

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



FEUP

Aplicação móvel para suporte à mobilidade dos utilizadores da bicicleta

José Lucas Coelho Pinto

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: António Coelho (Doutor)

Coorientador: Rui Rodrigues (Doutor)

Junho de 2012

Aplicação móvel para suporte à mobilidade dos utilizadores da bicicleta

José Lucas Coelho Pinto

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: António Augusto Sousa (Doutor)

Vogal Externo: Maximino Bessa (Doutor)

Orientador: António Coelho (Doutor)

13 de Julho de 2012

Resumo

O uso da bicicleta como meio de transporte tem ganho cada vez mais adeptos, no entanto, em algumas zonas geográficas, este encontra-se limitado pela falta de vias dedicadas a este meio de transporte, surgindo por isso a necessidade de conhecer rotas compatíveis com este meio de transporte. Desta necessidade surge o uso de sistemas de navegação para apoio aos ciclistas, mas que nem sempre têm atenção às necessidades de um utilizador de bicicleta.

Nesta dissertação, foi feito um estudo do estado da arte ao nível dos sistemas de navegação existentes com vista a identificar os principais problemas de interação que ocorrem aquando da sua utilização em bicicleta. Estes resultam da necessidade de interação do utilizador com o sistema de navegação, que retira alguma da atenção ao utilizador, podendo resultar em falta de segurança para o mesmo. Foram ainda estudadas as soluções existentes para resolver estes problemas. Foram já feitos alguns estudos nesta área, no entanto estas ainda não se encontram disponíveis para uso por um número alargado de pessoas.

Para tal, foi desenvolvido uma aplicação móvel para o sistema operativo android, cuja funcionalidade é fornecer aos utilizadores instruções, de forma não intrusiva, sobre uma rota definida. Esta rota é gerada por uma aplicação servidora que tem em atenção o tipo de vias existentes numa área geográfica predefinida, de forma a criar uma rota passível de ser usada por ciclistas. A rota gerada é depois transmitida à aplicação móvel que fornece as instruções ao utilizador. As instruções são dadas de através de uma interface háptica, com o apoio de uma interface visual.

No final, são avaliados os resultados do uso deste tipo de interface e a forma como esta influencia a interação entre o ciclista e os sistemas de navegação.

Abstract

Using a bicycle for transportation is becoming very popular, however, in some areas this is still limited by the lack of dedicated cycling tracks, forcing the user to know which ways are can be used without threats to his safety. To cope with this problem, users resort to the use of navigation support systems for cyclers, but most of the time these systems are adaptations of car navigation systems and were not designed thinking the special needs of a cyclist.

In this thesis, was conducted a study of the state of the art of navigation systems, mainly focusing at the interaction level between this systems and their users, in order to identify the main problem arising from the use of navigation systems while cycling. There was also made an effort to identify the possible solutions to deal with those problems. These problems are the outcome of the need the user has to interact with the navigation system, losing some the attention paid to the road that could raise some safety issues. It was also studied the available solutions for this problems. There are already some studies in this area, however these are not widespread for use by the end-user.

With this in mind, it was developed an android mobile application, whose main goal is providing the user with routing instructions in a non-intrusive way. The route is generated by a server application that analyzes the existent road types in a geographical area and generates a route formed by roads that can be used to cycle. The generated route is then sent to the mobile application that instructs the user. These instructions are given to the user using a haptic interface, supported by a visual interface.

At the end of this study, it is analyzed the obtained results using this interface and the way it has influence in the interaction between the cyclist and the navigation system.

Agradecimentos

Ao meu orientador António Coelho e coorientador Rui Rodrigues pela disponibilidade e orientação durante a realização desta dissertação.

Aos meus amigos, que estiveram sempre comigo e tornaram o processo sempre mais fácil e divertido, nomeadamente o Fábio Almeida, Eduardo Pinto, Maria João Miranda, Daniel Cibrão, Filipe Barros, Afonso Graça, Rui Carvalho e Diogo Rocha.

Je voulais aussi remercier Pauline Bastier pour le soutien apporté tout au long de cette année.

À minha família pelo apoio e compreensão.

José Lucas Pinto

Conteúdo

Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Descrição do Problema	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Resultados Esperados.....	2
1.5 Estrutura da Dissertação	2
Revisão Bibliográfica	3
2.1 Introdução	3
2.2 Trabalho Prévio.....	4
Modelo de Dados do Gerador de Rotas	4
Classificação da rede	6
Roteamento	6
2.3 A natureza singular do ciclismo.....	7
2.3.1 Sillitoe Trail	7
Descrição	7
Resultados.....	8
2.3.2 Rider Spoke.....	9
Descrição	9
Resultados.....	9
8 Lições.....	9
2.4 Limitações dos Sistemas de Navegação Comerciais Existentes	10
2.4.1 Tactile Wayfinder	11
2.4.2 Tacticycle.....	11
2.4.3 PocketNavigator.....	12
2.5 Resumo	14
Metodologia	15
3.1 Comunicação Cliente-Servidor	16
3.1.1 Gerador de Rotas	17
3.1.1.1 Gerador da rede viária e rotas	17
3.1.1.2 Módulo de Rede.....	18
3.1.1.3 Módulo Gerador de KML.....	19
3.2 Aplicação Móvel.....	20
3.2.1 Módulo de rede	21
3.2.2 Módulo interpretador KML	21
3.2.3 Módulo Posicional	22
3.2.4 Módulo Gestor de Rota.....	22

3.2.5	Módulo de Comunicação Bluetooth	23
3.2.6	Módulo de Interface Gráfica	24
3.2.6.1	Definições Básicas da Aplicação	24
3.2.6.2	Interface de Navegação	24
3.3	Interface Háptica	26
3.3.1	Arquitetura do dispositivo	26
3.3.2	Plataforma Arduino	27
3.3.2	Definição das mensagens hápticas	27
Implementação e Resultados	33
4.1	Gerador de Rota	33
4.1.1	Geração de rotas	33
4.1.1.1	Aproximações	34
Nó mais próximo	34	
Nó mais próximo do Arco mais próximo	35	
4.1.1.2	Discriminação de arcos	35
4.1.1.3	Ficheiro KML	37
4.2	Gestor de rota	38
4.2.1	Estruturas de Dados	39
4.2.2	Comportamento Bússola	41
4.3	Interface Háptica	42
4.3.1	Hardware	42
4.3.2	Análise de resultados	43
4.3.2.1	Interpretação de Metáforas	43
4.3.2.2	Sensibilidade	44
Conclusões e Trabalho Futuro	45
Referências	47

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Modelo de dados de Marco Costa para a rede ciclável (Costa 2011)	5
Figura 2.2 - Modelo de dados de Marco Costa para <i>Tracks</i> GPS (Costa 2011)	6
Figura 2.3 - Atuação do Tactile Wayfinder para uma indicação precisa e não intrusiva....	11
Figura 2.4 - Uso de diferentes intensidades no Tacticycle	12
Figura 2.5 - Interface visual do PocketNavigator	13
Figura 2.6 - Interação de 2 pulsações utilizada no PocketNavigator	14
Figura 3.1- Resumo da metodologia utilizada	15
Figura 3.2 - Estrutura Cliente Servidor.....	17
Figura 3.3 - Sistema de Coordenadas	18
Figura 3.4 - Efeitos da não ampliação da "caixa" gerada	19
Figura 3.5 - Exemplo de rota aproximada.....	20
Figura 3.6 - Arquitetura da Aplicação Móvel	21
Figura 3.7 - Indicações geradas pelo gerador de rotas	23
Figura 3.8 – Exemplo de indicação gráfica ao utilizador	25
Figura 3.9 - Representação de um TurnPoint numa interceção de 4 vias	26
Figura 3.10 - Exemplo da indicação táctil sobre a mudança de direção	28
Figura 3.11 - Número de vibrações de acordo com o ângulo da curva a descrever.....	29
Figura 3.12 - Exemplo da aplicação da intensidade da indicação táctil.....	30
Figura 3.13 - Vibrações de acordo com a distância e o ângulo que a curva descreve	31
Figura 4.1 - Comparação entre rota pretendida e rota gerada	33
Figura 4.2 - Nó mais próximo assinalado a amarelo.....	34
Figura 4.3 - Erro na técnica do nó mais próximo.....	34
Figura 4.4 - Erro na técnica da aresta mais próxima.....	35
Figura 4.5 - Exemplo do funcionamento da discriminação de arestas.....	36
Figura 4.6 - Exemplo da discriminação de arestas numa rotunda pequena	36
Figura 4.7 - Exemplo do problema resultante da discriminação de arestas	37
Figura 4.8 - Classe UPBike.....	39
Figura 4.9 - Classe Route.....	39
Figura 4.10 - Classe Positioning	40
Figura 4.11 - Classe Route Activity.....	40
Figura 4.12 - Classe TurnpointView.....	41
Figura 4.13 - Descrição do Comportamento Bússola	41
Figura 4.14 - Esquema do módulo de interface táctil	42
Figura 4.15 - Protótipo do dispositivo háptico.....	43

Abreviaturas e Símbolos

API	Aplication Programming Inteface
GPS	Global Positioning System
HCI	Human-Computer Interaction
LED	Light-Emitting Diode
OSM	OpenStreetMap
SO	Sistema Operativo

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

A utilização da bicicleta como meio de transporte tem um forte impacto em termos de mobilidade nas deslocações pendulares ou de lazer, sendo amplamente utilizada em diversas zonas do planeta como alternativa a veículos motorizados próprios ou transportes públicos, cujo custo tem vindo a aumentar. No entanto, a adoção deste meio de transporte vê-se limitada pela escassa existência de vias adequadas.

No ano letivo passado, foi iniciado o desenvolvimento de um sistema de navegação dedicado aos utilizadores da bicicleta, capaz de criar uma rede ciclável com base em informação dos utilizadores e a definição de rotas adequadas.

Nesta dissertação pretende-se dar continuidade ao desenvolvimento desse sistema, através do desenvolvimento de uma aplicação móvel, sendo o principal objeto de estudo questões de usabilidade especificamente direcionadas para este meio de transporte.

1.2 Descrição do Problema

Embora exista já uma grande maturidade no domínio dos sistemas de navegação, a sua adaptação às condições específicas da bicicleta tem ainda uma larga margem de progressão.

Ao contrário do trânsito automóvel, a inexistência de vias próprias para a utilização de bicicletas em algumas áreas urbanas, torna necessário que os sistemas de navegação consigam gerar redes viárias e rotas adaptadas a este meio de transporte. Torna-se por isso fundamental que os sistemas de navegação tenham em atenção as condições de trânsito nas rotas geradas e ainda aspetos como o esforço físico despendido por parte do ciclista e a sua adequação ao tipo de bicicleta utilizada.

Foi já dado um importante passo nesta direção com a criação de um sistema capaz de gerar redes cicláveis através de dados obtidos de fontes de acesso livre e de *tracks* GPS submetidos pelos próprios utilizadores e, a partir destes dados, gerar e classificar rotas adaptadas ao perfil do utilizador da bicicleta (Costa 2011).

O principal problema sobre o qual esta dissertação se debruça é a criação de uma aplicação móvel capaz de fazer chegar esta informação ao utilizador da bicicleta de forma não intrusiva e sem pôr em causa a sua segurança do ciclista durante a circulação. Torna-se por isso necessário explorar questões de usabilidade e interação humano-computador que cumpram estes requisitos e identificar e definir as opções existentes para alcançar este objetivo.

1.3 Objetivos

Nesta dissertação o objetivo principal é a criação de uma aplicação móvel de navegação, adaptada às condições especiais do utilizador da bicicleta.

Para tal, é necessário concretizar os seguintes objetivos específicos:

- Fazer um relatório do estado da arte ao nível das aplicações para navegação por GPS e das técnicas de interação para este tipo de aplicações;
- Definir uma arquitetura Cliente-Servidor de suporte ao sistema;
- Selecionar os dispositivos móveis (e acessórios) para suporte a esta aplicação;
- Desenvolver um modelo de interação para a aplicação móvel;
- Prototipar uma aplicação móvel para suporte à mobilidade dos utilizadores da bicicleta.

1.4 Resultados Esperados

No final desta dissertação espera-se conseguir fazer uso de dispositivos móveis, cada vez mais presentes no dia-a-dia das pessoas, e das suas capacidades tecnológicas para desenvolver uma interface humano-computador não intrusiva, focada nas condições específicas do utilizador da bicicleta ou passíveis de serem adaptadas a outros meios de transporte. No entanto, a criação de uma interface não intrusiva não se encontra limitada a sistemas de navegação, podendo ser estudado a extensão do seu uso a outras aplicações.

