sistemas existentes foram identificados, e existe uma preocupação comum no momento da sua criação e instalação, que é determinar a posição com menos erro possível.

A grande vantagem destes sistemas é que podem ser utilizados em simultâneo com os sistemas GPS, pois o IPS colmata uma falha identificada nos sistemas de GPS.

3 Indoor positioning

Ambos os sistemas requerem um grande investimento a nível de infraestruturas e de processamento e cálculo de informação para determinar a posição real com a maior brevidade e menor erro possível, e uma avaliação errada do propósito da aplicação destes sistemas pode trazer um investimento indesejado ou verificar-se não ser a mais adequada para a necessidade de implementação.

Percebe-se que exista necessidade de determinar a localização com o menor erro possível, em ambientes fechados ou abertos. Percebe-se também que estes sistemas requerem uma grande preparação e uma grande quantidade de sensores e medidores de sinais, para, mais uma vez, calcular e determinar a localização o mais exata possível. Mas não será um investimento demasiado pesado para uma implementação, onde o erro na determinação da localização não seja um fator importante? Se não existir diferença ao saber se um recetor está a dez centímetros ou a dez metros de um determinado local, para quê investir num sistema de IPS que calcule a posição com o menor erro possível? É possível criar uma solução de IPS, que sirva estas condições, apenas utilizando equipamentos *wireless*, muitas vezes já presentes no local, sem alteração ou investimento em nova infraestrutura.

No próximo capítulo são apresentadas algumas soluções de IPS existentes no mercado.

4 Soluções existentes

4.1 Introdução

Empresas disponibilizam para o mercado soluções de posicionamento indoor que utilizam técnicas e métodos anteriormente descritos. Cada solução tem particularidades próprias que as permitem destacar-se face a outras soluções existentes.

Algumas empresas desenvolvem equipamentos próprios que utilizam como auxílio nas soluções que implementam, permitindo disponibilizar aos seus clientes soluções mais eficazes e com menor erro de cálculo.

Neste capítulo são apresentadas algumas das soluções mais importantes. Estas soluções utilizam, como método de criação de plataformas de posicionamento, redes *wireless*.

4.2 Infsoft

A empresa Infsoft disponibiliza soluções de navegação indoor através de redes *wireless*, utilizando os emissores e a força de sinal emitida (Received Signal Strength) num determinado local, para que através de dados pré calculados determinar a posição atual do recetor de sinal.

4 Soluções existentes

“Each WiFi access point, whether customer hotspot, router or Internet-capable point of sale system, transmits specific data. Using a RSSI (Received Signal Strength Indication) and MAC address (Media Access Control), an app can calculate the current location of the end user device (client-based positioning).” (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016b)

Utiliza o método de *fingerprinting* descrito anteriormente, onde o equipamento recetor envia a identificação e a força do sinal que recebe de cada equipamento emissor. Um servidor com dados pré calculados faz uma comparação com os dados medidos anteriormente e determina a localização do equipamento (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016b).

Uma das preocupações desta empresa é a precisão do sinal transmitido, pois a força de sinal é importante para a determinação mais real da posição do recetor.

“However, there are some disadvantages to indoor positioning with WiFi: Accuracy is 5-15 meters: less than with Bluetooth Low Energy”. (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,”)

As soluções apresentadas pela Infsoft focam-se essencialmente em três grandes áreas:

- Navegação em espaços interiores (Indoor Navigation)

A solução apresentada por esta empresa utiliza rede *Wi-Fi* e/ou equipamento *Bluetooth* na sua solução de navegação *indoor*. A maioria das aplicações requerem uma funcionalidade "roteamento interior" que orienta as pessoas dentro de um edifício. Para isso é necessária uma aplicação de navegação interior que determina automaticamente a sua posição. Muito semelhante aos sistemas utilizados nos veículos, como mostra na figura 14.



Figura 14 - Indoor Navigation (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016)

- Rastreo em espaços interiores (Indoor Tracking).

Rastreo interior, ou *indoor tracking*, designa a localização de pessoas e objetos dentro de edifícios. Para esta solução a empresa utiliza equipamentos próprios, desenvolvidos para diminuir o erro no cálculo da determinação da localização. A figura 15 apresenta uma aplicabilidade da solução.

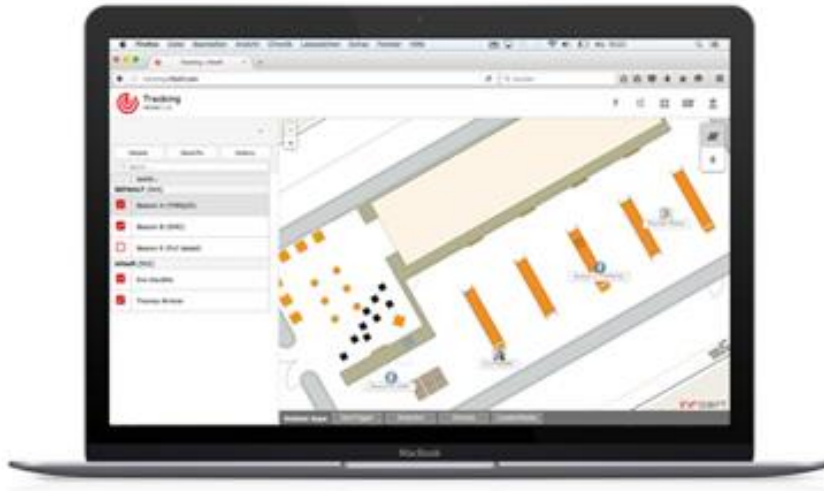


Figura 15 - Indoor Tracking (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016)

- Serviços com base na localização (Location Based Services)

Serviços baseados na localização estão relacionados com serviços de localização que fornecem informações referentes à posição atual. Um exemplo de utilização é a disponibilização de ofertas, como apresentado na figura 16, da loja onde o utilizador se encontra.



Figura 16 - Location Based Services (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016)

4.3 Air-Go

Esta solução é de todo semelhante à solução anterior, pois trabalha com base com a força de sinal e da identificação única do de cada emissor de sinal, e os cálculos que determinam a localização é feito com recurso a informação previamente obtida.

4 Soluções existentes

A Air-go utiliza equipamentos próprios, chamados Ai-Go Wi-Fi Scanner que são colocados em locais específicos e capturam a identificação e a força de sinais.

“Air-Go is a wireless fingerprint Indoor Positioning based technology that relies on Wi-Fi” (“Technology | Air-Go,” 2016).

As soluções apresentadas pela Air-Go focam-se essencialmente em três grandes áreas:

- Orientação e encaminhamento (Guidance and Routing)

Para este tipo de implementações a empresa disponibiliza soluções para clientes que queiram desenvolver soluções de navegação *indoor*. Air-Go RTLE (Real Time Location Engine), é um *Software development kit* (SDK) disponível para clientes que queiram montar a sua própria solução, disponibilizando aos seus clientes uma solução de navegação *indoor*. A figura 17 mostra um exemplo de solução.

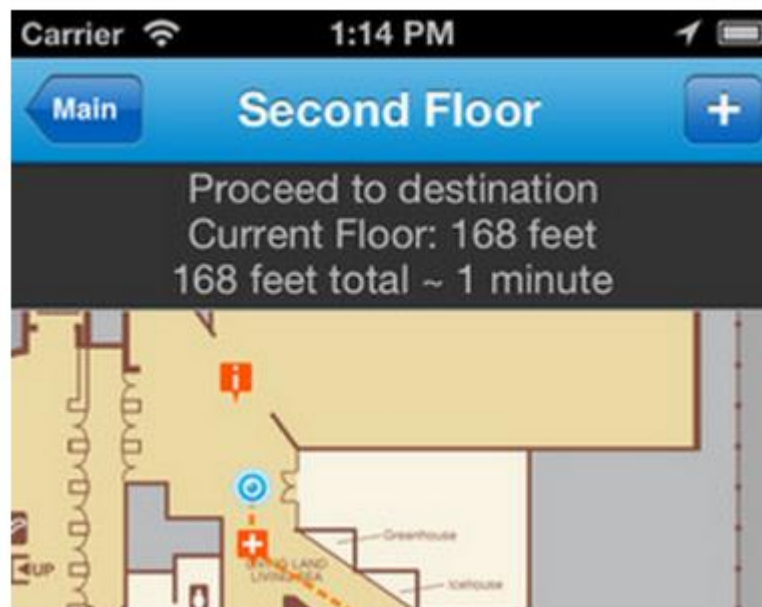


Figura 17 - Guidance and Routing (“Technology | Air-Go,” 2016)

- Rastreo (Tracking)

Air-Go VISIO é uma solução de *tracking* que a Air-Go disponibiliza que utiliza informação das localizações enviadas pelos equipamentos móveis (*smartphones*) ou por *tags* de localização instaladas em sítios específicos. A figura 18 exemplifica um cenário de utilização.



Figura 18 – Tracking (“Technology | Air-Go,” 2016)

- Publicidade (Advertising)

A empresa utiliza a solução Air-Go VISIO, para ao mesmo tempo, disponibilizar aos seus clientes um canal de comunicação capaz de receber informação rica em publicidade, baseada na localização onde se encontra, figura 19.



Figura 19 – Advertising (“Technology | Air-Go,” 2016)

4.4 Goindoor

A Goindoor (“goindoor | Indoor location and navigation technology.,” 2016), é uma empresa que fornece, à semelhança das anteriores, serviços de:

- Navigation
- Tracking
- Data Analysis (Advertising)

4.5 Indoors

À semelhança das demais, também a Indoors (“indoo.rs,” 2016) fornece ao mercado soluções e serviços com base em localização de objetos indoor.

- Navigation

Usa métodos de triangulação / *trilateration* para identificar dispositivos em edifícios permitindo assim uma navegação precisa em ambientes fechados, a figura 20 apresenta um exemplo de utilização.

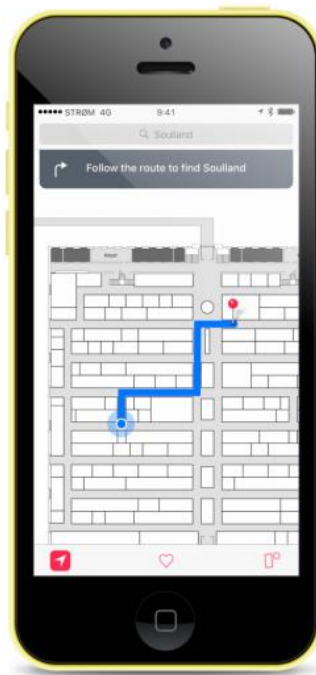


Figura 20 - Indoor Navigation (“indoo.rs,” 2016)

- Tracking

Os serviços de *tracking* que esta empresa disponibilizam assentam na capacidade de analisar e medir as movimentações dos clientes de forma a determinar e entender padrões de interação com serviços/lojas/equipamentos presentes nos locais em análise, a figura 21 mostra um *dashboard* de análise.



