

41488 – Projeto Industrial

Relatório Final

Nome do Projeto:	Utilização de tecnologia <i>Bluetooth Low Energy</i> para rastreamento de pessoas numa loja física
Cliente:	Entropic Ventures Unip Lda (David Carvalhão)
Membros da equipa:	Coordenador: Arnaldo Oliveira arnaldo.oliveira@ua.pt Contato principal: João Domingues joaofdomingues@ua.pt (JD) Membros: Rui Lemos rjbs.lemos@ua.pt (RL) Manuel Silva manuelnps@ua.pt (MS) José Santos jimpsantos@ua.pt (JS) Bruno Ravara brunoravara@ua.pt (BR) João Viegas jpveigas@ua.pt (JV)
Data:	28/06/2021

Sumário:

O projeto consiste na recolha de identificadores de dispositivos móveis transmitidos por BLE (*Bluetooth Low Energy*) numa área estipulada correspondente a uma determinada loja. Com base nos identificadores recolhidos e do RSSI será possível concluir sobre as trajetórias que os consumidores seguiram enquanto permaneceram na loja. Estas informações serão guardadas numa base de dados.

Atualmente o estado do projeto encontra-se dentro do esperado (tendo em conta alguns desvios, mais elaborados a baixo), tendo sido cumpridos todos os prazos estipulados noutros documentos.

Em termos de orçamento, não existiram custos extra que não tivessem sido cobertos pelo mapa proposto inicialmente, à exceção da utilização de *patches bluetooth*, que inicialmente não estavam previstos no projeto. Estes foram emprestados pela empresa Entropic Ventures para os testes do módulo Bluetooth, não tendo qualquer custo adicional. Também foi incluído nos nossos custos de desenvolvimento um *Access Point*, que nos permitiu prosseguir com o desenvolvimento do nosso projeto.

Finalmente, os objetivos a que nos propusemos foram maioritariamente cumpridos (salvo alguns pontos nos quais ficamos aquém) e todas as equipas, (BLE, Wi-Fi, Base de Dados e Servidor), desenvolveram um bom trabalho. É importante referir que foi testado o nosso projeto num ambiente controlado, podendo refletir que o nosso projeto se encontra preparado para ser usado tanto num conceito de loja física como num contexto hospitalar.

Estado do Projeto

Este projeto encontra-se finalizado enquanto prova de conceito. Obtivemos resultados satisfatórios dentro do quadro de expectativas e desvios que tivemos que tomar, sendo que já enviamos uma primeira versão do nosso trabalho à empresa Entropic Ventures.

O engenheiro David Carvalhão, representante da empresa, deu-nos o *feedback* de que o projeto já se encontra em testes num contexto hospitalar, pelo que podemos afirmar que construímos uma base sólida e válida para o nosso produto.

Em termos de MVP (*minimum valuable product*) o nosso produto já se encontra perto do mesmo, sendo que o material que foi desenvolvido já foi entregue ao cliente, podendo ser melhorado e alcançado o produto final.

A nível de objectivos do projecto, a situação exprime-se na seguinte tabela:

Objectivos	Grau de cumprimento (%)
Detecção de Dispositivos BLE	90
Precisão de sinal (até 5 metros)	75
Localização no espaço	80
Alcance (um receptor)	33
Alcance (vários receptores)	90

Sumário do Projeto

Inicialmente, um dos objetivos era a utilização de *femto* e *picocells* para a obtenção dos dados, mas desde cedo se verificou que esta tecnologia não estava disponível para o público em geral.

A solução encontrada pelo grupo foi a utilização da tecnologia *Bluetooth Low Energy*, (*BLE*), para o mesmo efeito, tendo sido aprovada pelo representante da empresa e pelo orientador de DETI. As principais vantagens desta nova solução foram o preço do equipamento, a facilidade relativa no manuseamento do mesmo e a existência de todo o suporte já existente. Cada dispositivo que tenha *bluetooth* incorporado emite sinais periódicos para saber se existe algum outro dispositivo na vizinhança.

Foi escolhido para Kit de desenvolvimento o Arduino Nano 33 IOT, que possui um módulo BLE e Wi-Fi, no entanto, após alguns testes foram descobertos dois problemas: A impossibilidade de deteção de dispositivos Android, e a utilização dos módulos Wi-Fi e BLE em simultâneo.

Para o primeiro problema, a solução encontrada foi a utilização de *patches* Bluetooth em carrinhos de compras, para que se pudesse fazer a localização. Foi ainda sugerida uma segunda vertente para o projeto, pelo Engenheiro David Carvalhão, que passa pela utilização destes *patches* para saber as trajetórias de doentes em hospitais, algo que é muito útil tendo em conta o nosso paradigma atual.