1.5 Estrutura da Dissertação

Para além da introdução, esta dissertação contém mais 3 capítulos e do capítulo de conclusões e trabalho futuro. No capítulo 0, é feito um estudo do estado da arte sobre os sistemas de navegação existentes ao nível da interação e são apresentados alguns dos trabalhos já realizados nesta área. No capítulo 1, é apresentada a metodologia aplicada no desenvolvimento do projeto, nomeadamente a interligação dos diversos componentes e o modelo de interação com o utilizador. No capítulo 2, é abordada a solução de implementação adotada e os resultados obtidos.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo será apresentado algum do trabalho realizado na área da Interação Humano-Computador (HCI) focado especialmente na interação não intrusiva e na ultrapassagem das limitações oferecidas pelas capacidades dos dispositivos móveis.

2.1 Introdução

Há uma tendência dos designers de software para criar interfaces predominantemente visuais, mas existem circunstâncias em que interfaces visuais não são apropriadas às necessidades de alguns grupos de utilizadores. (Challis 2000) Estes sistemas requerem atenção visual, que ao mesmo tempo é necessária para avaliar o ambiente que envolve o utilizador, obrigando o utilizador a parar para se concentrar nas informações dadas pelo dispositivo ou reduzir a sua atenção ao ambiente que o rodeia, o que pode ser perigoso. (Heuten et al. 2008)

Outra opção seria o uso de instruções áudio, mas estas podem também se revelar bastante intrusivas. O uso de pequenos altifalantes pode incomodar outros transeuntes e o uso de auscultadores também não é uma opção uma vez que a esfera auditiva à volta do utilizador fornece bastantes pistas sobre o ambiente envolvente, necessárias para uma circulação em segurança (Heuten et al. 2008)

Instruções *turn-by-turn*, como por exemplo, “a 50m vire à direita” contradizem a forma como as pessoas se orientam naturalmente, já que estas recorrem sobretudo a pontos de referência como, por exemplo, edifícios (Pielot, Henze, and Boll 2009).

A combinação de interfaces predominantemente hápticas com interfaces visuais pode também ser explorada para alcançar resultados satisfatórios (Poppinga, Pielot, and Boll 2009) se se limitar as operações de *input/output* que requeiram a atenção visual do utilizador aos momentos em que este se encontre parado.

Heuten et al. (Heuten et al. 2008) apontam alguns dos problemas nos sistemas de apoio a navegação comerciais existentes e demonstraram que o uso de interfaces hápticas, com recurso a sistemas de *wearable computing*, como por exemplo, um cinto vibratório, luvas ou braceletes (Bosman et al. 2003; Heuten et al. 2008; Bial et al. 2011) pode fornecer a informação necessária de forma não visual, não intrusiva e com mãos livres.

Pielot et al. (Pielot, Poppinga, and Boll 2010) apontaram para o facto de que os sistemas tácteis estudados para apoio a navegação não estão disponíveis para a maioria das pessoas e demonstraram que os utilizadores conseguem alcançar os seus destinos efetivamente através da

informação direcional obtida recorrendo apenas a padrões vibratórios capazes de ser produzidos por um telemóvel.

2.2 Trabalho Prévio

Tal como referido, esta proposta de dissertação surge como continuação do trabalho realizado por Marco Costa (Costa 2011) cujo objetivo passa por obter uma rede ciclável através de fontes de dados *open source* e de informação submetida pelos próprios utilizadores através de dados GPS e classificar a rede ciclável segundo vários critérios e adaptar os algoritmos de roteamento de forma a serem utilizados para bicicletas.

Neste capítulo descreve-se o processo utilizado para alcançar esses objetivos.

Modelo de Dados do Gerador de Rotas

Como é possível ver na Figura 2.1, foi desenvolvido um modelo de dados para a manutenção da rede ciclável, sendo esta guardada na forma de grafo, sendo portanto composta por nós e arcos. Os nós são representados pela sua longitude/latitude/altitude desse mesmo ponto. Os arcos representam uma ligação entre dois nós, sendo composta por vários os vértices.

É ainda guardada a informação relativamente ao comprimento, velocidade e tempo médios de percurso e altitude acumulada.

Os arcos da rede são extraídos de duas fontes:

- *OpenStreetMap* – é guardado o identificador único bem como a sua versão, permitindo verificar a existência de atualizações à rede.
- *Tracks* GPS dos utilizadores de bicicleta – informação submetida pelos utilizadores acrescenta informação que permite adicionar novos arcos e nós à rede, bem como classificar os arcos da rede existente, que só com a informação do *OpenStreetMap* não seria possível.

Cada arco pode ser classificado segundo vários tipos: ciclovias, estradas, caminhos, entre outros. Caso seja um trilho (*track*) ou caminho (*path*) contém ainda informação acerca de ciclismo de montanha, de acordo com o modelo usado pelo *OpenStreetMap*:

- *scale* – Classifica numa escala de 0 a 5 a dificuldade em subir ou descer este troço.
- *type* – Classificação do tipo de trilho ou caminho na perspetiva de uma bicicleta de de montanha. Pode usar-se *crosscountry*, *allmountain*, *downhill*, *trial*, *freeride*.
- *uphill* – Classificação da dificuldade para ser subida por bicicleta de montanha

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

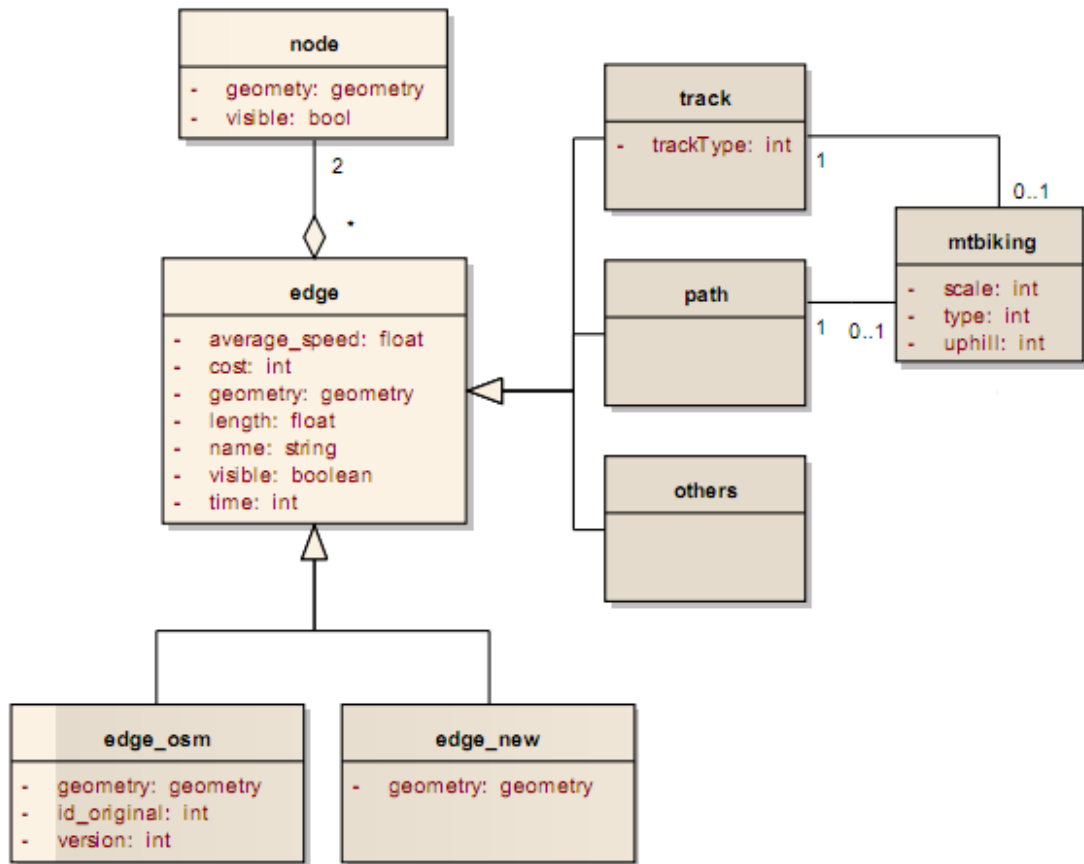


Figura 2.1 - Modelo de dados de Marco Costa para a rede ciclável (Costa 2011)

Para guardar a informação relativa aos *tracks* GPS dos utilizadores, são armazenados a data e o nome, bem como um identificador que refere se a informação nele guardado é válida para cálculo de velocidades (por exemplo devido à falta da data nos pontos GPS). Para cada *track* é guardado o conjunto de pontos GPS com a sua localização e a data e hora que foi obtido e também a referência ao utilizador que submeteu os *tracks* GPS.

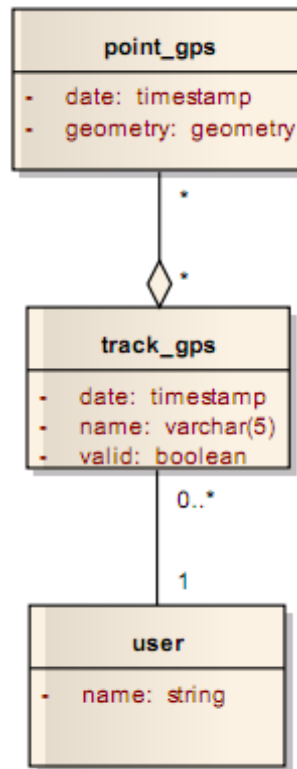


Figura 2.2 - Modelo de dados de Marco Costa para *Tracks* GPS(Costa 2011)

Classificação da rede

A classificação das vias que compõem a rede tem em consideração vários aspetos especialmente relevantes para o processo de roteamento (Costa 2011).

A classificação é feita segundo quatro tipos:

- Altitude acumulada - Para o utilizador da bicicleta o maior problema são os desníveis de altitude sendo por isso usada para medir o esforço necessário para percorrer determinada rua;
- Velocidade média;
- Tempo médio;
- Comprimento da via;

Roteamento

O roteamento torna possível encontrar caminhos adaptados às preferências do utilizador utilizando a classificação previamente feita na rede ciclável.

Para tal é, em primeiro lugar, necessário seleccionar um ponto de partida e um ponto de destino. Seguidamente é necessário obter a rede ciclável que se encontra guardada na base de dados excluindo ruas que não tenham certos parâmetros de classificação quando esses serão necessários na tarefa de roteamento.

O cálculo do custo para cada nó é calculado tendo em conta os quatro parâmetros da classificação da rede, o comprimento da rua, a altitude acumulada, o tempo médio necessário para o percorrer e a velocidade média praticada. A cada parâmetro é atribuído um peso

dependendo das preferências do utilizador segundo o cálculo efetuado através de uma média pesada:

$$\frac{peso1 * comprimento + peso2 * altitude + peso3 * tempo + peso4 * velocidade}{peso1 + peso2 + peso3 + peso4}$$

2.3 A natureza singular do ciclismo

Andar de bicicleta é uma atividade divertida com grandes benefícios para a saúde e que tem que tem vindo a conquistar muitos adeptos não só como atividade de lazer, mas também como meio de transporte urbano em deslocações pendulares por se tratar de um meio de fácil manutenção e de custos reduzidos, quando comparado com o automóvel.

Existe já um grande trabalho realizado na área dos sistemas de navegação, nomeadamente na navegação automóvel. Mais recentemente, sistemas de apoio a navegação tornaram-se também disponíveis para navegação pedestre, bicicleta ou motociclos. No entanto, estes sistemas comerciais são na sua maioria baseados nos sistemas desenhados para uso em automóveis e ignoram as necessidades específicas dos seus utilizadores.

Rowland et al. (Rowland et al. 2009) referem a unicidade característica do ciclismo, apontando as suas oportunidades e restrições relativamente à navegação pedestre ou automóvel.

Para explorar estas questões, levaram a cabo 2 experiências distintas. De seguida apresentam-se as descrições dessas experiências e os resultados obtidos.

2.3.1 Sillitoe Trail

Descrição

A primeira experiência, denominada Sillitoe Trail, consiste numa excursão em bicicleta guiada por áudio, utilizando um telemóvel e um auricular sem fios, com clips de áudio ativados automaticamente através do posicionamento GPS. Os utilizadores tinham ainda acesso à visualização de mapas no telemóvel. O telefone foi fixado na parte interior do antebraço dos participantes no estudo.

As indicações áudio nesta experiência, eram de 2 tipos:

- Históricos - fornecem informação histórica sobre o local;
- Direcionais – informam o utilizador sobre a direção a seguir;

As informações direcionais foram gravadas usando uma voz diferente, permitindo ao utilizador distinguir entre informações direcionais e históricas.

As informações direcionais foram suficientes para os utilizadores seguirem a rota estabelecida sem necessidade de paragem para consultarem visualmente os mapas no telemóvel.

No entanto, Rowland et al.(Rowland et al. 2009) demonstraram que se os utilizadores decidissem parar para descansar ou consultar o progresso realizado, isto poderia ser facilmente feito através de uma interface visual simples com informação textual sobre a direção a tomar e com mapas ampliáveis com a rota e posição atual do utilizador marcadas sobre o mapa.