Figura 21 - Tracking (“indoo.rs,” 2016)

- Data Analysis (Advertising)

Para as soluções de Publicidade a Indoors, disponibiliza serviços que com base na proximidade permitem notificações em tempo real para dispositivos móveis. A figura 22 apresenta um exemplo de interação com o utilizador, cuja mensagem é enviada devido à sua localização.



Figura 22 – Advertising (“indoo.rs,” 2016)

4.6 Wifarer

A Wifarer (“Wifarer • Indoor Positioning | Indoor GPS | Features,” 2016), fornece também soluções de posicionamento *indoor*. Entre os serviços prestados estão os presentes na figura 23, idênticos aos apresentados nas soluções de outras empresas.



Figura 23 - Serviços Wifarer (“Wifarer • Indoor Positioning | Indoor GPS | Features,” 2016)

4.7 Análise comparativa

As empresas apresentadas na tabela 3 são empresas que utilizam os sinais de rede *wireless* para criarem soluções de posicionamento *indoor*, identificadas no documento.

É apresentada uma síntese de métodos e soluções usadas por cada uma, para determinação de localização de recetores em ambientes *indoor*.

Estas empresas recorrem a soluções com base em redes *wireless*, mas ao mesmo tempo utilizam outras tecnologias de auxílio para diminuir o erro no cálculo e conseguem apresentar aos seus clientes um desfasamento mínimo na sua posição real face ao que é calculado.

Tabela 3 - Comparação de soluções IPS

Solução	Método	Navegação	Rastreo	Serviços
Infsoft (“Indoor positioning and indoor navigation with WiFi,” 2016a)	Fingerprint	X	X	X
Air-Go (“Technology Air-Go,” 2016, p.)	Fingerprint	X	X	X
Goindoor (“goindoor Indoor location and navigation technology.”)	Fingerprint	X	X	X
Indoors (“indoo.rs,” 2016)	Triangulation/ Trilateration	X	X	X
Wifarer (“Wifarer • Indoor Positioning Indoor GPS Features”)	Fingerprint	X	X	X

4.8 Sumário

As soluções analisadas recorrem aos recursos que os equipamentos *wireless* fornecem para desenham soluções. Inicialmente, é necessário um mapeamento do espaço onde será implementada a solução, recorrendo a equipamentos próprios que façam a leitura dos dados do equipamento e a leitura da força de sinal em diferentes locais.

Estas soluções não funcionam sem recurso a métodos comparativos de leituras prévias, pois têm como base a determinação real da posição do recetor, com o menor erro possível.

Focam-se em 3 grandes áreas, navegação *indoor*, rastreo e serviços. Para navegação *indoor* e para rastreo a determinação com menor erro possível é espelho de uma solução em pleno

4 Soluções existentes

funcionamento. Para alguns serviços utilizar soluções como as apresentadas ou soluções semelhantes pode tornar-se demasiado dispendioso, quer a nível financeiro que a nível de tempo de implementação.

Nem todos os serviços necessitam de uma complexidade e de um nível de precisão tão elevados, e para estes casos é possível criar soluções baseado apenas na identificação do equipamento emissor *wireless*.

É apresentado no próximo capítulo uma solução, que com base em sinais de rede *wireless*, permita determinar a localização de um recetor, sem recurso a métodos e técnicas especiais, apenas baseado na localização dos emissores de sinal. Ao determinar a localização, é criado um canal de comunicação, que permite desenhar e conceber vários tipos de aplicação baseada em informação localizada e específica por cada recetor.

5 Prova de Conceito

5.1 Introdução

O facto de saber a posição efetiva de um equipamento pode não ser relevante. Por exemplo, saber que um determinado equipamento está numa área de restauração pode ser mais importante do que saber que está dentro de um determinado restaurante. Saber que um equipamento se encontra conectado a um determinado recetor é suficiente para criar um canal de comunicação, não necessitando de saber se está situado a um metro de um local.

Utilizando as instalações de rede *wireless* existente na maioria dos espaços públicos é possível criar uma solução de IPS sem necessidade de investimento em equipamentos, sem necessidade de utilização de algoritmos específicos, sem necessidade de mapeamento de edifícios ou sequer da conectividade à rede disponibilizada.

Como referido neste documento, a importância de uma solução de IPS requer, para além de investimento em tecnologia, um investimento em técnicas de análise de sinais e cálculos que

5 Prova de conceito

permitam determinar a posição com o menor erro possível. O erro determinará a eficácia da solução implementada.

Mas, se o erro não for um problema, é possível implementar uma solução de IPS de baixo custo, como será explicado e demonstrado no próximo capítulo.

5.2 Solução

A solução apresentada neste documento é uma solução baseada em redes *wireless*, no desenho de uma prova de conceito que permite identificar e mostrar que é possível a criação de um canal de comunicação entre um emissor e um recetor de redes *wireless*, sem investimento em equipamentos novos, com reaproveitamento dos equipamentos existentes e apenas investindo numa solução de gestão do fluxo de informação.

O fluxo de informação pode variar conforme a natureza da solução implementada, isto é, embora seja possível a criação de um canal de comunicação através da solução, a informação existente nesse canal fica a cargo de cada solução.

5.2.1 Canal de comunicação

Um canal de comunicação é entendido como o veículo utilizado para a distribuição de qualquer tipo de comunicação (Blaunstein, Christodoulou, & John Wiley & Sons, 2007). Existem três elementos necessários para criar um canal de comunicação (Yu, Sharp, & Guo, 2009):

- Emissor: emite ou envia sinais;
- Recetor: recebe e interpreta sinais;
- Mensagem: dados a enviar.

Para o emissor e o recetor, a identificação dos equipamentos pode ser necessária, principalmente se existir necessidade de diferenciar os equipamentos.

5.2.2 Identificação

A identificação unívoca do equipamento emissor do sinal *wireless*, é uma necessidade deste projeto, contudo está salvaguardado.

Os equipamentos são identificados através de um *MAC Address* (Media Access Control), uma identificação única, como se de um número de bilhete de identidade se tratasse (“MAC address in The Network Encyclopedia,” 2016).

O recetor também possui essa identificação única, o que lhe permite diferenciar-se de todos os outros equipamentos.

Existindo uma diferenciação a nível de equipamentos é, possível então, determinar quando dois equipamentos específicos estão ligados ou próximos, através dos próprios equipamentos ou com recurso a *software*.

5.2.3 Emissores

Os emissores de sinal são colocados de maneira a que o sinal que emitem tenha a maior área de cobertura, permitindo assim que todos os equipamentos possam obter esse sinal, à semelhança dos sistemas de GPS ou de qualquer outro sistema de ISP (Kaplan & Hegarty, 2006a; Karimi, 2015; Subhan et al., 2011).

Como o objetivo deste trabalho é a utilização de infraestrutura existente, assume-se que a estrutura física está desenhada de forma a abranger a maior área possível de forma constante, podendo sempre ser reajustada para a implementação de um sistema desta natureza.

Não existe necessidade de conhecer as características físicas do emissor nem necessidade de instalação de qualquer tipo de *software* no equipamento, o sinal que emite é suficiente e sabendo o MAC do equipamento emissor, estando o equipamento recetor no alcance do seu sinal é possível a ligação lógica dos equipamentos.

O sinal do emissor é apenas utilizado para a sua identificação, o que significa que não existe necessidade de conectividade física entre ambos.

5.2.4 Recetores

Os recetores necessários para esta solução podem ser de vários tipos, com várias características, vários aspetos e estarem instalados em diferentes tipos de equipamentos.

Foram utilizados como recetores alguns *smartphones* com sensor *wireless* incorporado, com ligação a um servidor de dados, e com capacidade de instalação de aplicações.

5 Prova de conceito

A ligação ao servidor de dados pode ser feita de duas formas:

- Através do recetor *wireless* (Wireless Access)
- Através de rede móvel (Celular Access)

sendo que, o recetor *wireless* tem como função principal a determinação da localização, e o recetor de rede móvel a ligação ao servidor. O recetor usado para a ligação ao servidor é o recetor do canal de comunicação, que em caso de ser recetor *wireless* o da rede móvel é ignorado.

As aplicações instaladas no equipamento permitem a interação com as funcionalidades que os sistemas operativos disponibilizam com base na informação diferenciada por cada equipamento emissor.

O mesmo recetor pode receber informação diferenciada dependendo do emissor que lhe está mais próximo, por outro lado, dois equipamentos recetores, na mesma área de cobertura, podem também receber informação diferenciada.

Sintetizando, se um equipamento transmite uma mensagem, todos os equipamentos recebem essa mensagem que é depois interpretada pelo *software* nele instalado. Mas se o equipamento recetor não necessita de conectividade com o equipamento emissor, de onde provém a informação?

5.2.5 Servidor

Para uma solução com estas capacidades é necessária a implementação de uma aplicação servidor que faça a gestão e parametrização de toda a solução.

O servidor fica a cargo da gestão de toda a informação, da gestão dos equipamentos emissores e da gestão dos equipamentos recetores. No próximo capítulo é detalhado o modo de funcionamento da aplicação servidor.

5.2.6 Limitações de implementação da solução

Embora tenha sido referido anteriormente que o sistema operativo do equipamento recetor e do servidor não é limitativo desta solução, por uma questão de tempo de execução, a solução foi desenhada com recurso às seguintes ferramentas, tabela 4.

Tabela 4 - Ferramentas de Desenvolvimento

Ferramenta	Ambiente de Desenvolvimento	de Versão	Sistema Operativo
Aplicação Emissor	Android Studio	1.5.1	Android
Aplicação Servidor	Outsystems	10	Windows

5.3 Solução CleverIn

CleverIn é o nome dado à solução criada para este projeto, que tem como fundamento a criação de um sistema de posicionamento baseado em redes *wireless* sem necessidade de grande investimento equipamentos onde a posição efetiva não é necessária, reaproveitando as infraestruturas existentes em edifícios.

Como explicado no subcapítulo, a solução requer a existência de três pontos-chave:

- Aplicação que faça toda a gestão de informação da solução, instalada num servidor, com acesso aos recetores via internet ou rede local;
- Equipamentos fisicamente instalados, com capacidade de difusão de sinal *wireless*;
- Dispositivo móvel com capacidade de leitura de sinais de rede *wireless*, com acesso direto, via internet ou rede local, à aplicação servidor e à aplicação recetor instalada;

A solução CleverIn foi implementada numa empresa para controlo de ponto, baseado na localização de todos os seus colaboradores, independentemente do local de trabalho onde se encontrem, ou seja, a empresa tem vários recursos nos escritórios dos seus clientes, e quer controlar o ponto de todos eles sem necessidade de alteração de infraestrutura. A localização dos colaboradores é importante, não é importante o lugar onde ele se senta.

5.3.1 Aplicação Servidor

A aplicação servidor fica a cargo de toda a gestão de espaços, de colaboradores, de equipamentos e de registo de entradas e saídas.

5 Prova de conceito

Disponibiliza uma interface gráfica que auxilia na gestão de conteúdo, e disponibiliza também serviços para consumo da aplicação cliente, a aplicação instalada no recetor.