Para o segundo problema, foi encontrada a solução de, por software, fazermos uma troca entre o módulo Wi-Fi e BLE, o mais rápido possível, sendo que o tempo de troca é algo crucial, uma vez que quando o recetor não está no modo BLE não está a detetar os identificadores.

O nosso outro foco foi na conversão da distância para metros. Como o sinal vem propagado em forma de onda, o recetor diz-nos a que distância, em raio, está o recetor. Esta situação foi tida em conta logo no planeamento da nossa solução, passando pela utilização de mais recetores de forma a fazer uma triangulação do sinal. A quantidade necessária de recetores é estudada consoante a topologia da loja.

Numa fase final de desenvolvimento, ao utilizar o módulo Wi-Fi, deparámo-nos com a dificuldade de que os recetores teriam forçosamente de se encontrar dentro da mesma rede, ou seja, teríamos de usar *um Access Point*, que foi fornecido prontamente por um colega da nossa equipa.

Definição e perfil do projeto

Como foi dito anteriormente, o nosso objetivo é a criação de um sistema que seja composto por vários recetores BLE, um servidor e uma base de dados e que no fim, capaz de representar os dados obtidos por estes, numa Interface Gráfica.

A equipa dividiu-se em 3 Sub-Equipas para divisão de tarefas:

- Equipa de BLE – Responsável pela deteção BLE e pelo melhoramento do algoritmo de cálculo de RSSI para metros.
- Equipa de Wi-Fi – Responsável pelo envio dos dados detetados pela parte BLE para um servidor Web, para estarem disponíveis para a base de dados.
- Equipa de Base de Dados – Encarregue da obtenção dos dados do servidor Web e da sua organização em tabelas numa base de dados.

Em termos de consumos energéticos não nos foi imposta nenhuma restrição, pelo que a solução foi simplesmente manter o sistema ligado à tomada.

Houve um pedido de alcance para que este fosse 15 metros, algo que não conseguimos cumprir, sendo que conseguimos garantir apenas 5 metros. Isto poderia ser resolvido com recurso a antenas nos recetores, mas a equipa decidiu dar prioridade a outros aspetos (código dos recetores, melhoramento do algoritmo para conversão de RSSI para metros), razão esta para não termos endereçado este problema.

A nível de detecção de dispositivos, o único problema encontrado foi o facto de não se conseguir encontrar dispositivos Android. Tentou-se encontrar uma solução para este problema, mas infelizmente não foi possível chegar a uma solução devido à complexidade do protocolo do Android, por isso à partida foram descartados os dispositivos que utilizam esse sistema operativo. Uma maneira de atenuar este problema foi por exemplo utilizar um dispositivo BLE em carrinhos de compras, apesar de uma pessoa ter um dispositivo Android, se utilizar um carro de compras, é possível proceder à sua localização.

Houve também um outro problema encontrado durante o desenvolvimento do produto que foi o facto de o sistema não conseguir utilizar o módulo BLE e Wi-Fi, conforme foi mencionado acima. A alternativa que encontrámos foi alternar o uso desses módulos e otimizar o máximo de tempo possível de uso entre os módulos de forma a minimizar os dados de dispositivos perdidos pelo facto de se fazer essa troca.

Arquitetura do Projeto

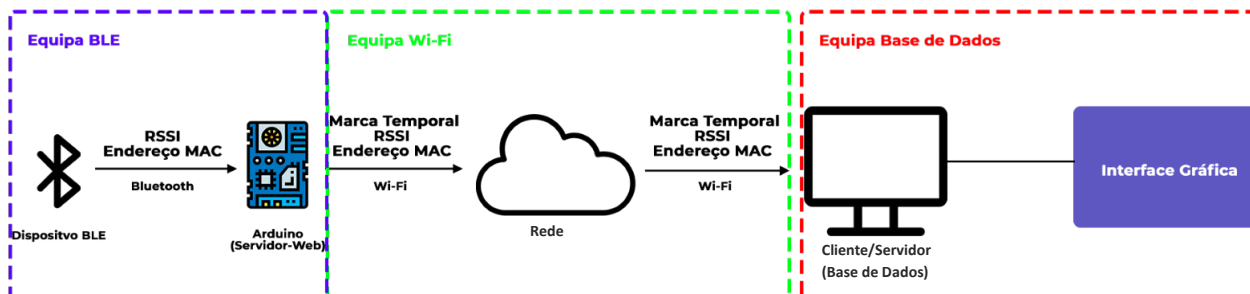


Figura 1 -Arquitetura do Sistema

Na figura acima encontra-se a arquitetura do sistema.