Resultados

Esta experiência levou Rowland et al. (Rowland et al. 2009) a perceberem e separarem os fatores que tornam o ciclismo numa experiência singular com questões não associadas à navegação pedestre ou automóvel.

Os fatores avaliados por Rowland et al. (Rowland et al. 2009) são:

Habilidade do Ciclista

É necessário compreender que nem todas as pessoas têm a mesma condição física e que o tempo para cumprir uma rota pode sofrer desvios. É preciso ter em conta que, por vezes, os utilizadores precisam de parar para descansar.

Fatores geográficos também devem ser tomados em consideração, como por exemplo desníveis de altitude, que requerem mais energia por parte do utilizador.

A habilidade do ciclista pode ainda ser relacionada com o conhecimento que este tem do local. Utilizadores com conhecimento do local conseguiram manter-se mais dependentes das instruções áudio, recorrendo ao mapa menos frequentemente que utilizadores menos familiarizados.

Fatores Ambientais

Um aspeto fundamental para os ciclistas é a relação com o ambiente envolvente, principalmente as características do terreno, com especial destaque para o declive.

O ruído ambiental foi também outro dos fatores apontados como problemáticos, incluindo ruído do tráfego automóvel ou obras.

Quando em ruas com menor movimento, a experiência áudio revelou ser prazerosa. No entanto, em ruas principais, a circulação revelou-se difícil pois requeria enorme concentração por parte dos ciclistas para tentar perceber as indicações áudio, mas ao mesmo tempo esta tarefa demonstrou ser bastante difícil, devido ao forte tráfego existente.

Outra fonte de ruído apontada foi o som do vento, especialmente durante as descidas. Por outro lado, as indicações áudio revelaram ser uma distração do esforço necessário efetuar nas subidas.

Escolha do Hardware e Media

Quando os participantes tinham um bom conhecimento da área, o telemóvel ficou guardado no bolso, e estes revelaram hesitação em retirá-lo para consulta, considerando as instruções áudio preferíveis, e a consulta do mapa como arriscada.

Isto levou a colocação do telemóvel num suporte no braço dos participantes, permitindo-lhes que vissem de relance o mapa, sem necessidade de parar. No entanto, as instruções áudio continuaram a ser preferidas.

O uso de instruções áudio recebeu comentários positivos por parte dos participantes, tendo mesmo sido sugerido o uso de música entre instruções, pois por vezes estes não tinham a certeza se o sistema estava de facto a funcionar. No entanto, isto pode conduzir a um problema entre a habilidade do ciclista para ouvir e a sua habilidade para circular em segurança.

Por fim, o uso de um recetor áudio mal ajustado ao utilizador provoca receio de cair e por isso reduz a sua tendência de olhar o ambiente à sua volta, afetando a sua segurança.

Interação Social

Quando os participantes fizeram o percurso juntos, existia pouca tendência para socializarem. Normalmente, quando as instruções áudio eram iniciadas, a interação parava.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Circular em segurança, manterem-se na rota e ouvirem as instruções, tornava difícil a interação com outras pessoas ou mesmo com outros fatores envolventes.

2.3.2 Rider Spoke

Descrição

A experiência Rider Spoke complementa a experiência Sillitoe Trail nos seguintes fatores:

- Os ciclistas circulam livremente, escolhendo os locais que pretendem visitar, em vez de seguir uma rota pré-planeada.
- Foi levada a cabo ao anoitecer e noite, envolvendo por isso ciclismo noturno.
- Os utilizadores circulam sozinhos e não em grupo
- Os ciclistas são encorajados a parar para interagir com o dispositivo móvel, montado sobre o guiador da bicicleta.

Resultados

Alguns dos resultados achados foram os mesmos que aqueles revelados com a experiência Sillitoe.

No Rider Spoke, devido ao facto de o dispositivo móvel se encontrar montado no guiador da bicicleta, os utilizadores não podiam abandonar a bicicleta com receio que o equipamento fosse roubado.

Andar de bicicleta enquanto se recebe instruções áudio, revelou-se distrativo. Alguns dos participantes revelaram ter tido comportamentos erráticos durante a experiência, chegando mesmo a quebrar algumas regras de circulação, como por exemplo, circular em sentido proibido. Não é claro até que ponto este comportamento foi encorajado pela natureza da experiência Rider Spoke.

8 Lições

Como conclusão deste estudo, Rowland et al. (Rowland et al. 2009), apontam 8 lições para o desenho de sistemas que requeiram interação durante a prática de ciclismo:

1. Habilidade de ciclismo varia muito;
2. Ciclismo é uma atividade física exigente;
3. Estreita ligação com o meio ambiente;
4. Ciclistas podem cobrir áreas alargadas – a tendência para se perderem aumenta, conduzindo à necessidade de apoio à navegação;
5. Os média digitais utilizados devem ser adaptados ao ciclismo – O ciclista não deve ser forçado a retirar a atenção da via para receber instruções;

6. Dispositivos prendem as pessoas à bicicleta – Estes devem ser bem integrados com o resto do sistema. A decisão de montar o dispositivo no ciclista ou na bicicleta pode nem sempre ser tão fácil como parece;
7. Ciclismo limita interação social
8. Questões de segurança devem ser tidas em consideração

2.4 Limitações dos Sistemas de Navegação Comerciais Existentes

Tal como apontado por Heuten et al. (Heuten et al. 2008) os sistemas de navegação comerciais existentes hoje em dia, são principalmente direcionados para o uso automóvel. Estes sistemas usam saída de dados visual e áudio para guiar o utilizador. Esta aplicação pode ser hoje em dia encontrada em dispositivos móveis equipados com recetores GPS, que podem ser aproveitados para navegação pedestre ou em bicicleta. No entanto, não têm em consideração os requisitos de pedestres ou ciclistas.

Sistemas de navegação focados na componente pedestre podem ser classificados de acordo com a sua principal forma de interação.

Sistemas como Cyberguide mostram a posição do utilizador num mapa interativo permitindo-lhe orientar-se em ambientes com os quais não se encontra familiarizado. Outros sistemas combinam fotos de pontos de referência com instruções de navegação.

Estes tipos de sistema requerem que o utilizador transporte o dispositivo na mão. Outros sistemas procuram combater este problema, sendo transportados na cabeça do utilizador, permitindo uma navegação com mãos livres, no entanto, todas as aplicações móveis que centradas em interação visual partilham o mesmo problema: este tipo de interação requer atenção por parte do utilizador, exigindo que este interrompa tarefas críticas e por outro lado deixa de fora pessoas com problemas visuais.

O uso de som para guia de navegação tem sido bastante explorado. Um sistema comercial denominado Trekker, foi especialmente desenvolvido a pensar em pessoas com problemas visuais. No entanto, o discurso sonoro obriga a que o utilizador se concentre no áudio para não perder informação importante para a sua navegação, o que tende a distraí-lo. Instruções faladas têm de ser interpretadas pelo utilizador e podem por vezes conduzir a erros.

O sistema AudioGPS(Holland et al. 2002) explora o potencial humano para processar vários estímulos áudio em paralelo, através da presença contínua de um sinal sonoro sem fala que aponta a direção a seguir.

Sistemas com recurso a áudio partilham o problema de ocuparem um sentido bastante importante para a orientação, limitando a percepção do ambiente envolvente.

Interfaces hápticos são uma solução para este problema, já que não bloqueiam o sentido visual nem o auditivo. Foi já experimentada a utilização de dispositivos hápticos, como luvas ou braceletes, para suporte à navegação com bons resultados(Heuten et al. 2008; Pielot et al. 2011; Pielot, Poppinga, and Boll 2010).

Também o uso das capacidades vibratórias de telemóveis foi utilizada para apoio à navegação. A forma como estes sistemas funcionam pode variar, desde o uso de padrões de pulsações vibratórias para representar a direção a seguir (por exemplo, direita = três pulsações) ou apenas vibrar quando o utilizador se encontra na direção correta(Pielot, Poppinga, and Boll 2010).

O sistema ActiveBelt desenvolvido por Tsukada e Yasumura (Tsukada and Yasumura 2004) utiliza um cinto com 8 atuadores vibratórios, cada um representando uma direção, à volta

do torso do utilizador. A utilização deste sistema encontra-se limitada pelo número de direções que podem ser expressadas, podendo resultar em indicações pouco precisas.

De seguida abordam-se alguns sistemas que exploram interfaces hápticos para apoio à navegação.

2.4.1 Tactile Wayfinder

O sistema Tactile Wayfinder (Heuten et al. 2008) tenta colmatar as falhas anteriormente mencionadas, oferecendo ao utilizador uma interação táctil contínua, permitindo instruções mais precisas e menos intrusivas.

Este sistema consiste num cinto com 6 motores vibratórios que, ao contrário do ActiveBelt(Tsukada and Yasumura 2004), atuam em conjunto para fornecer uma maior precisão na direção a seguir.

Na Figura 2.3, é possível ver como são expressas as direções a seguir. Com a atuação de apenas um dos motores vibratórios (2) Figura 2.3 (a), o utilizador é informado que a direção a seguir se encontra à sua direita, mas esta informação é limitada e pouco precisa.

O uso de 2 atuadores simultaneamente, como demonstrado na Figura 2.3 (b) fornece ao utilizador informação adicional mais precisa sobre a mudança da direção, mas esta pode ainda ser melhorada. A Figura 2.3 (c) ilustra o funcionamento pretendido no Tactile Wayfinder, ou seja, de acordo o grau da mudança de direção a seguir é feita uma interpolação da intensidade dos 2 motores vibratórios. O uso de diferentes intensidades em cada um dos motores permite uma informação precisa.

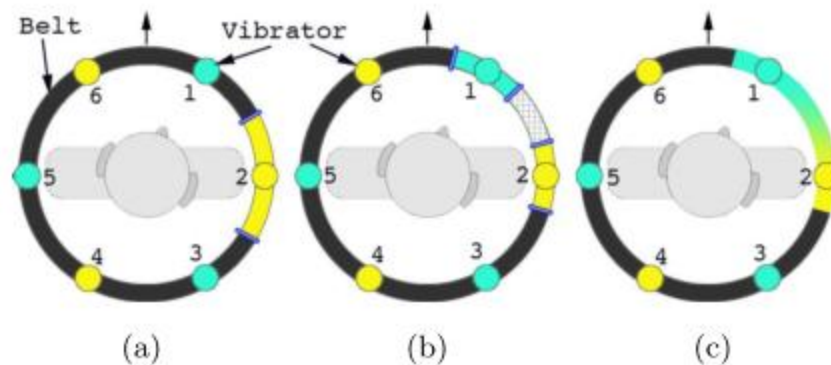


Figura 2.3 - Atuação do Tactile Wayfinder para uma indicação precisa e não intrusiva

Heuten et al. (Heuten et al. 2008) defendem que este sistema é capaz de fornecer informação necessária de forma não visual, não intrusiva e de mãos livres, apropriada tanto para pedestres como para ciclistas.

2.4.2 Tacticycle

O Tacticycle (Poppinga, Pielot, and Boll 2009) foi uma experiência desenvolvida a pensar no apoio em passeios de bicicleta para turistas. Desta forma, o espaço de utilização do mesmo é, em princípio, desconhecido dos utilizadores. Tal como no Tactile Wayfinder(Heuten et al. 2008) este também faz uso da interpolação de intensidades entre diferentes motores vibratórios.

Este sistema consiste em 2 motores vibratórios, montados diretamente no guiador da bicicleta, um em cada ponta do mesmo. Faz também uso de um dispositivo complementar para informação visual, montado na posição central do guiador.

Na Figura 2.4, é demonstrado o uso de diferentes intensidades em cada um dos atuadores tácteis, para fornecer informação sobre a direção a seguir

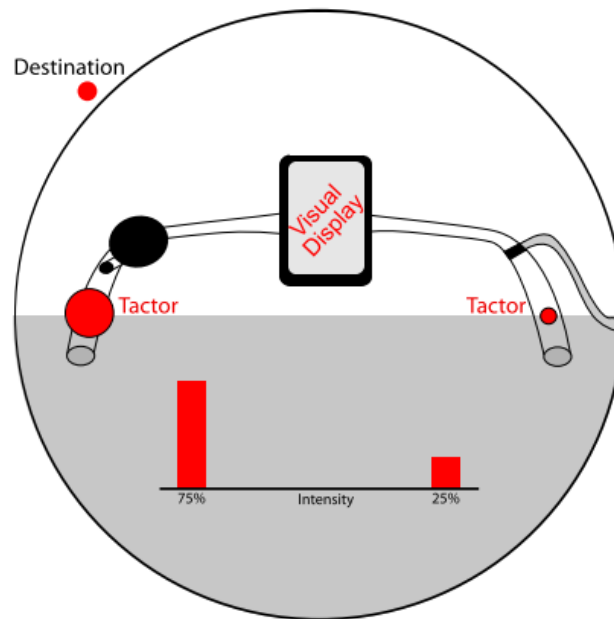


Figura 2.4 - Uso de diferentes intensidades no Tacticycle

Os resultados desta experiência foram promissores, visto que todos os utilizadores conseguiram atingir o seu destino. Alguns foram capazes de desenhar uma linha com o traçado da rota, com base nas instruções hápticas.