Todos os dados da solução ficam registados numa base de dados, sendo a aplicação servidor responsável pelo seu armazenamento de posterior consulta, a figura 24 ilustra a arquitetura de acesso à base de dados.



Figura 24 - Acesso à base de dados

5.3.1.1 Espaços e equipamentos emissores

Os espaços são entidades únicas na aplicação que permitem a agregação de vários equipamentos emissores, para uma questão de organização e gestão da aplicação. Cada espaço pode ter um ou mais equipamentos emissores associados mas, um equipamento emissor apenas pode pertencer a um espaço. A figura 25 mostra um exemplo de listagem de espaços, bem como a possibilidade de inserção de novo espaço.

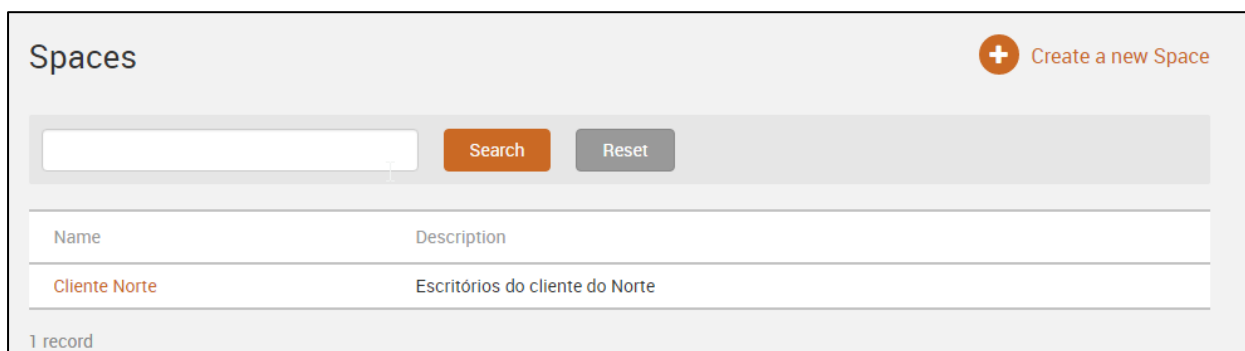


Figura 25 - Lista de espaços CleverIn

Aos espaços podem ser então adicionados equipamentos emissores. A informação a registar tem obrigatoriamente que identificar univocamente o equipamento. O *MAC Address* é um campo obrigatório e deve ser adicionado antes de associado ao espaço como refere a figura 26.

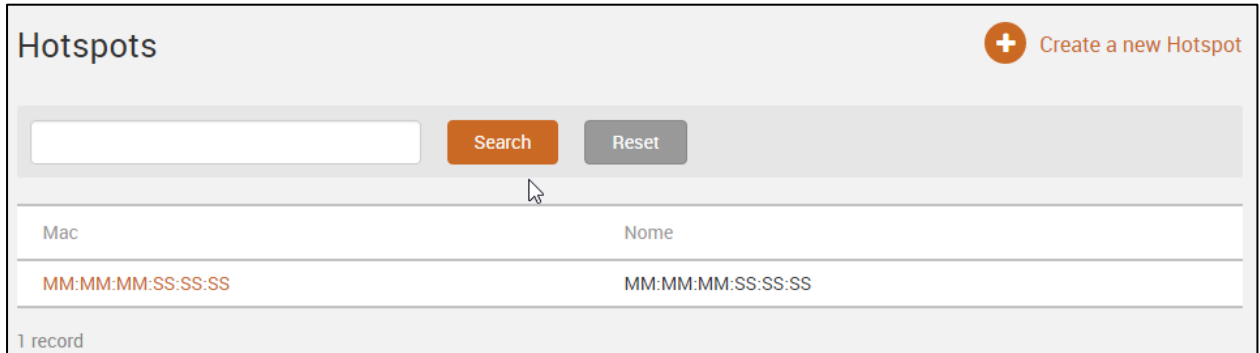


Figura 26 - Lista de Equipamentos Recetores CleverIn

Logo que existam espaços e equipamentos identificados é necessário criar a associação entre ambos, como mostra no exemplo da imagem 27 onde é associado um espaço a um equipamento.

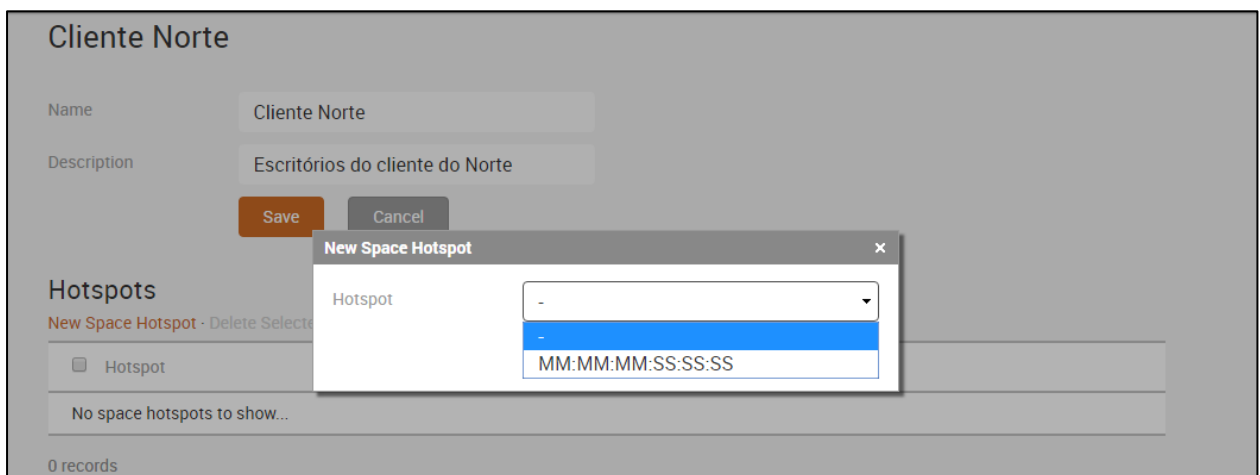
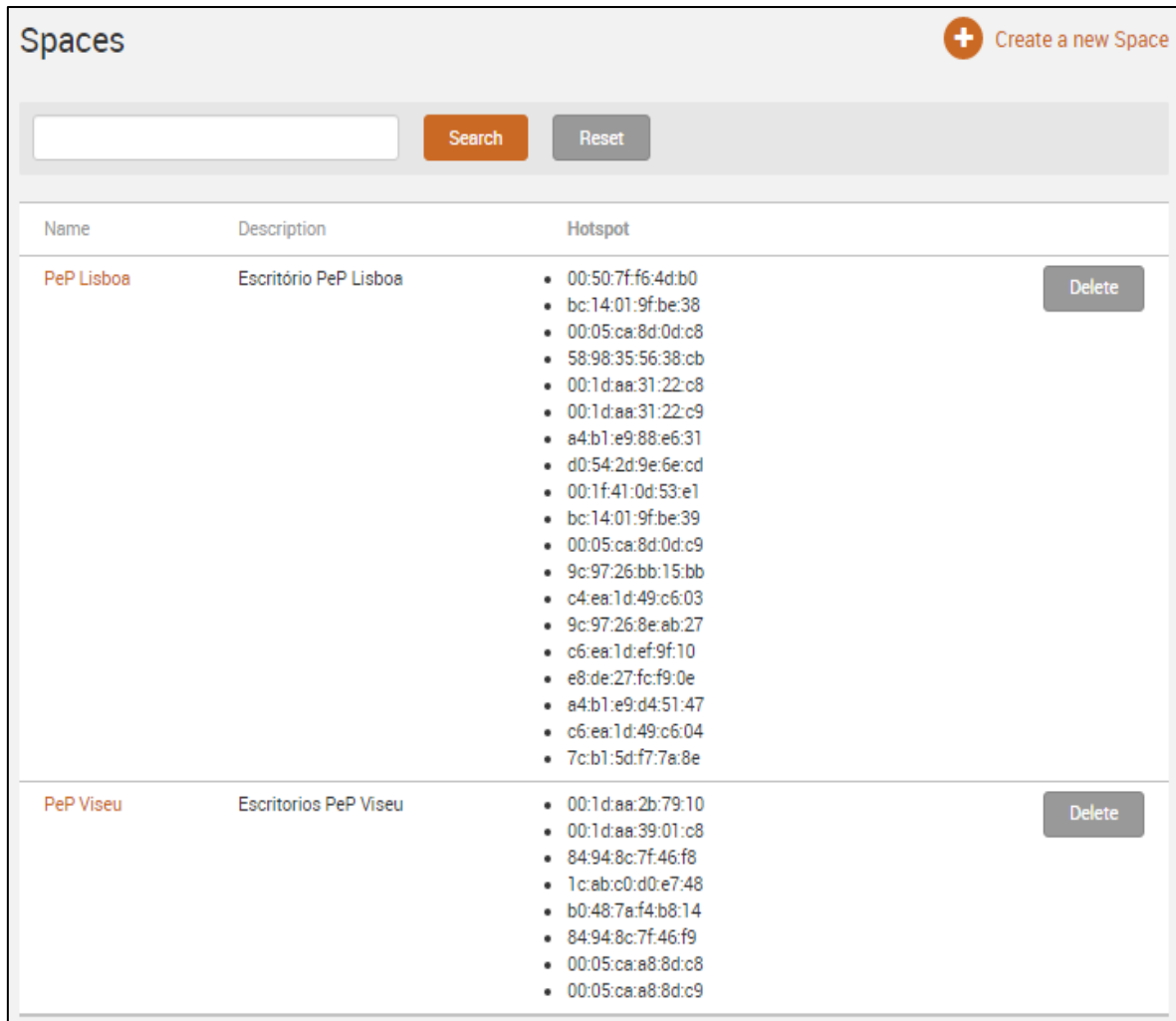


Figura 27 - Associação de Equipamentos a Espaços

Ao associar equipamentos a espaços, passa a ser possível conhecer os equipamentos que estão em cada espaço, como apresentado na imagem 28.

5 Prova de conceito



The screenshot shows a web interface titled 'Spaces'. At the top right, there is a '+ Create a new Space' button. Below the title, there is a search bar and two buttons: 'Search' and 'Reset'. The main content is a table with three columns: 'Name', 'Description', and 'Hotspot'. There are two rows of data, each with a 'Delete' button to its right.