O sistema está dividido em três secções (uma de cada sub-equipa):

1 – A parte do recetor BLE constituído pelo Arduino Nano 33 IoT. Foi desenvolvido um algoritmo no Arduino IDE capaz de receber endereços MAC de dispositivos Bluetooth e valores de RSSI do sinal dos mesmos [Ver Documentação: Arduino].

2 – A parte do Servidor Web que também é constituída pelo Arduino. O Arduino irá funcionar como recetor e também servidor Web de forma alternada. Quando trabalha no modo servidor Web, os valores recebidos de endereços MAC e de valores de RSSI são enviados para a Rede.

3 – Na base de dados vamos buscar os valores colocados no Servidor Web e posteriormente guardar numa tabela [Ver Documentação: Cliente/Servidor]. Os valores colocados na base de dados podem ser acedidos através da interface gráfica [Ver Documentação: Interface Gráfica].

Design e produção de documentação

O Sistema requer o uso dos Arduinos Nano 33 IoT, ligação à Internet (WPA2 Pessoal) e um PC.

O funcionamento de cada secção de hardware e do software irão ser explicitados na documentação em anexo [Documentação: Arduino, Cliente/Servidor, Interface Gráfica] assim como o Manual de Utilizador.

Testes

O Sistema foi testado numa sala com três arduinos distribuídos na sala, um router e dispositivos Bluetooth (smartphones, tablets) colocados em locais estratégicos na sala.

Foram definidos os IPs de cada arduino para a aquisição dos dados, seguidamente, correu-se o código do Arduino através do Arduino IDE e correu-se o código da base de dados e verificámos os resultados obtidos. Os endereços MAC e respectivos valores de RSSI foram “impressos” no Servidor Web e por fim colocados na base de dados. Acedendo à interface gráfica, foi possível visualizar a localização de cada dispositivo encontrado.

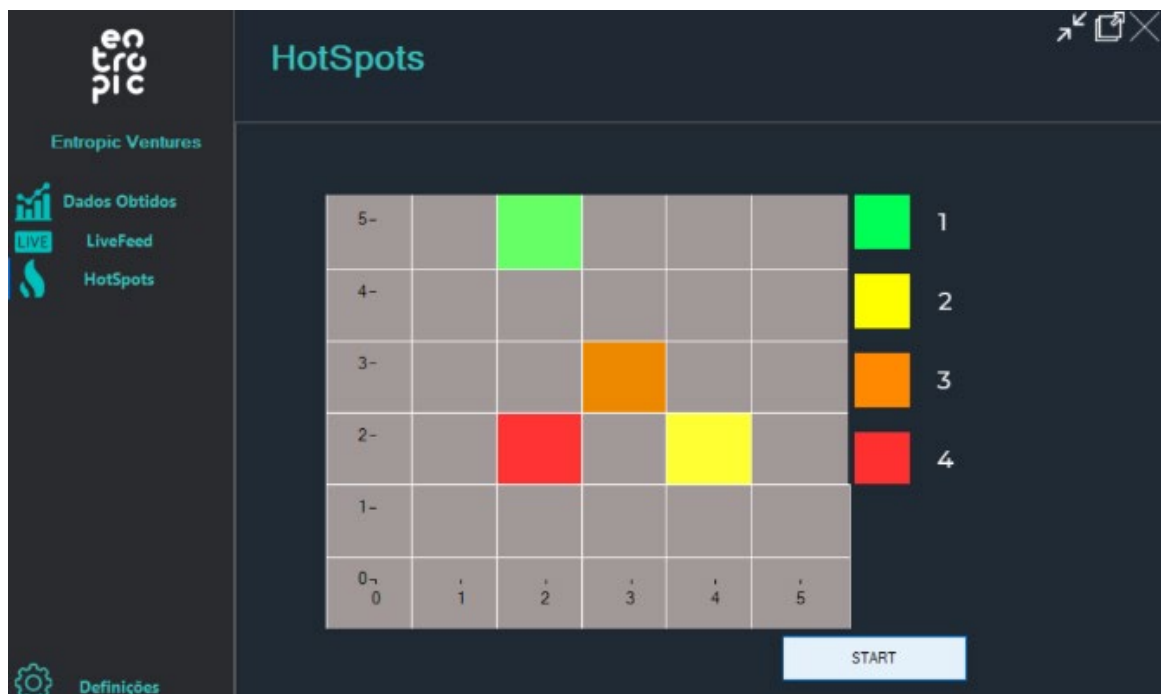


Figura 2 – Distribuição dos dispositivos na sala

O mapa obtido na interface gráfica mostra o número de dispositivos numa determinada área.