2.4.3 PocketNavigator

O PocketNavigator (Pielot, Poppinga, and Boll 2010) está disponível como uma aplicação para o sistema operativo Android, e faz apenas uso de um telefone e das suas capacidades vibratórias para apoiar a navegação. Ao contrário dos sistemas anteriormente descritos, este faz uso de padrões vibratórios que incluem a duração e o ritmo para codificar a direção que o utilizador deve seguir.

Este utiliza também um mapa de apoio ao utilizador, fazendo uso das capacidades dos smartphones atuais. Neste mapa, o utilizador pode ver o traçado da rota a seguir e a sua posição atual, tal como demonstrado na Figura 2.5.



Figura 2.5 - Interface visual do PocketNavigator

Os padrões vibratórios utilizados no PocketNavigator consistem em 2 ou 3 pulsações, tal como pode ser visto na Figura 2.6.

Em vez de instrução do tipo “vire agora à direita”, o sistema fornece informação constante sobre a orientação do ponto de destino, tal como uma bússola. O sistema escolhido para codificar a direção consiste em 2 pulsações curtas se a orientação do utilizador se encontra alinhada com a direção do ponto de destino.

Se o ponto de destino se encontrar à esquerda do utilizador, o padrão consiste numa pulsação longa seguida de uma pulsação curta. Quanto mais longa for a primeira vibração, maior é a amplitude entre a direção do utilizador e do ponto de destino.

Ao contrário, se o ponto de destino se encontrar à direita, a primeira vibração é curta, e a segunda longa. Aqui, quanto maior for a duração da segunda pulsação, maior será a amplitude da mudança de direção que o utilizador terá de efetuar.

Existe apenas um padrão constituído por 3 pulsações curtas que serve para informar o utilizador que este se encontra na direção oposta ao ponto de destino. Estas informações são constantes, isto é, o utilizador está continuamente a ser informado da direção a seguir, tal como numa bússola. Entre pequenos intervalos de tempo, o utilizador recebe nova informação sobre a direção a tomar. O utilizador pode, por exemplo, ser informado que o ponto de destino se encontra ligeiramente à direita numa altura em que não existem vias para virar à direita. À medida que o utilizador avança, a amplitude da mudança de direção aumenta e isto é refletido na duração das pulsações seguintes.

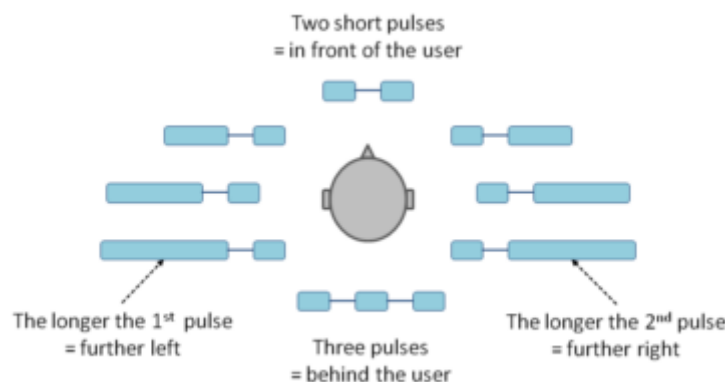


Figura 2.6 - Interação de 2 pulsações utilizada no PocketNavigator

Pielot et al. (Pielot, Poppinga, and Boll 2010) concluíram que o uso da bússola tátil no PocketNavigator, capaz de fornecer informação constante sobre a direção do ponto de destino, através de padrões vibratórios pode ser realizada através de simples motores vibratórios presentes num telemóvel, e é suficiente atingir o destino final de forma efetiva apenas recorrendo à bússola tátil.

2.5 Resumo

Este capítulo inicia-se com a descrição do trabalho efetuado por Marco Costa (Costa, 2011) que constitui a base para este projeto. Este projeto consiste numa aplicação capaz de gerar rotas passíveis de serem utilizadas por ciclistas, e neste capítulo é feita uma descrição do processo de roteamento e do modelo de dados utilizado para guardar essa informação. Esta aplicação será utilizada no desenvolvimento deste projeto para a geração de rotas que possam ser utilizadas por ciclistas.

Depois é abordada a natureza singular do ciclismo e é feita uma descrição dos diversos fatores que tornam este meio de transporte diferente do automóvel ou da navegação pedestre. A utilização de áudio num sistema de navegação não é uma opção tão recomendada numa bicicleta como num automóvel. O som reproduzido pode não ser facilmente perceptível devido a fatores como o vento ou a atenção do ciclista à estrada. A utilização de auriculares retira alguma da atenção ao ciclista ao ambiente circundante. A utilização de interfaces gráficas também são um fator de distração para o utilizador. Estes motivos levam a que os sistemas de navegação existentes não sejam suficientes para dar resposta às necessidades do ciclista.

Para tentar compreender que passos foram dados nesta área, é feita uma análise de alguns dos sistemas existentes e quais as formas de interação que estes utilizam e a qualidade dos seus resultados. Estes sistemas recorrem sobretudo ao uso de interfaces hápticas, atingindo bons resultados. A qualidade dos resultados faz com que esta seja a abordagem a ser implementada neste estudo.

Capítulo 3

Metodologia

Esta secção tem como propósito descrever, de um ponto de vista teórico, os processos levados a cabo na elaboração desta dissertação.

A realização desta dissertação foi dividida em 3 fases distintas:

- Numa primeira fase foi feito um estudo e implementação da conexão entre o dispositivo móvel e a aplicação servidora para obtenção da rota.
- Depois, procedeu-se à prototipagem de uma aplicação móvel com interface visual.
- Em seguida foi desenvolvido um dispositivo para providenciar feedback táctil ao utilizador da bicicleta.
- Por fim, foi realizada a ligação entre o dispositivo móvel e o dispositivo de *feedback* táctil e foram definidas as mensagens de orientação para este dispositivo.

A conexão entre a aplicação móvel e a aplicação servidora tem em conta diversos aspetos como o protocolo de comunicação utilizado. Na secção 3.1 é apresentada a forma como esta comunicação se processa.

A aplicação móvel foi onde se concentraram os maiores esforços pois trata-se do principal módulo constituinte da aplicação final. Esta é responsável pelo controlo da interação com o utilizador, e pode ser encontrada uma descrição das suas funções na secção 3.2

Na secção 3.3 são discutidas as formas de interação táctil passíveis de serem utilizadas e a solução implementada.

De uma forma muito resumida, a Figura 3.1 apresenta o funcionamento geral da metodologia definida.

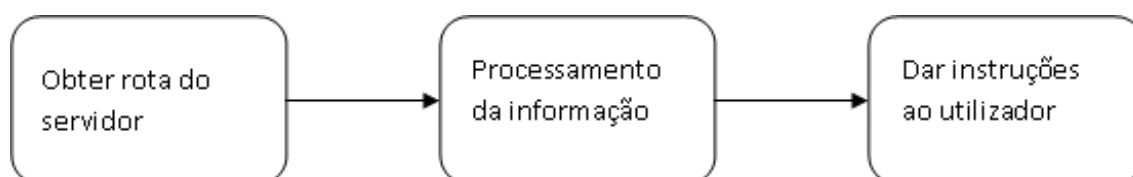


Figura 3.1- Resumo da metodologia utilizada

3.1 Comunicação Cliente-Servidor

Como é boa prática, a comunicação entre servidor e cliente deve ser limitada ao, quer ao nível do tempo de conexão e com da quantidade de dados trocada. Esta condição advém de diversos fatores entre os quais se podem enumerar:

- Conectividade limitada - Para efetuar a conexão ao servidor é necessário que esteja disponível uma ligação à internet. Uma conexão Wifi pode nem sempre estar disponível. Por outro lado, os planos de dados disponibilizados pelas operadoras móveis têm, geralmente, tráfego limitado e podem tornar-se dispendiosos.
- Consumo de Energia – As ligações para troca de dados, tais como chamadas, ligação à Internet ou o uso do GPS têm forte impacto no consumo de energia do dispositivo móvel e, conseqüentemente, na sua autonomia.
- Tempo de Transmissão – Uma parte do tempo gasto em aplicações com arquitetura cliente servidor é gasta para estabelecimento da própria conexão e na transmissão dos dados através da rede. Se se limitar o número de interações, limita-se também o tempo gasto nessas operações.

Desta forma, numa tentativa de minimizar os problemas apresentados anteriormente, a interação entre a aplicação móvel e o servidor está limitada a uma única conexão feita no início do uso da aplicação. Apenas será necessária nova ligação caso o utilizador pretenda nova rota. Esta conexão consiste em 3 passos simples que serão de seguida apresentados de forma resumida:

1. A ligação inicia-se com o estabelecimento da própria conexão. O servidor está em execução constante à espera de conexões por parte de clientes. Quando um cliente se conecta, o servidor cria uma *thread* dedicada a continuar o processamento dessa conexão deixando o servidor disponível para atender a outros pedidos de outros clientes que possam surgir.
2. Após estabelecida a conexão, o cliente transmite ao servidor um par de coordenadas geográficas que representam o ponto de partida e o ponto de chegada da rota a ser gerada pelo servidor. Para além disto é ainda possível fornecer pontos intermédios, ou seja, ponto pelos quais a rota gerada deverá passar. Por exemplo, se o utilizador pretender fazer uma visita turística, pode escolher os locais que quer visitar e a rota gerada irá passar nesses pontos. Esta rota consiste essencialmente num conjunto de *linestrings* e pontos de viragem, ou seja, as estradas/caminhos por onde a rota passa e os pontos em que existem interseções de estradas/caminhos com a respetiva instrução sobre a direção a seguir.

Uma *linestring* possui a seguinte informação:

- Nome da via representada
- Velocidade média
- Coordenadas geográficas por onde a via passa

Um *TurnPoint* é constituído por:

- Angulo da curva a realizar
- Descrição textual da curva a realizar, como por exemplo, “em frente” ou “curva apertada à direita”
- Ângulos formados entre a presente via e as vias que se encontram nessa interseção.

3. Após gerada a rota, esta é transmitida ao cliente, na forma de um ficheiro em formato KML com as informações sobre a rota. A estrutura deste ficheiro pode ser

consultada no capítulo 4 – Implementação e Resultados. A escolha de um ficheiro KML para representação da rota prende-se com todas as vantagens inerentes ao uso de XML, como fácil leitura, suporta informação estruturada e estruturas de dados complexas, acrescentando a tudo isso o facto de poder ser visualizado no Google Maps de forma imediata, permitindo ter uma visão geral rápida da rota criada.

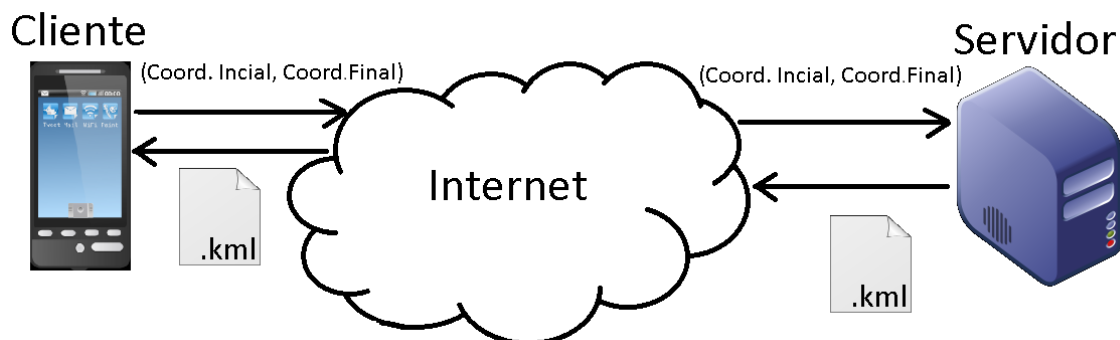


Figura 3.2 - Estrutura Cliente Servidor

A Figura 3.2 mostra de forma sucinta a ligação à aplicação servidora. Contudo, esta omite alguns dos detalhes que estão por detrás do processamento do servidor. Na secção 3.1.1 é feita uma descrição deste processo.

3.1.1 Gerador de Rotas

A aplicação servidora foi desenvolvida continuando o trabalho realizado no ano passado (Costa 2011), que no entanto não funcionava como servidor, na medida em que não podia receber conexões por parte de clientes e gerar rotas com base nesses pedidos. Como tal, foi necessário utilizar o núcleo dessa aplicação, capaz de gerar rotas, fazer com que este fosse utilizado na resposta a pedido de clientes.