Name	Description	Hotspot	
PeP Lisboa	Escritório PeP Lisboa	<ul style="list-style-type: none">• 00:50:7f:f6:4d:b0• bc:14:01:9f:be:38• 00:05:ca:8d:0d:c8• 58:98:35:56:38:cb• 00:1d:aa:31:22:c8• 00:1d:aa:31:22:c9• a4:b1:e9:88:e6:31• d0:54:2d:9e:6e:cd• 00:1f:41:0d:53:e1• bc:14:01:9f:be:39• 00:05:ca:8d:0d:c9• 9c:97:26:bb:15:bb• c4:ea:1d:49:c6:03• 9c:97:26:8e:ab:27• c6:ea:1d:ef:9f:10• e8:de:27:fc:f9:0e• a4:b1:e9:d4:51:47• c6:ea:1d:49:c6:04• 7c:b1:5d:f7:7a:8e	Delete
PeP Viseu	Escritórios PeP Viseu	<ul style="list-style-type: none">• 00:1d:aa:2b:79:10• 00:1d:aa:39:01:c8• 84:94:8c:7f:46:f8• 1c:abc0:d0:e7:48• b0:48:7a:f4:b8:14• 84:94:8c:7f:46:f9• 00:05:ca:a8:8d:c8• 00:05:ca:a8:8d:c9	Delete

Figura 28 - Lista de espaços com informação de Equipamentos

É necessária a gestão dos colaboradores da empresa onde o CleverIn foi instalado, e essa gestão é feita também na aplicação servidor. Um colaborador pode ter, ao longo do tempo de trabalho na empresa, mais do que um equipamento, ou mesmo dois equipamentos em simultâneo, e utilizar qualquer um dos dois para registo de ponto.

5.3.1.2 Colaboradores e Equipamentos

Na aplicação servidor é possível adicional colaboradores, como demonstra na figura 29.

Number	Name
155562	Faustino Sousa
155521	João Manuel

Figura 29 - Listagem de Colaboradores

É ainda necessária a gestão de equipamentos associados a cada colaborador da empresa. Na criação ou edição do colaborador a aplicação permite a definição dos equipamentos, figura 30.

Figura 30 - Atribuição de equipamentos ao Colaborador

A listagem de colaboradores permite ver os colaboradores e respetivos equipamentos associados, figura 31.

5 Prova de conceito

Contributors		+ Create a new Contributor
<input type="text"/>	<input type="button" value="Search"/>	<input type="button" value="Reset"/>
Number	Name	
155562	Faustino Sousa	<ul style="list-style-type: none">Samsung It6 - MM:MM:MM:SS:SS:ZZ
155521	João Manuel	<ul style="list-style-type: none">-
2 records		

Figura 31 - Lista de Colaboradores com equipamentos associados

De maneira a tornar a aplicação mais rigorosa, existiu necessidade de configurar os locais onde os colaboradores da empresa podem registar as suas entradas e saídas. Isto permitiu que os colaboradores só pudessem efetuar registo nos locais designados pela empresa. A imagem 32 apresenta a configuração de um colaborador.

Tiago Rebelo		
Contributors Number	<input type="text" value="155562"/>	
Name	<input type="text" value="Tiago Rebelo"/>	
Is Active	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="button" value="Save"/> <input type="button" value="Cancel"/>		
Equipments		
New Equipment · Delete Selected Equipments		
<input type="checkbox"/> Name	Mac Address	Is Active
<input type="checkbox"/> 272864f14220de6c	272864f14220de6c	<input checked="" type="checkbox"/>
1 record		
Space Contributors		
New Space Contributor · Delete Selected Space Contributors		
<input type="checkbox"/> Space		
<input type="checkbox"/> PeP Viseu		
1 record		

Figura 32 - Locais e Colaboradores

Com os dados mestre preenchidos, a aplicação pode receber informação das aplicações cliente, instaladas nos recetores de sinal. Para que exista uma comunicação entre a aplicação cliente e a aplicação servidor, ambos os equipamentos necessitam de estar conectados via internet ou rede local.

A aplicação servidor disponibiliza vários métodos de acesso à informação através de *webservices*. Ela é responsável por todo o acesso à base de dados e tratamento dos mesmos antes de serem enviados para as aplicações clientes. A imagem 33 mostra a estrutura aplicacional da solução.



Figura 33 – Acesso aos dados via Webservices

5.3.2 Aplicação Recetor

A aplicação cliente, instalada no recetor de sinal, é responsável pela verificação da proximidade a um emissor e por assegurar que o emissor faz parte dos emissores registados na aplicação servidor. Assegura também se o equipamento recetor pode ou não fazer registo de entrada e/ou saída, baseado na localização do equipamento.

5.3.2.1.1 Verificação passo a passo

Quando a aplicação cliente é iniciada, é dada instrução ao equipamento recetor para fazer uma pesquisa por equipamentos emissores de rede *wireless*. É recolhida informação de todos os equipamentos alcançáveis, dos quais é obtido o *MAC address* do equipamento. A figura 34 pretende mostrar, que embora possam existir vários emissores, apenas a informação dos emissores alcançáveis é adquirida. Neste caso, apenas informação do emissor A e C alcançáveis.

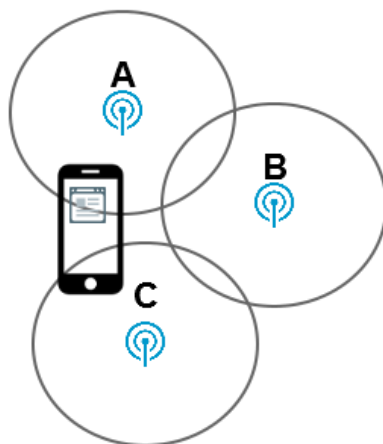


Figura 34 - Emissores alcançáveis

Com base na informação recolhida, a aplicação cliente verifica a existência de parametrização do emissor através do *MAC address* do equipamento, por exemplo, o equipamento A tem o *MAC address MM:MM:MM:SS:SS:S1*, o que significa, conforme figura 18, que este emissor permitirá autenticação de colaboradores, e que foi parametrizado como estando num espaço onde os colaboradores da empresa podem registar o seu ponto. Caso contrário, não será possível o registo.

A imagem 35 demonstra os passos de verificação:

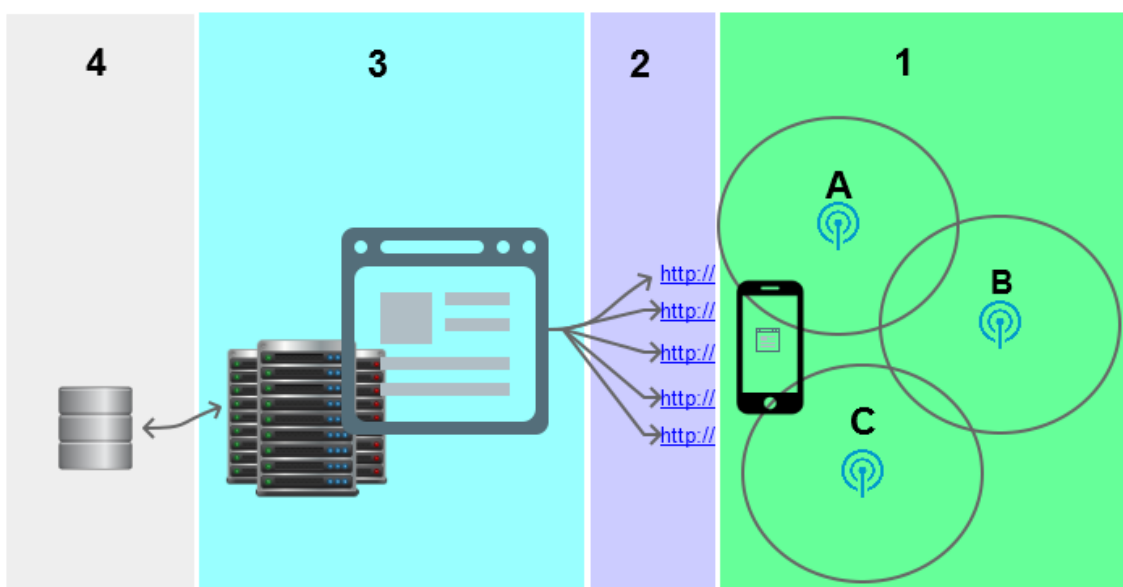


Figura 35- Verificação passo a passo

Onde:

1. Procura de emissores na proximidade
2. Utilização de *webservices* para pesquisa na aplicação servidor
3. Servidor recebe pedido, verifica a informação
4. Acede à base de dados para consulta

Após verificação, o processo é feito de forma contrária:

4. Verificação efetuada, retorno de dados
3. Servidor trata dados da base de dados e prepara resposta
2. Envio de resposta da chamada ao *webservice*
1. Aplicação móvel recebe resposta

Após validação do emissor o cliente, o canal de comunicação pode ser usado para que os colaboradores possam utilizar a aplicação e fazerem o registo do seu ponto.

5.3.3 Aplicação móvel CleverIn

Em cada *smartphone* foi instalada a aplicação CleverIn, ela é responsável pelo controlo do equipamento, pela verificação das redes *wireless* existentes e pela comunicação com o servidor.

A aplicação necessita de acesso à rede para comunicar com o servidor a fim de verificar se as redes *wireless* existentes permitem que um determinado colaborador possa fazer o seu registo de ponto. Quando não existe qualquer acesso à rede, a aplicação informa o utilizador de que deve ligar o acesso à rede, como mostra a figura 36.

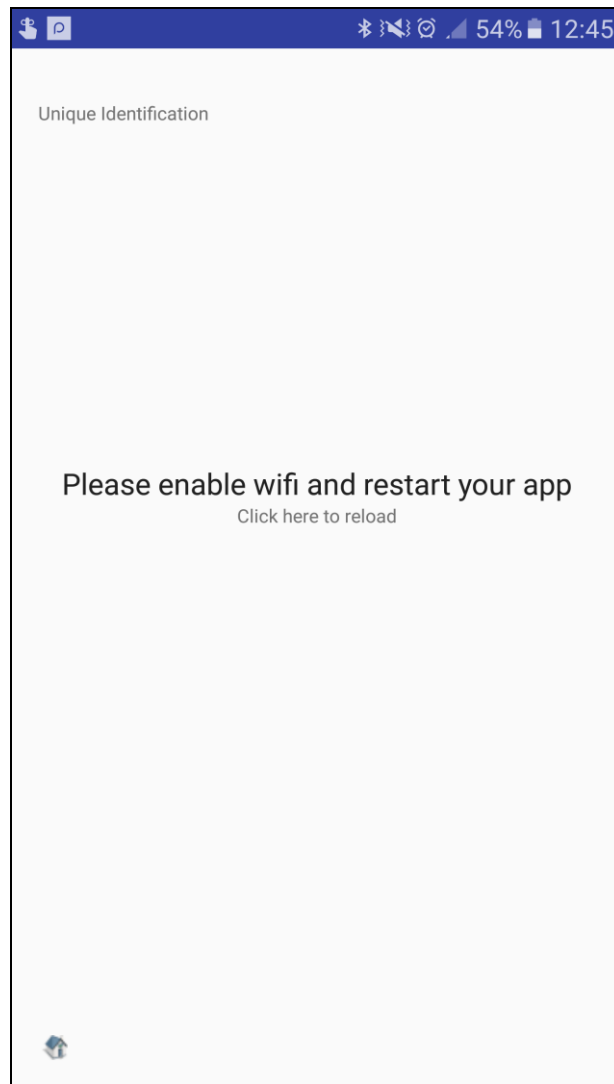


Figura 36 - Falha de conexão ao servidor

Quando estabelecida a ligação entre o equipamento e o servidor, passa a ser possível a utilização do canal de comunicação. A primeira verificação é a verificação da veracidade do equipamento que utiliza a aplicação.