Milestones Chave

Descrição	Data da conclusão originalmente planeada	Data de conclusão prevista	Data de conclusão
<i>Milestone 1</i> –Fim da Conceptualização	11/12/2020	11/12/2020	11/12/2020
<i>Milestone 2</i> – Fim da Elaboração	15/01/2021	15/01/2021	15/01/2021
<i>Milestone 3</i> – Demonstração separada das 3 componentes das 3 equipas	22/03/2021	12/04/2021	12/04/2021
<i>Milestone 4</i> – Demonstração integrada das 3 componentes das 3 equipas	19/04/2021	17/05/2021	24/05/2021
<i>Milestone 5</i> – Optimização do sistema e desenvolvimento da GUI	17/05/2021	14/06/2021	14/06/2021
<i>Milestone 6</i> – Fim da Transição	14/06/2021	21/06/2021	28/06/2021

Progresso e desvio do plano

Ao longo do ano, enfrentámos alguns contratempos relacionados com a interação com as tecnologias já referidas:

- O maior contratempo que enfrentámos foi capacidade de deteção de smartphones Android e, após várias tentativas sem sucesso, decidimos que este processo não seria viável. Como todos sabemos, a maioria da população usa smartphones baseados em Android, o que pode constituir uma grande fragilidade no nosso projeto. Apesar deste contratempo, os dispositivos Apple, wearables e patches continuam a ser detetáveis.
- Outro contratempo que enfrentamos está relacionado com a degradação do sinal Bluetooth a mais de 5m para o cálculo da conversão de RSSI para metros.
- Outra circunstância imprevista foi o facto de não se poder fazer o uso dos módulos BLE e Wi-Fi do Arduino simultaneamente.
- Após a conclusão da última fase de *Construction*, conseguimos obter um produto bastante próximo do produto final, transmitido o que foi desenvolvido a empresa, para que a mesma pudesse continuar o trabalho que desenvolvemos, aperfeiçoando o mesmo.

Riscos

Os riscos seguem no documento em anexo.

Estado Financeiro

Numa fase inicial, para pudermos provar o conceito do nosso projeto, deparámo-nos com alguns custos, como a aquisição de recetores BLE, que seriam Arduinos, e mais tarde seriam fornecidos pela empresa Entropic Ventures, com o auxílio do Engenheiro David Carvalhão, alguns patches que nos melhorassem a obtenção de resultados de forma a podermos avançar no desenvolvimento do produto final. Numa fase final, foi fornecido um *Access Point* por um o projeto mais perto do produto final que era expectável.

Quantidade	Categoria	Descrição	Fornecido Por	Valor
4	Equipamento	Arduino Nano 33 IoT	DETI	64,00 €
3	Equipamento	<i>Patches</i>	Entropic	-----
4	Ferramentas	Placa branca e jumpers	DETI	-----
1	Equipamento	<i>Access Point</i>	-----	-----
		Despesas futuras		50,00 €
				114,00 €

Contribuição do Grupo

Membro	Contribuições	Carga de trabalho (%)
Rui Lemos	<ul style="list-style-type: none"> - Código Arduino - Integração marca temporal - Organização do <i>PowerPoint</i> - Testagem do protótipo 	18.5
Manuel Silva	<ul style="list-style-type: none"> - Interface Gráfica - Organização do <i>PowerPoint</i>. - Testagem do protótipo 	18
José Santos	<ul style="list-style-type: none"> - Base de Dados - Código Arduino - Integração do Trabalho das Equipas - Testagem do protótipo 	21.5
João Viegas	<ul style="list-style-type: none"> - Modificação do Algoritmo de extração de dados do Servidor Web - Código Arduino - Revisão PowerPoint - Revisão de documentos - Testagem do protótipo 	16
João Domingues	<ul style="list-style-type: none"> - Aperfeiçoamento do algoritmo de conversão de RSSI para metros - Revisão de documentos - Revisão do <i>powerpoint</i> - Testagem do protótipo 	13
Bruno Ravara	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de documentos - Revisão do powerpoint - Pequenos aspetos na interface gráfica - Testagem do protótipo 	13

Documentação e Anexos do Projeto

A documentação irá ser enviada anexo incluindo os riscos, Lessons Learned, um manual de utilizador e a documentação de cada módulo a qual seja necessário elaborar (Documentação: Arduino, Cliente/Servidor, Interface Gráfica).