Para tal foram acrescentados dois módulos a essa aplicação:

- Módulo de rede – Responsável por receber pedidos por parte de clientes e passar esses pedidos ao módulo gerador de rotas já implementado.
- Módulo gerador de KML – após a rota ser gerada, torna-se necessário compilar a informação num formato que possa ser interpretado pelo cliente. O formato escolhido foi o formato KML.

3.1.1.1 Gerador da rede viária e rotas

O gerador de rotas (Costa 2011) obtém dados a partir de *tracks* GPS presentes em ficheiros em formato GPX e também do OpenStreetMap.

A API disponibilizada pelo OpenStreetMap para obter mapas consiste na passagem de uma “caixa” dentro da qual está a área geográfica cujos dados se pretendem obter. Para tal, é necessária utilização do seguinte URL:

`api.openstreetmap.org/api/0.6/map?bbox=left,bottom,right,top`

A Figura 3.3 ajuda a perceber o sistema de coordenadas geográficas, o conceito de “caixa” que o OSM usa e o que os termos *left*, *bottom*, *right* e *top* significam:

- *left* se refere à “menor” longitude (mais a oeste);

- *bottom* se refere à “menor” latitude (mais a sul);
- *right* se refere à “maior” longitude (mais a este);
- *top* se refere “maior” latitude (mais a norte);

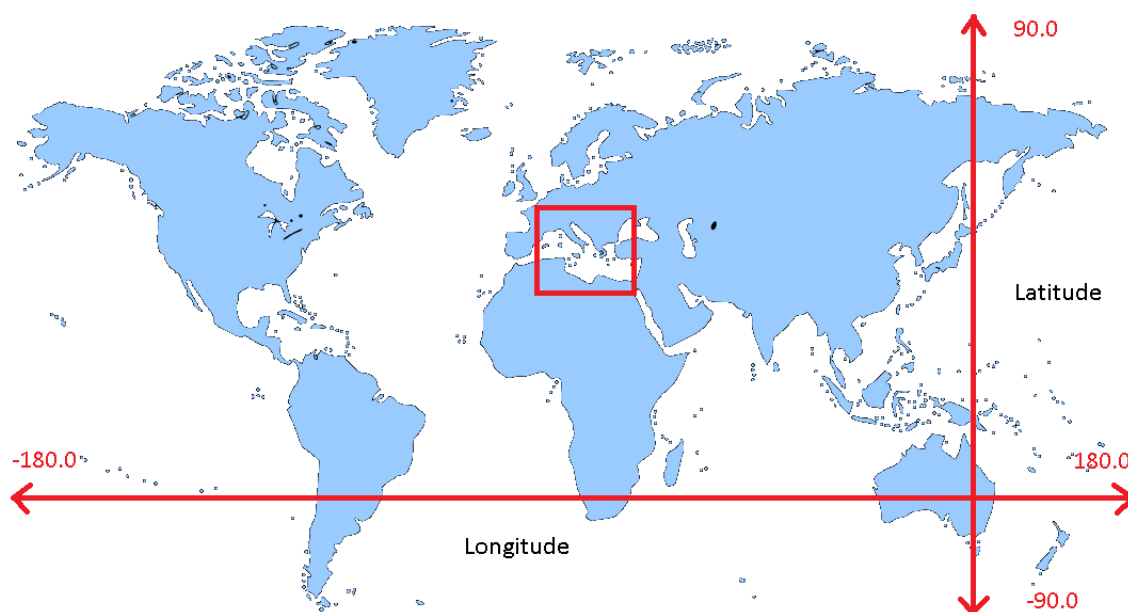


Figura 3.3 - Sistema de Coordenadas

Após enviar o pedido, o OSM devolve um ficheiro XML, com os dados relativos à área pretendida. O OSM impõe limitações quanto ao tamanho da área. Por esse motivo, a área pretendida deve ser dividida, se necessário, em áreas de largura/altura inferiores a 0.25°.

Contudo, estão agora disponíveis os servidores *overpass-api.de* com alterações na API e que tornam possíveis pedidos sem um limite. Por este motivo foram feitas alterações na aplicação servidora permitindo que a aplicação não tenha de despendar tempo de processamento a verificar e dividir a área pretendida em áreas de dimensão inferior a 0.25° de largura/altura.

Os dados recebidos são processados e é criado um grafo de arestas (estradas) e nós (interceções de estradas) que representam a rede viária, que são armazenados numa base de dados.

A partir daqui, para obter uma rota, é feita uma *query* à base de dados de forma a encontrar as arestas que tornam possível conectar dois nós (ponto de partida e ponto de chegada) gerando o caminho mais curto tendo em conta diversos fatores como o custo, comprimento ou o tempo médio para percorrer o caminho.

3.1.1.2 Módulo de Rede

Ao receber uma conexão por parte de um cliente, o módulo de rede começa por criar uma *thread* dedicada exclusivamente a processar o pedido desse cliente, continuando o servidor disponível para receber outras ligações.

A *thread* criada processa as coordenadas recebidas para que estas possam ser utilizadas pelo gerador de rotas, criando uma “caixa”. Para tal é preciso verificar as coordenadas recebidas para que estas sejam passadas ao OSM de forma correta. A primeira ação a tomar é ordenar as coordenadas da seguinte forma (menor longitude, menor latitude, maior longitude, maior latitude). Seguidamente é ampliada a caixa resultante. A ampliação dessa caixa tem o objetivo garantir que se obtêm todos os dados necessários para a geração da rota pretendida. Na Figura

METODOLOGIA

3.4, são simulados a laranja os efeitos da não ampliação da caixa gerada, podendo os resultados serem comparados com os obtidos com a ampliação da caixa.

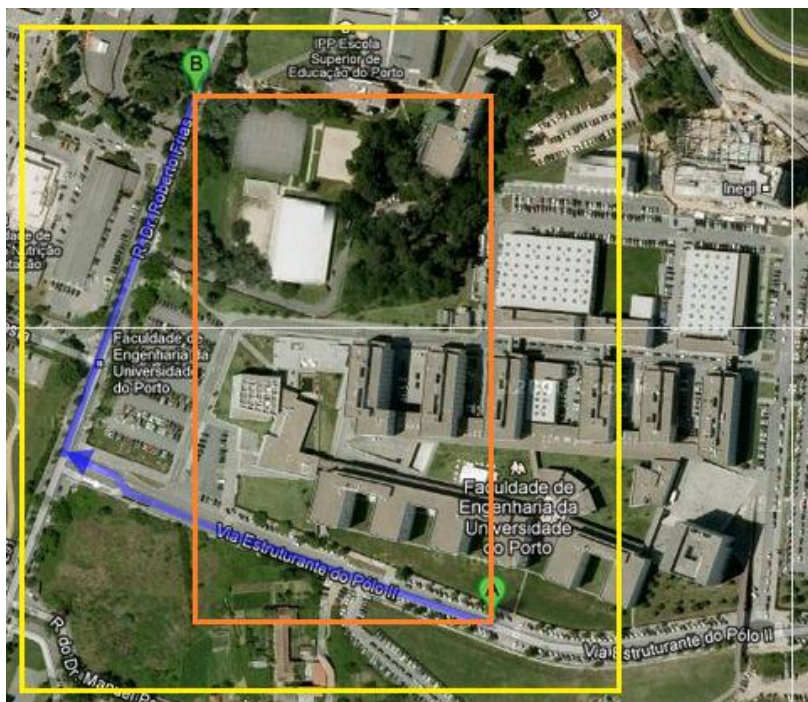


Figura 3.4 - Efeitos da não ampliação da "caixa" gerada

3.1.1.3 Módulo Gerador de KML

A função geradora da rota recebe o ID de dois nós gerando a rota que os liga. Contudo, esta implementação não serve os propósitos do utilizador final, pois este apenas sabe as coordenadas de início e do fim da rota que pretende e não o ID dos nós mais próximos desse local. Desta forma, a função foi alterada para que possa receber as coordenadas do nó de origem e destino, e encontre os nós existentes na base de dados que estão mais próximos a essas coordenadas. Desta forma, como a rota gerada é baseada nos nós existentes na base de dados, será sempre uma aproximação à rota pretendida pelo utilizador. A Figura 3.5 - Exemplo de rota aproximada simula este conceito e facilita a sua compreensão. Os pontos assinalados a vermelho representam as coordenadas enviadas pelo utilizador e a verde as coordenadas dos nós mais próximos existentes na base de dados e com base nos quais é calculada a rota. No capítulo 4 – Implementação e Resultados, é explicado a forma como esses nós são encontrados, e quais as soluções encontradas para atenuar as consequências deste problema.



Figura 3.5 - Exemplo de rota aproximada

Após obtidos os arcos e os nós do grafo pelos quais a rota deverá passar é necessário converter esta informação num ficheiro KML que será passado ao dispositivo móvel. A escolha deste formato prende-se com a grande versatilidade do mesmo para representar dados geográficos e permite uma consulta e revisão fácil dos resultados obtidos através do Google Maps. Este módulo tem por isso o objetivo de organizar, tratar e filtrar os resultados obtidos do gerador de rotas antes de esta informação ser colocada no ficheiro a ser passado ao módulo de rede que o transmitirá ao dispositivo móvel

Para além dos dois novos módulos que são criados, devido à natureza dos dados sobre a rede viária gerada, foi necessário proceder a algumas alterações no gerador de rotas, ao nível das *queries* feitas à base de dados. Estas alterações podem ser vistas no Capítulo 4 – Implementação e resultados, assim como as implicações resultantes das mesmas.

3.2 Aplicação Móvel

A aplicação móvel é a componente principal deste trabalho de dissertação pois é o principal objeto de interação com o utilizador. Nesta secção é por isso apresentada uma descrição do seu funcionamento.

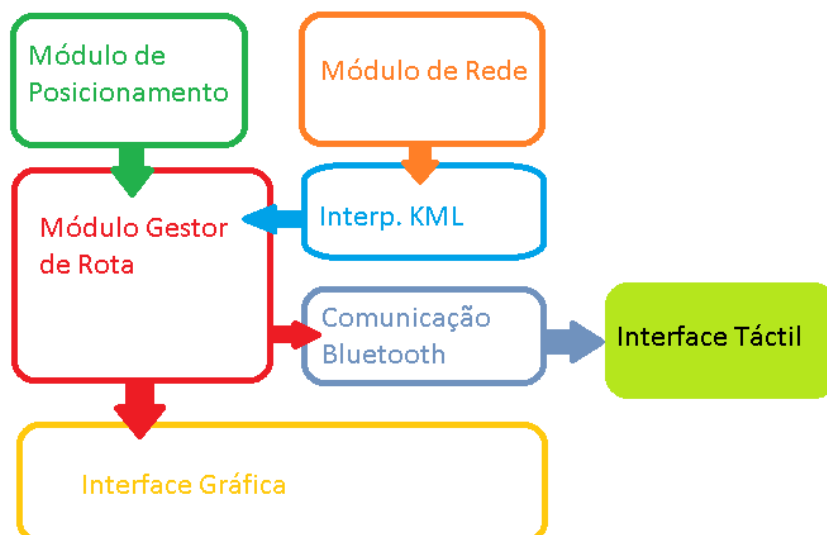


Figura 3.6 - Arquitetura da Aplicação Móvel

A Figura 3.6 - Arquitetura da Aplicação Móvel - mostra a arquitetura da aplicação, apresentando cada um dos módulos que a constituem e das respetivas funções.

3.2.1 Módulo de rede

O módulo de rede tem como função comunicar com o servidor, ou seja, é responsável por estabelecer a comunicação com o servidor, passar as coordenadas de início e fim da rota e receber o ficheiro KML com a descrição da rota gerada. É ainda o módulo responsável por manter as informações sobre o computador onde a aplicação servidora está a correr, como o endereço IP e o porto. Tem também como função verificar as condições de rede do dispositivo móvel, ou seja se este possui uma ligação à internet, avisando o utilizador caso esta não exista.

3.2.2 Módulo interpretador KML

Após a receção do ficheiro KML, é preciso interpretar e traduzir o seu conteúdo para uma estrutura que possa ser lida e utilizada pelo módulo gestor de rota. Desta forma, o ficheiro é separado em 2 grupos: Arcos e TurnPoints.

De forma resumida, Arcos representam as estradas e caminhos por onde a rota passa, contendo as seguintes informações:

- Localização geográfica - conseguida através de um conjunto discreto de coordenadas geográficas por onde a estrada ou caminho passam.
- Nome – O nome da estrada correspondente, quando este se encontra presente na base de dados.
- Velocidade Média – Para algumas das estradas, mas não todas, existe na base de dados a velocidade média na respetiva estrada.

Estas informações podem ser utilizadas de diversas maneiras para conseguir dar ao utilizador um conhecimento geral sobre as características da rota. No capítulo seguinte, abordam-se as decisões tomadas e as implementações feitas para fazer uso destas informações.