Cada equipamento é identificado na aplicação univocamente, e se a identificação não for comprovada o utilizador não pode fazer registo. Significa também que a cada instalação da aplicação é necessária a parametrização do equipamento na aplicação servidor. Quando não existe possibilidade de utilização da aplicação o utilizador recebe a mensagem presente na figura 37.

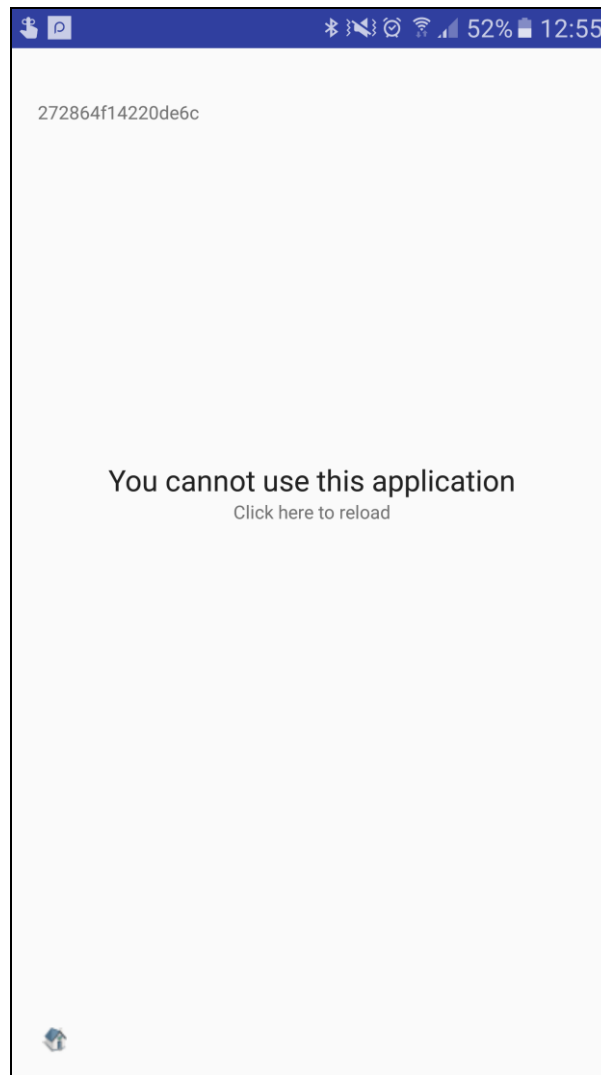


Figura 37 - Equipamento sem configuração

O mesmo se passa com a configuração de espaços, por exemplo, se um utilizador tem permissões para utilização e registo de ponto, mas se encontra num determinado local que, ou não está configurado nos seus espaços de registo, ou não lhe está concedida utilização, é informado, como mostra na figura 38.

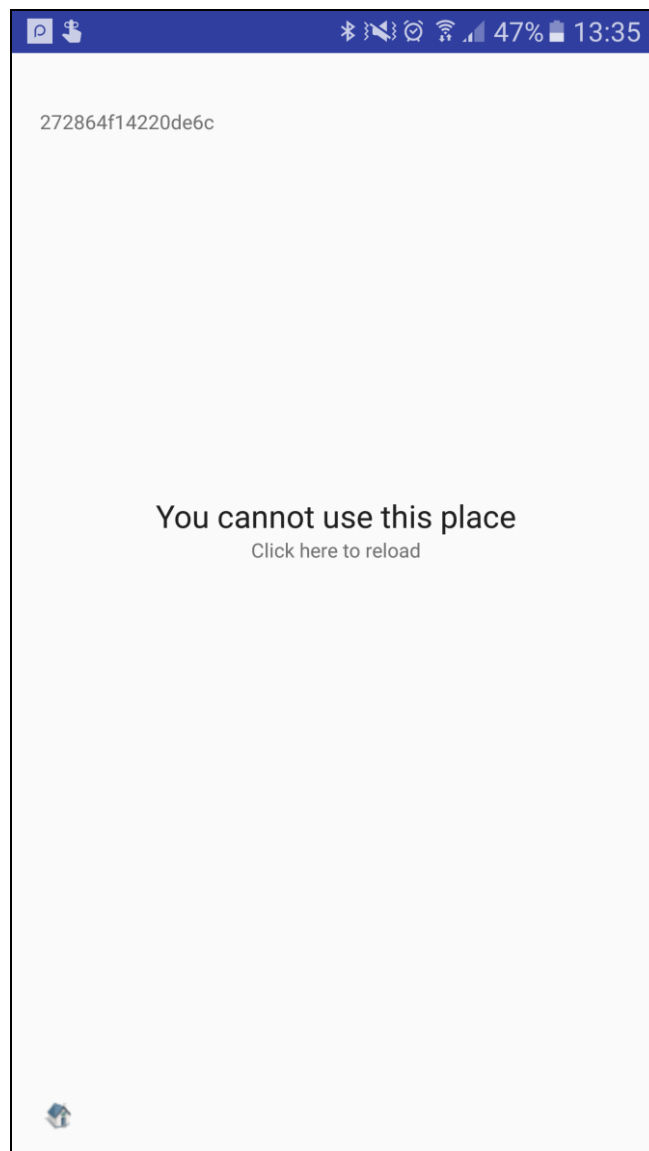


Figura 38 - Espaço não configurado

Encontradas todas as condições para que um utilizar, num equipamento, possa fazer o registo de ponto, a aplicação mostra informação sobre, figura 39:

- *Mac Address* do equipamento que o permitiu validação positiva
- Local onde se encontra
- Número de identificação única do equipamento
- Acesso para registo de ponto de entrada
- Acesso para registo de ponto de saída

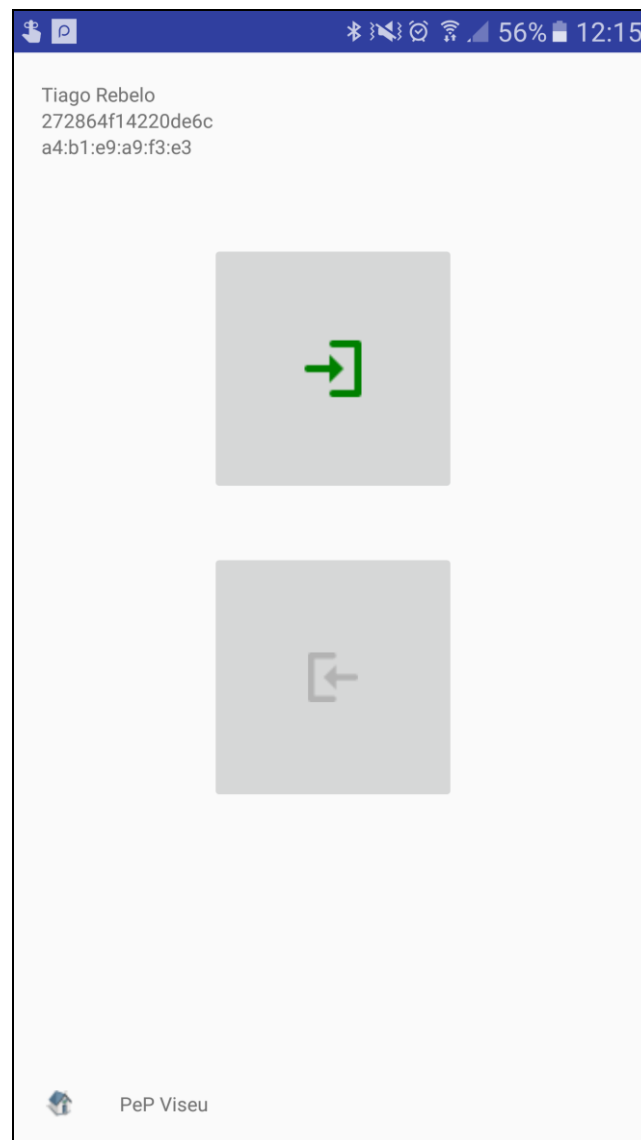


Figura 39 - Registo de ponto

5.3.3.1 *Início e fim de ponto*

O início de ponto e o fim de ponto são intercalados. Ou o utilizador indica que faz o registo de ponto de chegada ao local ou regista a saída do local. Ao utilizador cabe o *click* no botão para cada um dos efeitos, como pode ser visível figura 40 e 41.