TurnPoints são os pontos geográficos onde existem interseções de arcos e onde é esperado que o utilizador tenha de tomar uma decisão sobre a direção a tomar. Estes não se limitam a indicar “direita” ou “esquerda”. Uma rota começa e acaba num TurnPoint. Estes são obtidos a partir dos nós existentes na base de dados e coincidem com início e fim de vias. Desta forma, um TurnPoint pode estar presente em várias vias, como por exemplo, num cruzamento. Sendo os TurnPoints existentes na base de dados limitados e sendo quase sempre no início e final de uma via, uma rota com ponto de início ou final a meio de uma rua, será aproximada para o início dessa rua. No entanto, foram estudadas algumas soluções para atenuar este problema, que são explicadas no Capítulo 4 – Implementação e Resultados.

Os TurnPoints possuem as seguintes informações:

- A localização geográfica – As coordenadas geográficas de um TurnPoint.
- O ângulo da curva - O ângulo sobre a direção a seguir pode nem sempre significar uma curva, sendo possível que a indicação seja para seguir em frente. Ângulos negativos ou positivos indicam que a direção a seguir se encontra à esquerda ou direita respetivamente. Os ângulos estão divididos em intervalos, que identificam acentuação da curva.
- Indicação textual – Representação textual do ângulo da curva. Os ângulos são divididos em intervalos, tendo cada um destes intervalos uma mensagem textual associada como por exemplo “curva apertada à direita” ou “Seguir em frente”.
- O ângulo das restantes vias – Um TurnPoint indica a interseção de duas ou mais vias: A via onde se encontra o utilizador, a via por onde deve seguir e outras que possam existir, por exemplo num cruzamento. Os ângulos formados pela via onde o utilizador se encontra e as restantes dizem à aplicação qual é a configuração da interseção, sendo possível saber quantas vias existem e qual o seu posicionamento. Estas são utilizadas para criar uma representação gráfica da configuração da interseção.

O interpretador deve por isso converter esta informação em estruturas de dados que o Gestor de Rota possa utilizar para coordenar as indicações a serem dadas ao utilizador.

3.2.3 Módulo Posicional

O módulo posicional tem como função indicar a posição geográfica do utilizador. Este faz uso da função GPS do dispositivo móvel para conseguir indicar de forma suficientemente precisa a posição do utilizador.

Por outro lado, é também responsável por determinar a orientação do utilizador que, em conjunto com o seu posicionamento, permite perceber qual a direção a seguir.

Este módulo está em execução constante, e de cada vez que existe uma alteração na orientação ou posição o Gestor de Rota é notificado, permitindo fazer chegar ao utilizador informação em tempo real sobre o destino a seguir.

3.2.4 Módulo Gestor de Rota

O módulo Gestor de Rota tem acesso às estruturas de dados criadas pelo interpretador KML e às constantes alterações no posicionamento e orientação do utilizador. Com base nesta informação o gestor de rota tem a função de decidir que indicação fornecer ao utilizador e quando.

As mudanças de direção têm em conta o ângulo entre o utilizador e o próximo TurnPoint da rota. Para decidir quando essa indicação deve ser dada existe uma “distância de ação”, isto é, quando o utilizador se encontra a uma distância igual ou inferior a essa “distância de ação”, O gestor de rota inicia o processo de dar indicações ao utilizador sobre qual a opção a tomar. Esta

METODOLOGIA

distância é variável e depende da velocidade a que o utilizador se desloca, sendo e ocorre durante um intervalo de 5 segundos. Este intervalo pode sofrer alguns desvios devido à velocidade do ciclistas poder sofrer alterações. Para ajudar a perceber este conceito consideremos o seguinte exemplo:

Um utilizador que se desloque a 3 m/s, é notificado quando se encontrar a uma distância igual ou inferior a 15m do próximo TurnPoint, resultando num intervalo de 5 segundos usado para fornecer indicações. Contudo, se já depois do Gestor de Rotas ter iniciado as indicações o utilizador aumentar ou diminuir a velocidade, este intervalo de tempo irá diminuir ou amentar respetivamente. Estes desvios não deverão ser significativos o suficiente para impedir que o utilizador reaja a tempo. Esta decisão prende-se com o facto de a velocidade alterar muito a distância de reação do utilizador.

De acordo com a amplitude do ângulo da curva a ser feita, a curva é classificada nas seguintes categorias:

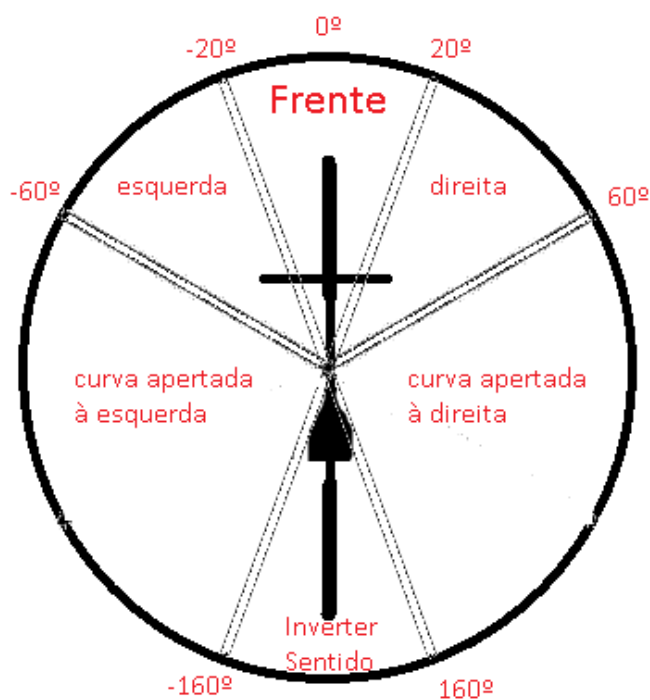


Figura 3.7 - Indicações geradas pelo gerador de rotas

Com base no ângulo e na velocidade do ciclista, é necessário adequar o tipo de mensagem a enviar ao utilizador. Depois de classificar o tipo de indicação, o gestor de rota transmite-a ao utilizador através da interface gráfica e da interface háptica.

3.2.5 Módulo de Comunicação Bluetooth

Este módulo é responsável por transmitir as indicações do Gestor de Rota ao dispositivo de interface háptica. Este módulo permite ao utilizador localizar dispositivos bluetooth e conectar-se. A partir do momento em que a aplicação móvel está conectada ao dispositivo Bluetooth, o módulo Gestor de Rota passa a ter disponível um canal para troca de mensagens com o dispositivo de interface háptica.

A troca de mensagens é feita de forma unidirecional, ou seja, apenas da aplicação móvel para o dispositivo háptico. Este dispositivo não tem como função recolher qualquer tipo de

informação do ambiente envolvente, mas apenas expressar junto do utilizador as indicações dadas pela aplicação móvel.

3.2.6 Módulo de Interface Gráfica

O módulo de Interface gráfica está sempre disponível para ser utilizado pelo utilizador. Contudo, como foi anteriormente referido, o objetivo deste estudo era encontrar alternativas ao uso de uma interface gráfica que pode causar distração junto do ciclista. Assim sendo, este módulo serve sobretudo para apoio. Este apoio surge em diversas fases da utilização.

3.2.6.1 Definições Básicas da Aplicação

Esta interface não pode deixar de contemplar uma opção para o utilizador alterar as definições básicas da aplicação móvel. Estas definições contemplam:

- Ligação ao servidor - permite ao utilizador alterar o endereço do servidor ao qual se irá conectar.
- Definições de Rede e de Localização - Estas definições são nativas do sistema operativo Android. O que a aplicação faz é fornecer ao utilizador atalhos, a partir da aplicação, para aceder aos menus de configuração das mesmas. As opções mais comuns serão ligar ou desligar o acesso à internet e a utilização do GPS para posicionamento.
- Definições bluetooth – Permitem ao utilizador ligar a função bluetooth a partir da aplicação e visualizar a lista de dispositivos bluetooth existentes nas proximidades, dando a possibilidade de se conectar ao dispositivo háptico.

3.2.6.2 Interface de Navegação

Como referido anteriormente, a prioridade deste estudo é explorar uma forma de conseguir interagir com o ciclista durante a navegação da forma menos intrusiva possível. Tentou-se assim limitar, tanto quanto possível, o recurso à interface gráfica. Procurou-se mantê-la simples o suficiente para não perturbar o ciclista com informação visual, mas tentando sempre que este tenha acesso à informação que precisa para a navegação.

Para iniciar a navegação, o utilizador tem de conseguir escolher a rota a ser gerada. São por isso necessários os pontos de início e destino da rota a ser gerada. Para tornar esta tarefa fácil e clara esta é feita com o apoio de um mapa no qual o utilizador poderá assinalar quais os pontos de início e fim da rota pretendida. A utilização de um mapa facilita a tarefa do utilizador, pois este não necessita de se preocupar em saber com coordenadas ou endereços.

Após escolhidos os pontos, a aplicação móvel contacta o servidor, recebendo a rota gerada. A rota gerada passa então a estar disponível para consulta, aparecendo sobreposta no mapa, dando ao utilizador uma visão geral da mesma, os locais por onde passa e tipo de percurso.

A partir daqui, o utilizador tem acesso às instruções da rota. Neta fase é possível iniciar a navegação.

A Interface gráfica apresentada ao utilizador durante a navegação contém as seguintes informações:

Indicação textual – descrição textual, em português, da ação que o ciclista deve tomar. Esta pode indicar uma mudança de direção ou a indicação de se manter na presente via.

Velocidade – a velocidade a que segue o ciclista num determinado instante.

METODOLOGIA

Representação Gráfica da Via – Esta representação gráfica não é feita recorrendo a mapas, como é comum nos sistemas de navegação. Esta consiste numa aproximação feita tendo em conta a posição e orientação do ciclista em relação ao próximo TurnPoint na rota.

Distância ao próximo TurnPoint – Distância, em metros, até ao próximo TurnPoint.

As Figura 3.8 e Figura 3.9 mostram um exemplo desta interface.

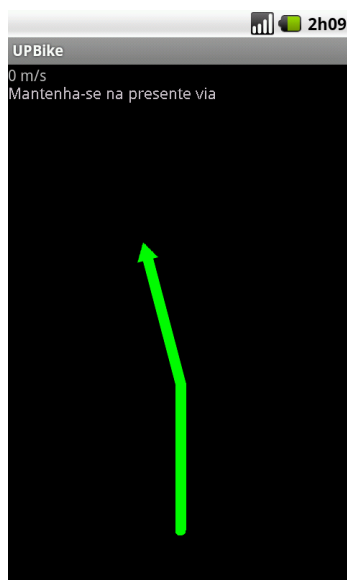


Figura 3.8 – Exemplo de indicação gráfica ao utilizador

A Figura 3.8 é um exemplo da imagem apresentada ao utilizador quando este ainda se encontra distante do próximo TurnPoint, ou seja, interceção com outras vias onde deverá receber uma indicação sobre qual a direção a tomar. No entanto é possível perceber que o próximo TurnPoint se encontra ligeiramente à esquerda do utilizador. Se o utilizador mudar a sua orientação, a direção apontada pela seta é automaticamente atualizada. Desta forma, a aplicação pode tem também assumir um comportamento semelhante ao de uma bússola. Esta propriedade assume uma grande importância se o utilizador se enganar ou mesmo para ultrapassar algumas limitações da rota gerada. No capítulo 4 – Implementação e resultados, é feita uma explicação de como o “modo bússola” é usado para ultrapassar essas limitações.

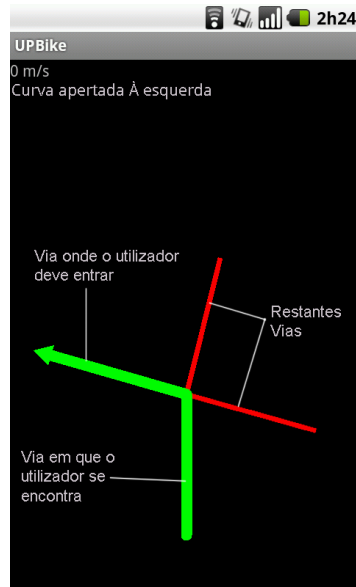


Figura 3.9 - Representação de um TurnPoint numa interceção de 4 vias

A Figura 3.9 mostra um exemplo de um cruzamento de 4 vias em que o utilizador deve mudar de direção à esquerda. É facilmente possível perceber qual a configuração do cruzamento e qual a direção a seguir. Estas representações gráficas são geradas automaticamente pela aplicação, com base na descrição dos TurnPoints fornecida pelo Gestor de Rota.

A interface minimalista e simplificada tem origem na tentativa de tentar limitar a interação visual ao mínimo indispensável, sem com isso omitir informações importantes ao utilizador.

3.3 Interface Háptica

Esta interface é um dos aspetos inovadores e diferenciador face aos restantes sistemas de navegação. Tal como apontado no capítulo 2 - Revisão Bibliográfica - diversos estudos mostram que interfaces hápticas podem ser usadas para orientar o utilizador durante um percurso de forma pouco intrusiva, evitando que seja obrigatório desviar a atenção visual do caminho.

3.3.1 Arquitetura do dispositivo

O dispositivo responsável pela interface háptica, é constituído por:

- Dispositivo de Comunicação – Este dispositivo é responsável pela comunicação com a aplicação móvel. A comunicação é feita utilizando a tecnologia *Bluetooth*.
- Dispositivo de controlo - Um microcontrolador, responsável por gerir as notificações ao utilizador. As instruções geradas pela aplicação móvel são recebidas, processadas e a ordem de vibração respetiva é enviada para os atuadores.
- Dispositivos atuadores – Dois dispositivos atuadores, um presente em cada braço do utilizador, servem para dar a instrução ao utilizador sob a forma de uma mensagem háptica.

3.3.2 Plataforma Arduino

Existem no mercado alguns relógios e braceletes de interface háptica que podem ser usados juntamente com telemóveis a curta distância para notificações básicas como chamadas recebidas ou a música atualmente a ser reproduzida no dispositivo móvel. No entanto, estas estão limitadas a essas funcionalidades básicas presentes nos telemóveis e carecem de meios para as reprogramar de modo a serem utilizadas com outras aplicações. Por este motivo surgiu a necessidade de encontrar uma alternativa que pudesse ser adaptada às exigências da aplicação desenvolvida.

A solução encontrada para a prototipagem do dispositivo foi a utilização de um sistema Arduino¹. Arduino é uma plataforma *open source* de prototipagem eletrônica expansível e pouco dispendiosa. A utilização desta plataforma torna fácil criar um protótipo de um dispositivo eletrônico, com as mais variadas funções, capaz de ser interligada a vários dispositivos sensores que recolhem informação do ambiente envolvente ou atuadores que transmitem informação ao ambiente.

Normalmente, um sistema Arduino inclui uma placa eletrônica com um microcontrolador, responsável por processar *inputs* e *outputs*. A essa placa podem ser ligados outros dispositivos de acordo com as funcionalidade do dispositivo que se pretenda implementar, como por exemplo, LEDs, sensores luminosos ou de movimento. A facilidade com que estes dispositivos podem ser interligados para funcionarem em conjunto, conferem a esta plataforma uma grande expansibilidade.

Para este estudo, o interesse recai sobretudo no uso de dispositivos atuadores, como motores vibratórios, capaz de transmitir ao utilizador as mensagens geradas pelo gerador de rotas.

3.3.2 Definição das mensagens hápticas

Como referido em 3.2.4 Módulo Gestor de Rota - as mensagens geradas têm de ser traduzidas para mensagens hápticas que possam ser corretamente interpretadas pelo ciclista. Para isso procedeu-se à criação de um modelo de interação que converte os dados de um TurnPoint em mensagens hápticas.

Para isso está projetado um sistema Arduino que comunica com o dispositivo móvel por Bluetooth e ao qual estão associados 2 motores vibratórios. Cada um desses motores estará presente num dos braços do ciclista e atuam vibrando de acordo com a instrução gerada.

Existem 2 fatores a ser avaliados pelo gestor de rota: Ângulo da Curva e a Velocidade do ciclista. Estes dois aspetos são depois utilizados para gerar a instrução háptica. Com esta instrução o utilizador deve ser capaz de prever qual o comportamento a adotar:

- Direção – a direção a seguir é identificada pelo motor que produz vibração. Vibração no motor colocado no braço direito ou esquerdo identificam a direção a seguir, direita ou esquerda, respetivamente. Se os dois motores vibrarem 2 vezes em simultâneo, o utilizador deve seguir em frente. Para inverter o sentido de marcha, os motores vibram em simultâneo 6 vezes, com durações curtas de 200ms.

¹ <http://www.arduino.cc/>

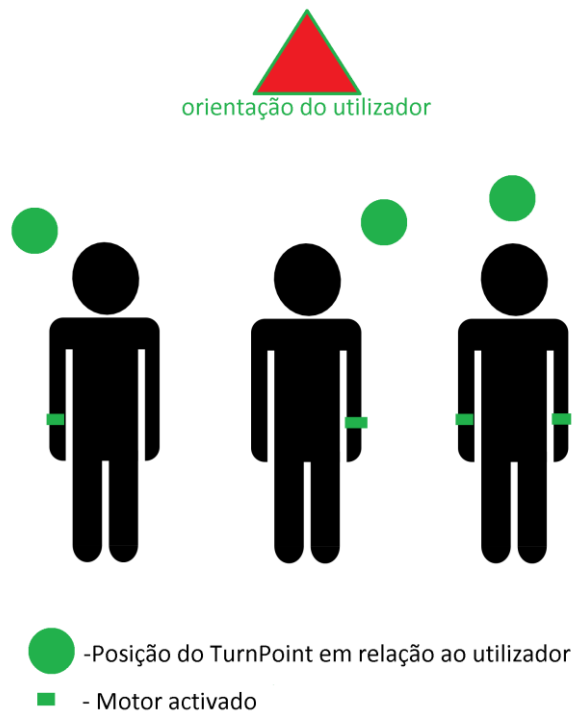


Figura 3.10 - Exemplo da indicação táctil sobre a mudança de direção

- Ângulo da curva – O ângulo que a curva descreve pode ser identificado através do número de vibrações. Exigir ao utilizador que conte o número de vibrações pode tornar-se um pouco confuso se for feito de uma forma exagerada. Desta forma, foram criados apenas 3 intervalos de atuação:

$$20^{\circ} \leq |\alpha| < 75^{\circ}, 75^{\circ} \leq |\alpha| < 120^{\circ} \text{ e } 120^{\circ} \leq |\alpha|.$$

A estes intervalos correspondem 1, 2 ou 3 vibrações respetivamente. A divisão num número pequeno de intervalos torna fácil a perceção da mensagem, não exigindo ao utilizador grande capacidade de concentração na aplicação móvel, podendo concentrar-se no ambiente rodeante.

METODOLOGIA

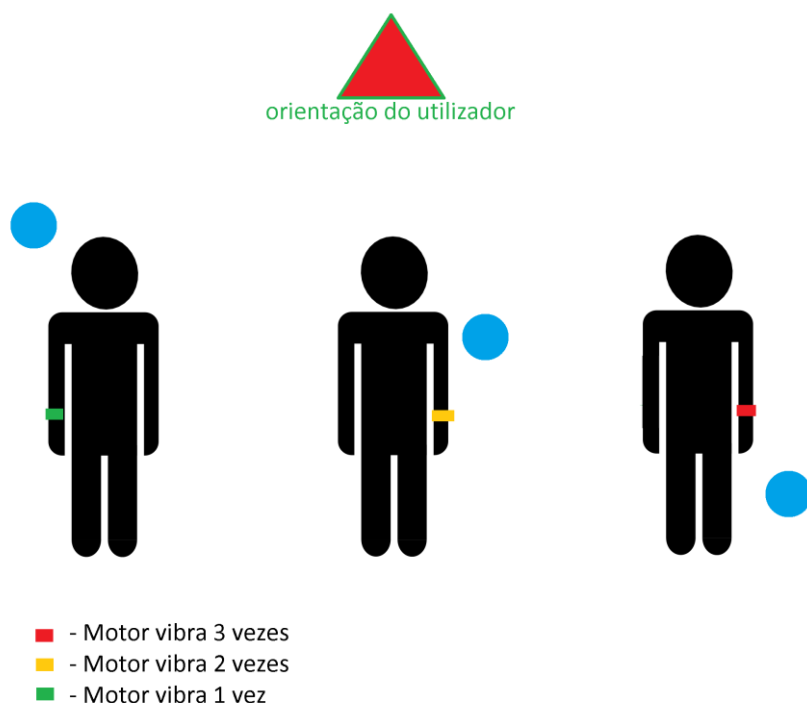


Figura 3.11 - Número de vibrações de acordo com o angulo da curva a descrever

- Intensidade da vibração – A intensidade da vibração é maior, tanto quanto maior for a velocidade do ciclista. Estes foram divididos em 3 intervalos:

$$0\text{km/h} \leq v < 7.5\text{km/h}, 7.5\text{km/h} \leq v < 15\text{km/h} \text{ e } 15\text{km/h} \leq v.$$

A estes intervalos correspondem $\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{3}$ da capacidade de vibração do motor. O motivo para esta divisão é que a uma velocidade maior a atenção do ciclista à estrada será maior, podendo precisar de um estímulo de maior intensidade para se aperceber da mensagem. A velocidades inferiores, a intensidade pode por isso ser menor, servindo ainda para conservar alguma da energia gasta para fazer vibrar os motores.

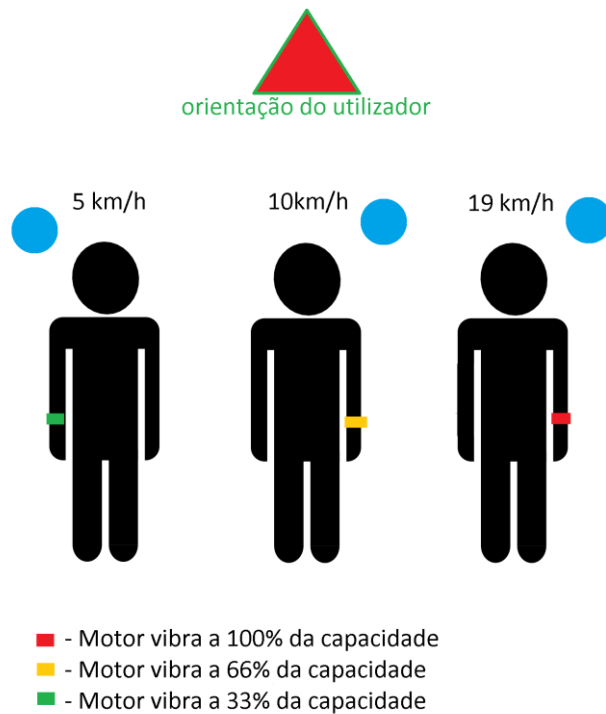


Figura 3.12 - Exemplo da aplicação da intensidade da indicação táctil

- Tempo de vibração - Para facilitar a avaliação do ciclista da distância até ao ponto onde deverá tomar a decisão sobre a mudança de direção, o tempo de duração de cada vibração foi dividido em 3 intervalos:

$$d < 5m, 5 \leq d < 20m \text{ e } 20m \leq d$$

A estes intervalos correspondem vibrações de 200ms, 500ms e 1s, respetivamente. A ideia é que quanto mais curtas e pouco espaçadas forem as vibrações, maior será a sensação de “urgência” por parte do utilizador. Por outro lado, quanto mais longas e espaçadas, mais tempo existe para tomar uma decisão. No caso de existir mais do que 1 vibração (2 ou 3) os intervalos entre vibrações têm a mesma duração que as próprias vibrações.

METODOLOGIA

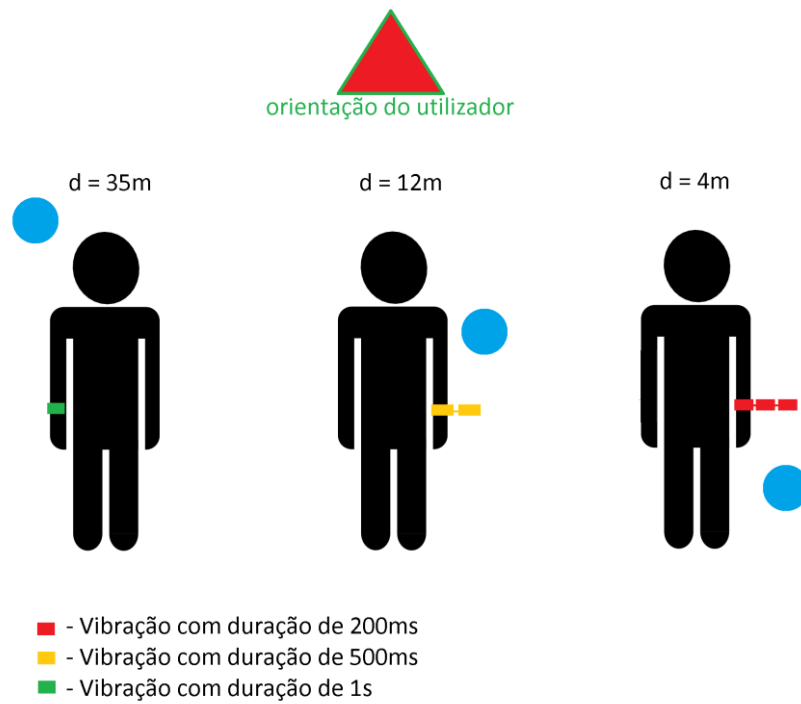


Figura 3.13 - Vibrações de acordo com a distância e o ângulo que a curva descreve

A Figura 4.1 mostra a vermelho e verde os pontos de início e fim da rota pretendida pelo utilizador, respetivamente. No entanto, esses pontos não existem como nós na base dados, sendo por isso usados os nós mais próximos, assinalados a amarelo. Isto requer que o gerador de rota tenha de fazer aproximações à rota pretendida.