5 Prova de conceito

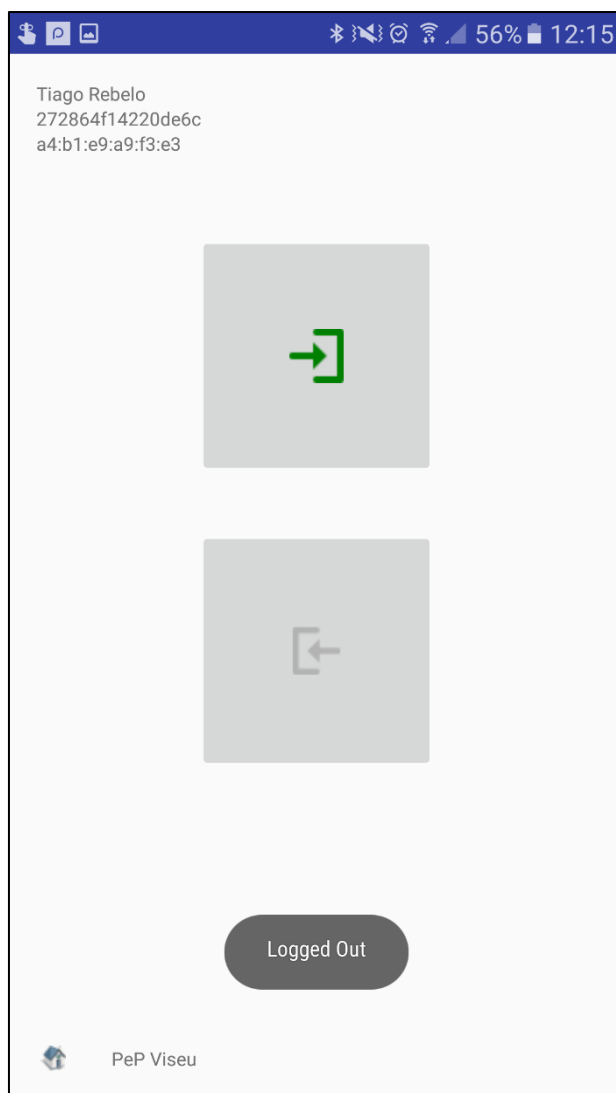


Figura 40 - Inicio de ponto

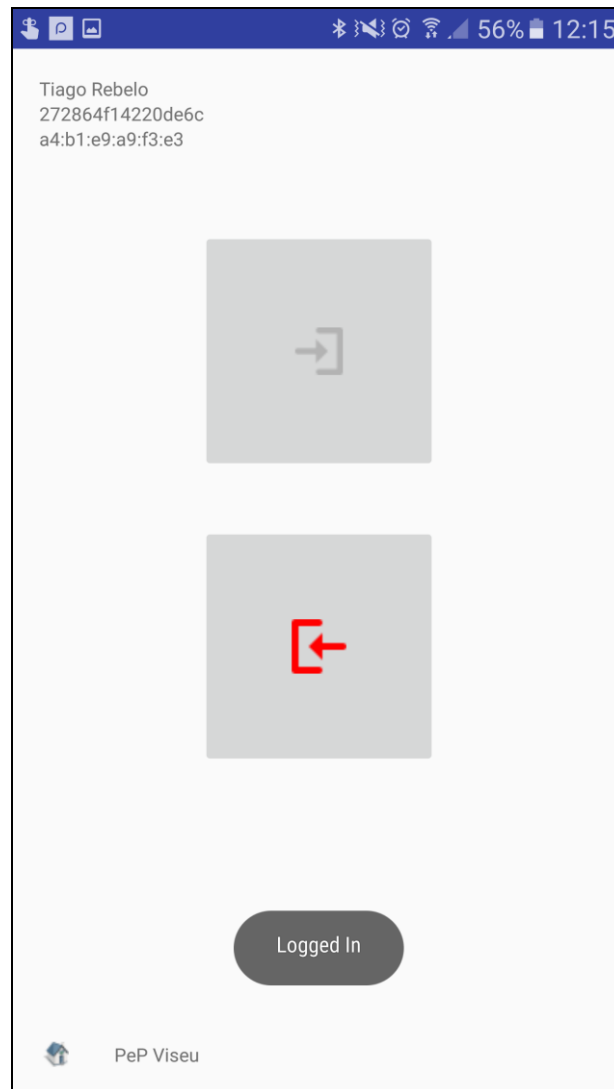


Figura 41 - Fim de ponto

Todos os registos efetuados são enviados para o servidor de forma direta. A aplicação retorna uma mensagem de sucesso quando o comando é efetuado com sucesso.

A aplicação servidor lista todos os registos efetuados pelos colaboradores da empresa como mostra a figura 42:

5 Prova de conceito





	155,562 Tiago Rebelo	PeP Viseu a4:b1:e9:a9:f3:e3	2016-10-15 13:17:40
	155,562 Tiago Rebelo	PeP Viseu a4:b1:e9:a9:f3:e3	2016-10-15 13:17:41
	155,562 Tiago Rebelo	PeP Viseu a4:b1:e9:a9:f3:e3	2016-10-15 13:17:43
	155,562 Tiago Rebelo	PeP Viseu a4:b1:e9:a9:f3:e3	2016-10-15 13:17:44

Figura 42 - Entradas e saídas










Do lado do colaborador é possível também ver o detalhe apenas do ponto que lhe diz respeito, como refere a figura 43.

Tiago Rebelo

Contributors Number

Name

Is Active

	2016-10-15 13:17:35
	2016-10-15 13:17:36
	2016-10-15 13:17:36
	2016-10-15 13:17:38
	2016-10-15 13:17:39
	2016-10-15 13:17:40
	2016-10-15 13:17:41
	2016-10-15 13:17:43
	2016-10-15 13:17:44

9 records

Figura 43 - Entradas e saídas vista de colaborador

Após a criação da solução foram feitos testes iniciais com quatro colaboradores, e dois locais distintos. Como a prova de conceito foi implementada numa empresa com dois escritórios em zonas geográficas distintas, em Viseu foram abrangidos pelos testes dois colaboradores para testar a aplicação móvel e um para o teste da aplicação servidor e em Lisboa um colaborador para testes da aplicação móvel. Os testes e os seus resultados são apresentados no subcapítulo a seguir.

5.3.4 Testes e erros detetados

Os testes foram feitos durante um período de seis dias, sendo que o primeiro dia foi de configuração e parametrização da solução.

A cada utilizador foi entregue um questionário com as seguintes questões:

- Que mais-valias identifica na aplicação utilizada
- Enumere os problemas que detetou na utilização da aplicação

Após o término dos primeiros testes o *feedback* dos utilizadores foi analisado, a tabela 5 apresenta a análise do *feedback* resultante das respostas à primeira pergunta.

Tabela 5 - Testes / Mais-valias

Utilizador	Aplicação	Mais-valias
Utilizador 1	Móvel	<ul style="list-style-type: none"> • Substitui o registo de ponto existente na empresa • Permite maior flexibilidade, pois deixa de haver fila para “picar o ponto” • Quando vou para cliente, não é necessário preenchimento do ponto por parte do meu superior
Utilizador 2	Móvel	<ul style="list-style-type: none"> • O facto de poder registar o ponto apenas nos locais possíveis, para mim é um descanso, porque consigo controlar em tempo real se os meus trabalhadores estão no devido local de trabalho.
Utilizador 3	Móvel	<ul style="list-style-type: none"> • Independente estar em um ou outro escritório da empresa, a aplicação só vai saber que ta na empresa, • Permite alguma privacidade

Utilizador 4	Servidor	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo total sobre todos os colaboradores, inclusive onde neste momento não existe controlo de ponto. Em alguns clientes o ponto é efetuado em papel. E agora só preciso pedir aos clientes a identificação dos equipamentos, e tenho um controlo de ponto dos meus colaboradores nos clientes. • Simplicidade da implementação. Baixo custo de instalação e facilidade na parametrização
---------------------	----------	--

A tabela 6 apresenta a análise do *feedback* resultante das respostas à segunda pergunta.

Tabela 6 - Testes / Menos-valias

Utilizador	Aplicação	Problema encontrado
Utilizador 1	Móvel	<ul style="list-style-type: none"> • É possível fazer registo de ponto de entrada e saída duas vezes seguidas, não acontece sempre, mas algumas vezes consegui • Fiquei sem bateria no equipamento e não consegui marcar o ponto nesse dia
Utilizador 2	Móvel	<ul style="list-style-type: none"> • Quando me esqueço de marcar ponto de saída e estou demasiado longe do local onde o posso fazer, tenho que voltar atrás. Deveria ser possível que o ponto fosse marcado automaticamente quando chego ou me afasto do meu local de trabalho
Utilizador 3	Móvel	<ul style="list-style-type: none"> • O <i>layout</i> é pobre e a aplicação por vezes é lenta quando o acesso à internet é limitado

		<ul style="list-style-type: none"> Quando não tenho sinal de rede dentro do meu gabinete não consigo marcar entrada ou saída.
Utilizador 4	Servidor	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade em saber os MAC <i>address</i> dos emissores para inserção na aplicação.

Os testes realizados foram importantes para verificar que a utilização da solução é uma mais-valia para qualquer organização que pretenda controlar o ponto dos seus colaboradores baseados na sua localização ou na localização do espaço onde trabalham. Algumas respostas foram pertinentes para perceber o impacto que uma solução desta natureza tem na vida dos utilizadores e das organizações.

O *feedback* que foi considerado como o mais importante foi o do utilizador 4, pois notou-se uma grande dificuldade em obter as identificações dos emissores, quando muitas vezes não se tem acesso a eles. Por outro lado, foi também considerado o utilizador com mais impacto positivo, pois o seu *feedback* atingiu os pontos-chave desta implementação.

De qualquer forma todas as opiniões recolhidas dos testes efetuados foram importantes, porque permitem a evolução da aplicação, porém, como é uma prova de conceito, apenas este ponto foi considerado.

Para colmatar esse problema, foi desenvolvida uma extensão da aplicação móvel, que permite que determinados utilizadores possam fazer uma leitura do local e enviar os dados diretamente para o servidor. Quem parametriza a solução deixa de se preocupar com a descoberta e inserção manual das identificações dos emissores nos locais definidos.

A figura 44 apresenta o ecrã da aplicação móvel que permite a definição e inserção do detalhe do local.

The screenshot shows the 'CleverInCatch' mobile application interface. At the top, there is a blue header with the app name. Below the header, there are two input fields: 'Space Name' with a red underline and 'Description' with a black underline. To the right of the 'Description' field is a grey 'SAVE' button. Below the 'Description' field, there are two lines of text representing MAC addresses: 'a4:b1:e9:a9:f3:e3' and 'a6:b1:e9:a9:f3:e4'. The status bar at the top indicates 21% battery and 18:03 time.

Figura 44 - Inserção de local e identificações

Após preenchimento dos campos necessários, figura 45, os dados são enviados para o servidor e passa a ser possível a associação entre o local e os colaboradores, figura 46.

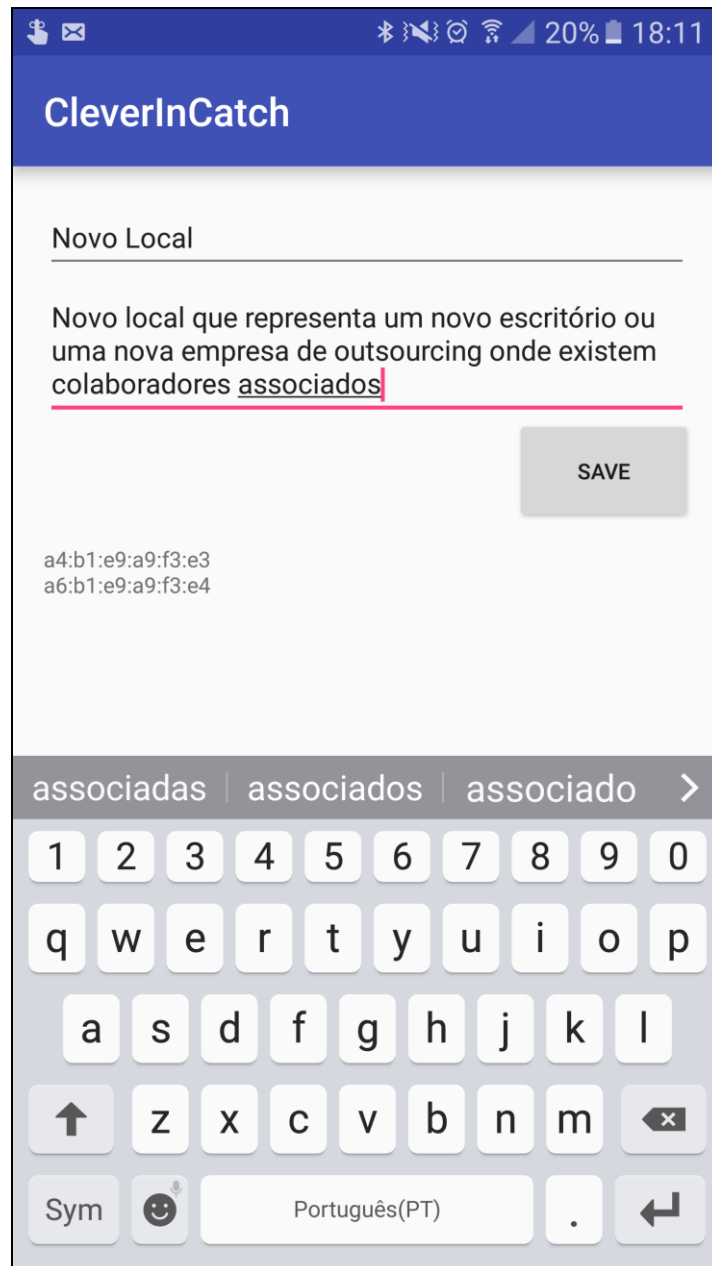


Figura 45 - Inserção de novo local

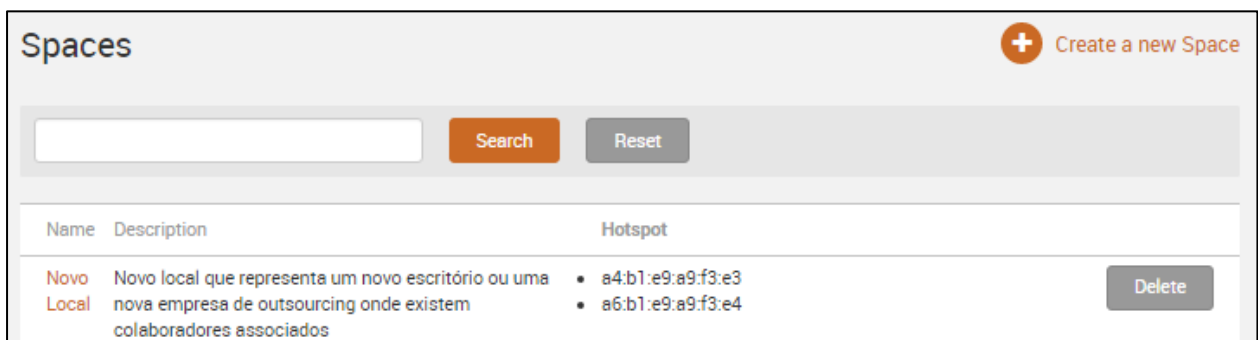


Figura 46 - Listagem com novo local

5.3.5 Desenvolvimentos futuros

Os desenvolvimentos futuros da aplicação passariam principalmente por enquadrar o que foi identificado nos testes com a evolução da própria aplicação. Em suma:

- Tornar a aplicação de utilização *offline*;
 - Permitirá que, mesmo que não existe acesso ao servidor no momento, a aplicação guarde as marcações e posteriormente seja feita a sincronização dos dados;
- Detecção automática;
 - Detetar automaticamente que o recetor está em determinado local, informando o colaborador ou até fazendo o registo automaticamente;
- Alterar o aspeto da aplicação;
 - Alterar *design* da aplicação de acordo com a empresa onde seja instalada, ou parametrização desejada;
- Desenvolver a aplicação móvel para outros sistemas operativos;
- Criar uma solução configurável que permita às empresas a aquisição da solução baseada na *cloud*;
- Adicionar sensor de impressões digitais à autenticação do colaborador;
 - Possibilitaria o registo de ponto em outro tipo de equipamentos, ou nos equipamentos atuais, desde que estes estejam dotados do sensor apropriado;
- Etc.

5.4 Sumário

As soluções existentes são desenvolvidas com o intuito de determinar a posição de um recetor o mais real possível, o que implica que a sua implementação seja morosa e demasiado dispendiosa quer a nível de implementação quer de infraestruturas.

O CleverIn é o resultado de uma prova de conceito que permite apresentar uma alternativa aos sistemas IPS, onde a posição efetiva do recetor não é uma necessidade, permitindo assim diminuir o tempo de implementação e custos de infraestrutura.

Ao contrário dos sistemas IPS existentes, a solução CleverIn possibilita uma instalação e configuração rápida, não necessitando de análises de força de sinal nem o nível de comparação com leituras exaustivas previamente efetuadas.

Propícia também a apresentação de uma abordagem diferente e demonstra a capacidade que esta ideia pode trazer à implementação de várias soluções, pois é uma alternativa real que possibilita que com ou quase nulo investimento em infraestruturas, se determine a localização de um equipamento para posteriormente enriquecer aplicações existentes disponibilizando novos serviços e novos produtos aos seu utilizadores.

6 Conclusão

A incapacidade de utilização de sinais de GPS para cálculo e determinação da localização de objetos, motivou o desenvolvimento de novos sistemas. Os seus substitutos, os sistemas IPS, tendem a manter o mesmo fim de utilização existente, determinar a posição mais real, com menor erro possível, de um determinado objeto num determinado local. O fator erro na determinação da localização influencia diretamente com o sucesso da sua implementação.

Uma implementação de um sistema IPS, independentemente das técnicas e métodos que utilize, implica uma preparação e configuração prévia do local. Os sistemas IPS estudados neste trabalho requerem uma análise do local, com leituras prévias da intensidade dos sinais e da identificação do equipamento que os transmitem.

Ao mesmo tempo, os objetos para os quais é necessária a determinação da localização têm que ser capazes de enviar leituras de intensidade de sinais e identificação do emissor, em tempo real, para que seja possível determinar a localização com base nas leituras prévias. O que implica que quantas mais leituras prévias forem efetuadas, mais real se torna a localização do

objeto. Os custos associados a uma implementação são elevados e podem variar dependendo do fim para que são configurados.

A solução apresentada como prova de conceito, neste documento, é uma solução de IPS, que demonstra que a posição real, para alguns casos, não é uma necessidade.

É possível para certas implementações de IPS, não existir necessidade de leituras de forças (RSSI) ou de ângulos de sinal (AoA), apenas da identificação do equipamento emissor, devido às necessidades da solução a implementar, ao contrário de todas as soluções analisadas.

Assim sendo, os custos de implementação são diminuídos, tanto a nível de tempo como de infraestruturas, pois grande parte dos locais tem já instalada na sua infra-estrutura emissores de sinais *wireless*, possibilitando a sua utilização sem necessidade de acesso ao equipamento.

A prova de conceito apresenta uma solução de IPS que se difere das demais existentes por poder operar em situações onde a posição efetiva não é uma necessidade, diminuindo assim os custos de implementação e de infra-estrutura. Mantém-se o mesmo propósito de todas as soluções IPS existentes, determinando a localização de um objeto em locais onde os sinais GPS não são suficientes.

6.1 Trabalhos futuros

Utilizando o mesmo princípio de funcionamento da solução apresentada, é possível criar várias soluções para vários sistemas e várias áreas. De seguida, são apresentadas outros exemplos de outras soluções que podem utilizar sistemas como este.

6.1.1 *Streaming* de vídeo

Uma das possibilidades de implementação deste sistema é por exemplo na utilização de *streaming* de vídeo ou imagens.

Se for necessário a difusão de um conteúdo de *streaming* num determinado local a configuração do equipamento que o transmite pode ser baseada na sua localização, ou seja, a configuração não é feita no equipamento, mas sim na localização onde o equipamento se encontra.

6 Conclusão

Qualquer equipamento que esteja no espaço configurado passa a transmitir o conteúdo definido para aquele local.

Por exemplo, um museu tem várias televisões em locais estratégicos que transmitem conteúdo relacionado com o local onde se encontram, mas uma televisão avaria e é necessário reposicionamento. No entanto, o museu não tem disponíveis equipamentos de reserva, mas existe uma área do museu que está em manutenção e tem uma televisão desligada.

O colaborador do museu substitui a televisão avariada, mas como a televisão estava preparada a apresentar conteúdo de outra área do museu, o conteúdo não se adaptou à localização do equipamento.

Utilizando uma solução como a solução CleverIn, se o conteúdo a apresentar num equipamento for baseado na sua localização, o facto de ter alterado o equipamento não era motivo para nova configuração. A televisão apresentaria o conteúdo que está configurado para ser apresentado em todos os equipamentos que estejam naquele raio de cobertura.

6.1.2 Turismo

Outra possibilidade é a utilização para turismo, onde é viável aplicar esta solução para vários cenários, como por exemplo, uma aplicação para dispositivos móveis que adapte o conteúdo ao local onde se encontra, utilizando a rede *wireless* da cidade que visita.

6.1.3 Publicidade

Existem em Portugal algumas empresas que fornecem serviços de internet, a Portugal Telecom (PT) por exemplo, fornece aos seus clientes um serviço adicional que permite a qualquer cliente aceder à internet, utilizando as suas credenciais, a partir de qualquer ponto de acesso rede PT. (“MEO WiFi - O que é?,” 2016)

Cada ponto de acesso tem uma identificação única, logo é possível, implementar uma solução para publicidade. Se numa determinada loja, um cliente acede ao *hotspot*, a página de login na rede pode ser alterada dinamicamente para publicitar artigos da própria loja.

6.1.4 Marketing

Assim como na publicidade é possível também a utilização da solução para efeitos de marketing. Por exemplo, uma aplicação móvel desenhada e desenvolvida para centros

comerciais, pode criar campanhas de marketing baseadas na localização do equipamento recetor.

Um exemplo de funcionamento seria a atribuição de um bilhete de cinema a um possível cliente que acabou de sair da zona de restauração e caminhou em direção oposta à zona dos cinemas, baseado na sua localização relativa, pois para este cenário não seria importante saber em que zona da restauração esteve, mas saber sim que ele esteve lá.

6.2 Outras abordagens

Outras abordagens podem ser tidas em conta, nomeadamente a adição de elementos diferenciadores, como por exemplo a identificação do utilizador, os seus gostos e hábitos que podem fornecer informações úteis para enriquecer as soluções e as tornar mais apelativas.

Outra abordagem seriam as soluções híbridas, soluções que façam a gestão da determinação da localização utilizando os três métodos, GPS, IPS e a solução apresentada, mediante a infraestrutura existente no local.

Referências

- Anastasi, G., Bandelloni, R., Conti, M., Delmastro, F., Gregori, E., & Mainetto, G. (2003). Experimenting an indoor bluetooth-based positioning service (pp. 480–483). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDCSW.2003.1203598>
- Anja Bekkelien. (2012). Bluetooth Indoor Positioning. Retrieved from http://cui.unige.ch/~deriazm/masters/bekkelien/Bekkelien_Master_Thesis.pdf
- Arfwedson, P., & Berglund, J. (2015, July). Indoor Positioning System - Development of serverside functionality, client communication and a graphics engine.
- Awange, J. L., & Kiema, J. B. (2013). *Environmental geoinformatics: monitoring and management*. Berlin: Springer.
- Beidleman, S. W. (2012). *Gps versus galileo: balancing for position in space*. [S.l.]: Lulu Com.
- Bharat, R., & Minakakis, L. (2003, December). Evolution of mobile location-based services | December 2003 | Communications of the ACM. Retrieved December 12, 2015, from <http://cacm.acm.org/magazines/2003/12/6654-evolution-of-mobile-location-based-services/abstract>
- Biezad, D. J. (1999). *Integrated navigation and guidance systems*. Reston, Va: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Blaunstein, N., Christodoulou, C. G., & John Wiley & Sons. (2007). *Radio propagation and adaptive antennas for wireless communication links: terrestrial, atmospheric, and ionospheric*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience. Retrieved from http://www.123library.org/book_details/?id=20506
- Bud, R., & Warner, D. (1998). *Instruments of Science: An Historical Encyclopedia: An Historical Encyclopaedia (Garland Encyclopedias in the History of Science)*.
- Chen, T., & Xu, L. (2015). An Improved Dead Reckoning Algorithm for Indoor Positioning Based on Inertial Sensors. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/eame-15.2015.102>
- Curran, K., Furey, E., Lunney, T., Santos, J., Woods, D., & McCaughey, A. (2011). An evaluation of indoor location determination technologies. *Journal of Location Based Services*, 5(2), 61–78. <https://doi.org/10.1080/17489725.2011.562927>
- Dana, P. H. (1994). The Global Positioning System. Retrieved December 12, 2015, from http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html
- El-Rabbany, A. (2002). *Introduction to GPS: the Global Positioning System*. Boston, MA: Artech House.
- Farid, Z., Nordin, R., & Ismail, M. (2013). Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2013, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2013/185138>
- Fischer, G., Dietrich, B., & Winkler, F. (2004). Bluetooth indoor localization system. *In Proceedings of the 1st Workshop on Positioning, Navigation, and Communication*.
- Getting, I. A. (2002). The Global Positioning System. IEEE Spectrum. *Spectrum, IEEE (Volume:30, Issue: 12)*.

- goindoor | Indoor location and navigation technology. (2016, October). Retrieved October 19, 2016, from <https://www.goindoor.co/>
- GPS.gov: Control Segment. (2015, March 27). Retrieved March 15, 2016, from <http://www.gps.gov/systems/gps/control/>
- GPS.gov: GPS Modernization. (2014, July 30). Retrieved March 21, 2016, from <http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/>
- GPS.gov: New Civil Signals. (2015, August 27). Retrieved March 23, 2016, from <http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals/>
- GPS.gov: Space Segment. (2015, March 27). Retrieved March 5, 2016, from <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- Gu, Y., Lo, A., & Niemegeers, I. (2009). A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *11*(1), 13–32. <https://doi.org/10.1109/SURV.2009.090103>
- HEIN, G., PAONNI, M., & KROPP, V. (2008, March). GNSS Indoors — Fighting The Fading, Part 1 | Inside GNSS. Retrieved December 12, 2015, from <http://www.insidegnss.com/node/590>
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Collins, J. (2001). *Global positioning system: theory and practice ; with 45 figures* (5., ed). Wien: Springer.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS--global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Wien ; New York: Springer.
- Indoor positioning and indoor navigation with WiFi. (2016a). Retrieved October 19, 2016, from <https://www.insoft.com/technology/hardware/wifi>
- Indoor positioning and indoor navigation with WiFi. (2016b, August 27). Retrieved October 19, 2016, from <https://www.insoft.com/technology/hardware/wifi>
- indoo.rs. (2016, August 27). Retrieved October 19, 2016, from <https://indoo.rs/>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.). (2010). *36th European Conference and Exhibition on Optical Communication: (ECOC 2010) ; Torino, Italy, 19 - 23 September 2010*. Piscataway, NJ: IEEE.
- Ismail, M. B., Boud, A. F. A., & Ibrahim, W. N. W. (2008). Implementation of Location Determination in a Wireless Local Area Network (WLAN) Environment (pp. 894–899). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACT.2008.4493911>
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. (2006a). *Understanding GPS: principles and applications*. Boston: Artech House.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (Eds.). (2006b). *Understanding GPS: principles and applications* (2nd. ed). Boston, Mass.: Artech House.
- Karimi, H. A. (Ed.). (2015). *Indoor wayfinding and navigation*. Boca Raton: CRC Press.
- Kjærsgaard, M. (2010, April 28). *Indoor Positioning with Radio Location Fingerprinting*. Department of Computer Science University of Aarhus, Denmark.
- Kjærsgaard, M. B., Treu, G., & Linnhoff-Popien, C. (2007). Zone-Based RSS Reporting for Location Fingerprinting. In A. LaMarca, M. Langheinrich, & K. N. Truong (Eds.),

Referências

- Pervasive Computing* (Vol. 4480, pp. 316–333). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-72037-9_19
- Kul, G., Özyer, T., & Tavli, B. (2014). IEEE 802.11 WLAN based Real Time Indoor Positioning: Literature Survey and Experimental Investigations. *Procedia Computer Science*, 34, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.07.078>
- Küpper, A. (2007). *Location-based services: fundamentals and operation* (Reprinted). Chichester: Wiley.
- Let's Talk Wireless (Part 1). (2016, June 16). Retrieved June 16, 2016, from <http://arakanisnetworks.com/2015/10/lets-talk-wireless-part-1/>
- Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., & Liu, J. (2007). Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37(6), 1067–1080. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2007.905750>
- Liu, X., Makino, H., & Mase, K. (2010). Improved Indoor Location Estimation Using Fluorescent Light Communication System with a Nine-Channel Receiver. *IEICE Transactions on Communications, E93-B(11)*, 2936–2944. <https://doi.org/10.1587/transcom.E93.B.2936>
- MAC address in The Network Encyclopedia. (2016, October). Retrieved October 9, 2016, from <http://www.thenetworkencyclopedia.com/entry/mac-address/>
- Mendizábal Samper, J., Berenguer, R., & Meléndez, J. (2009). *GPS & Galileo dual RF front-end receiver and design, fabrication, and test*. New York: McGraw-Hill. Retrieved from <http://site.ebrary.com/id/10268599>
- MEO WiFi - O que é? (2016, August 27). Retrieved October 16, 2016, from <https://wifi.meo.pt/pt/oquee/Pages/OQueE.aspx>
- Merrill, S. (2003). *Introduction to Radar Systems*. McGraw-Hill Education - Europe.
- Nielsen. (2014, July 1). Smartphones: So Many Apps, So Much Time. Retrieved December 12, 2015, from <http://www.nielsen.com/us/en/insights/news/2014/smartphones-so-many-apps--so-much-time.html>
- Oates, B. J. (2005). *Researching Information Systems and Computing*. SAGE, 2005.
- Pajuelo, P., Perez, M. C., Villadangos, J. M., Garcia, E., Gualda, D., Urena, J., & Hernandez, A. (2015). Implementation of indoor positioning algorithms using Android smartphones (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETF.A.2015.7301621>
- Perahia, E., & Stacey, R. (2008). *Next generation wireless LANs: throughput, robustness, and reliability in 802.11n*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Perahia, E., & Stacey, R. (2013). *Next generation wireless LANs: 802.11n and 802.11ac* (2. ed). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Roebuck, K. (2012). *GPS - Global Positioning System High-impact Strategies - What You Need to Know: Definitions, Adoptions, Impact, Benefits, Maturity, Vendors*. Dayboro: Emereo Pub. Retrieved from <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=1063055>
- Sanz Subirana, J., Juan Zorzona, J. M., & Hernandez-Pajares, M. (2013). *GNSS data processing*. Noordwijk: ESA publications.

- Seco, F., Jimenez, A. R., Prieto, C., Roa, J., & Koutsou, K. (2009). A survey of mathematical methods for indoor localization (pp. 9–14). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WISP.2009.5286582>
- Shaw, M. (2004). Modernization of the Global Positioning System. *Acta Astronautica*, 54(11–12), 943–947. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2004.01.036>
- Subhan, F., Hasbullah, H., Rozyyev, A., & Bakhsh, S. T. (2011). Indoor positioning in Bluetooth networks using fingerprinting and lateration approach (pp. 1–9). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICISA.2011.5772436>
- Technology | Air-Go. (2016, August 27). Retrieved October 19, 2016, from <http://air-go.es/technology/>
- Tillman, K. (2013, July 29). How Many Internet Connections are in the World? Right. Now. Retrieved December 16, 2015, from <http://blogs.cisco.com/news/cisco-connections-counter>
- Vossiek, M., Wiebking, L., Gulden, P., Wieghardt, J., & Hoffmann, C. (2003). Wireless local positioning - Concepts, solutions, applications (pp. 219–224). IEEE. <https://doi.org/10.1109/RAWCON.2003.1227932>
- Want, R. (2006). An Introduction to RFID Technology. *IEEE Pervasive Computing*, 5(1), 25–33. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2006.2>
- WBA. (2011). Global Developments in Public Wi-Fi. Retrieved from http://www.wballiance.com/wba/wp-content/uploads/downloads/2012/07/16_WBA-Industry-Report-2011-_Global-Developments-in-Public-Wi-Fi-1.00.pdf
- Wells, D. (Ed.). (1987). *Guide to GPS positioning*. Fredericton, New Brunswick, Canada: Canadian GPS Associates.
- What is Galileo? / The future - Galileo / Navigation / Our Activities / ESA. (2015, December 18). Retrieved March 31, 2016, from http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/What_is_Galileo
- Wifarer • Indoor Positioning | Indoor GPS | Features. (2016, October). Retrieved October 19, 2016, from <http://www.wifarer.com/features.html>
- Wong, C., Klukas, R., & Messier, G. G. (2008). Using WLAN Infrastructure for Angle-of-Arrival Indoor User Location (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VETEFCF.2008.146>
- Wu, Z.-H., Han, Y., Chen, Y., & Liu, K. J. R. (2015). A Time-Reversal Paradigm for Indoor Positioning System. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 64(4), 1331–1339. <https://doi.org/10.1109/TVT.2015.2397437>
- Xinning Wei, Palleit, N., & Weber, T. (2011). AOD/AOA/TOA-based 3D positioning in NLOS multipath environments (pp. 1289–1293). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2011.6139709>
- Xu, R., Chen, W., Xu, Y., & Ji, S. (2015). A New Indoor Positioning System Architecture Using GPS Signals. *Sensors*, 15(5), 10074–10087. <https://doi.org/10.3390/s150510074>
- Yongguang Chen, & Hisashi Kobayashi. (2002). Signal Strength Based Indoor Geolocation. Retrieved from

Referências

<http://www.hisashikobayashi.com/papers/Wireless%20Geolocation%20Algorithms%20and%20Analysis/Signal%20Strength%20Based%20Indoor%20Geolocation.pdf>

Yu, K., Sharp, I., & Guo, Y. J. (2009). *Ground-based wireless positioning*. Chichester, West Sussex, U.K. ; Hoboken, NJ: Wiley.

Zhang, D., Xia, F., Yang, Z., Yao, L., & Zhao, W. (2010). Localization Technologies for Indoor Human Tracking (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FUTURETECH.2010.5482731>

Zobenko, A., Kim, S.-Y., & Scherrer, T. (2014). Proximity estimation for location-based services with round-trip time. *Electronics Letters*, 50(14), 1029–1031. <https://doi.org/10.1049/el.2014.1615>