4.1.1.1 Aproximações

Para lidar com o problema descrito, é necessário fazer uma aproximação das rotas aos dados existentes na base de dados. Esta aproximação pode ser feita de 2 formas:

Nó mais próximo

Com esta técnica, o gerador de rotas procura os nós existentes mais próximos da rota pretendida. Apesar de produzir resultados aceitáveis, muitas vezes conduz à geração de uma rota diferente da rota pretendida.

Ao escolher como nó inicial e nó final os nós geograficamente mais próximos, garante-se que a rota começa e acaba o mais próximo dos locais escolhidos pelo utilizador. A Figura 4.2 mostra um exemplo desta técnica em uso

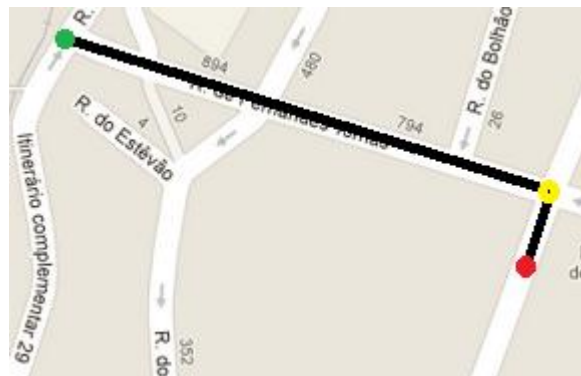
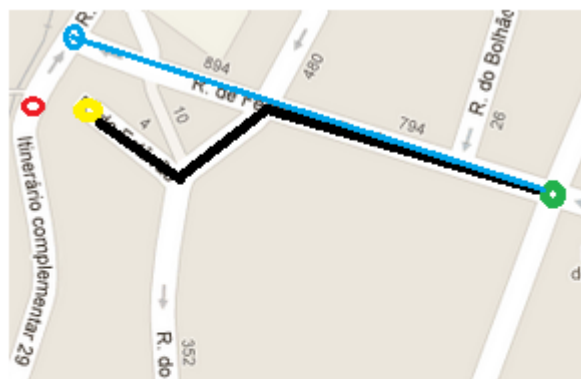


Figura 4.2 - Nó mais próximo assinalado a amarelo

No entanto existem situações em que os resultados se afastam muito do resultado pretendido, como é possível ver na Figura 4.3.



- - Ponto indicado pelo utilizador
- - Nó correto a ser utilizado
- - Nó utilizado
- - Nó final

Figura 4.3 - Erro na técnica do nó mais próximo

A amarelo encontra-se assinalado o nó inicial utilizado pelo gerador de rotas. Apesar de este ser o nó geograficamente mais próximo, este não é o nó que melhor representa o ponto assinalado pelo utilizador. Em vez disso, esse nó devia ser o nó assinalado a azul.

Arco mais próximo

Uma alternativa ao nó mais próximo é encontrar o arco mais próximo, ou seja, a estrada que se encontra mais próxima ao ponto onde o utilizador se encontra. A partir daí, é gerada uma rota a partir do Nó inicial dessa estrada, corrigindo assim o problema apresentado na Figura 4.3. No entanto o ponto de início da rota pode nem sempre ser o mais próximo possível, como mostra a Figura 4.4.



Figura 4.4 - Erro na técnica da aresta mais próxima

Apesar da rota gerada começar na estrada correta, o nó inicial utilizado, assinalado a amarelo, não é o nó mais próximo da posição do utilizador. Em vez disso, esta devia ser iniciada no nó assinalado a azul.

Nó mais próximo do Arco mais próximo

Esta técnica consiste no uso das duas técnicas anteriormente abordadas. Em primeiro lugar, o gerador de rota encontra o arco mais próximo ao ponto pretendido. Depois, escolhe o nó dessa aresta que se encontra mais próximo. Desta forma, O problema apresentado pela Figura 4.4 é corrigido. Esta foi a técnica implementada para gerar as rotas.

4.1.1.2 Discriminação de arcos

A configuração da rede viária pode resultar em alguns problemas na rota gerada. Ao observarmos a Figura 4.5 percebemos que em pouco tempo e num espaço muito reduzido, o utilizador recebe várias instruções, que podem mesmo ser contraditórias e gerar confusão e pondo em risco a sua segurança. Por este motivo foi necessário descartar algumas arestas da rota resultante.

Na Figura 4.5 é possível ver a rota gerada a azul e os TurnPoints sobre os quais o utilizador recebe indicações encontram-se assinalados a vermelho. Dentro do círculo verde pode observar-se que o utilizador recebe a instrução para virar à direita (p1) e poucos metros à frente é instruído realizar uma inversão do sentido (p2) e logo de seguida é-lhe indicado que vire à direita (p3).



Figura 4.5 - Exemplo do funcionamento da discriminação de arestas

No lado direito é possível ver os benefícios resultantes da eliminação de arestas. O utilizador passa a ter apenas 2, indicando que deve seguir em frente, exatamente como pretendido inicialmente. O critério utilizado para essa eliminação é o comprimento da aresta. Uma aresta de comprimento inferior a 15m é eliminada da rota.

Contudo, esta solução pode ter um efeito negativo na rota gerada. A Figura 4.6 representa esse problema. No caso de uma pequena rotunda, esta solução tem um bom comportamento. Neste caso, sem fazer discriminação de arestas, o utilizador é instruído a virar à esquerda ao entrar na rotunda, podendo isto resultar no utilizador a optar pela saída errada. Ao fazer discriminação de arestas, o utilizador, ao entrar na rotunda, é instruído a seguir em frente, tal como é suposto. Por outro lado, esta é uma instrução mais natural que uma instrução do tipo “saia na 2ª saída”.



Figura 4.6 - Exemplo da discriminação de arestas numa rotunda pequena

Por outro lado, numa situação como a descrita na figura, esta solução tem um forte impacto negativo.

IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS



Figura 4.7 - Exemplo do problema resultante da discriminação de arestas

As arestas representadas no lado esquerdo da Figura são discriminadas por terem um comprimento inferior a 15m. Neste caso, o utilizador é instruído a seguir na direção da parede do edifício. Situações como esta não serem frequentes e não ocorreram nas diversas rotas geradas durante o teste da solução de discriminação de rotas. Contudo, a possibilidade existe. Este problema é combatido pelo Comportamento Bússola do gestor de rota da aplicação móvel. Em 4.2.2 Comportamento Bússola, é possível ver o funcionamento do Comportamento Bússola em situações destas.

4.1.1.3 Ficheiro KML

De seguida é apresentada e explicada a estrutura do ficheiro KML que é gerado no servidor e enviado para a aplicação móvel.

Como é possível ver nos exemplos de código apresentados a seguir, o ficheiro KML contém placemarks. Estes placemarks são, como o nome indica, usados para marcar locais num mapa. Na implementação realizada, uma rota consiste em 2 tipos de placemarks: TurnPoints e LineStrings.

Um placemark que assinala uma LineString possui o nome da rua representada, quando disponível. Possui ainda, através do campo “ExtendedData” a velocidade média nessa rua, quando esta se encontra na base de dados. Possui ainda as coordenadas geográficas por onde essa LineString passa.

Inicialmente, Esta informação destinava-se a ser utilizada para aumentar a informação sobre a rota disponível para o utilizador. No entanto, apresentar o nome da rua ao utilizador introduz uma nova camada de distração, optando-se por não a utilizar. No entanto essa informação está disponível.

Foi também estudada a possibilidade de fazer uma avaliação do tipo de pavimento da via, isto é, estrada, terra batida, etc. para fornecer mais informação ao utilizador sobre o caminho a seguir. Essa avaliação seria feita com base na velocidade média na mesma. Embora esta técnica não possa determinar com certeza o tipo de via, pode ajudar o utilizador a determinar as condições do caminho a seguir. No entanto, a informação disponível na rede viária não permite que esta avaliação seja feita. Isto acontece devido à natureza do OpenStreetMap. A informação existente na base de dados não permite saber que tipo (s) de veículo (s) mapeou a rua, ou seja, a velocidade média apresentada pode incluir velocidades de diferentes tipos de veículos a motor ou outros como bicicletas, não sendo possível utilizar essa informação para classificar a via.

```

<Placemark>
  <name />
  <ExtendedData>
    <Data name="speed">
      <value>16</value>
    </Data>
  </ExtendedData>
  <LineString>
    <coordinates>-8.608161600000001,41.125920700000002,0
-8.6081328,41.125657599999997,0</coordinates>
  </LineString>
  <Style>
    <LineStyle>
      <color>FFFF0000</color>
      <width>4</width>
    </LineStyle>
  </Style>
</Placemark>

```

Um TurnPoint possui uma descrição, que assinala o tipo de placemark que representa, permitindo distingui-lo de uma LineString. O campo “ExtendedData” contém no campo “angle” a direção a seguir. O campo “direction” é representação textual da direção a seguir. Os campos turn, mostram o angulo formado entre a presente via e as vias seguintes. Este campo pode aparecer diversas vezes, dependendo da configuração da via.

```

<Placemark>
  <description>TurnPoint</description>
  <ExtendedData>
    <Data name="angle">
      <value>10.954932472491807</value>
    </Data>
    <Data name="direction">
      <value>Em Frente</value>
    </Data>
    <Data name="turn">
      <value>-68.387159485219</value>
    </Data>
    <Data name="turn">
      <value>108.577462935187</value>
    </Data>
  </ExtendedData>
  <Point>
    <coordinates>-8.6077829,41.1344177,0</coordinates>
  </Point>
</Placemark>

```

4.2 Gestor de rota

O gestor de rota representa o núcleo principal da aplicação móvel. As suas funções são receber e analisar o ficheiro KML, e convertê-lo em estruturas de dados que possam ser utilizadas.

4.2.1 Estruturas de Dados

Em seguida apresentam-se as estruturas de dados que compõem o gestor de rota.

A class UPBike é responsável por manter o estado da aplicação, isto é, os dados que são transversais a toda a aplicação e que por esse motivo precisam de estar acessíveis por parte de outras classes.

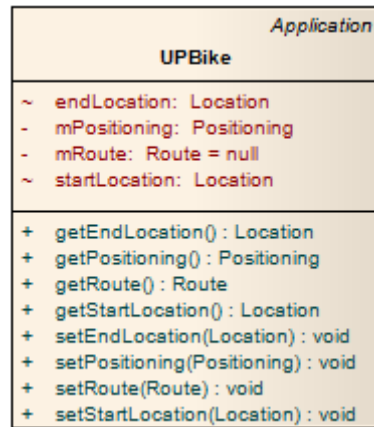


Figura 4.8 - Classe UPBike

A classe UPBike mantém as localizações de Início e fim da rota, a própria rota (classe Route) e os dados de posicionamento (classe Positioning).

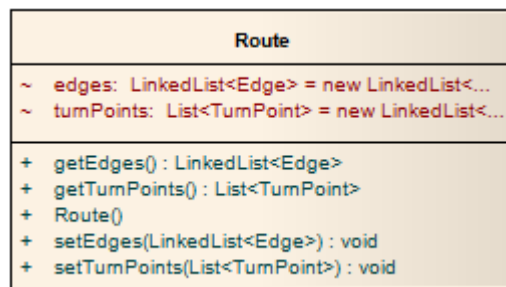


Figura 4.9 - Classe Route

Uma Rota é constituída por Edges e Turnpoints, cujas descrições foram já feitas no capítulo anterior.

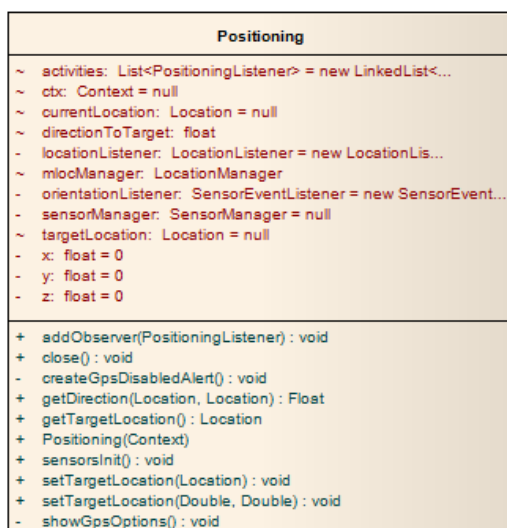


Figura 4.10 - Classe Positioning

A classe Positioning tem como funcionalidade obter o posicionamento e a orientação do dispositivo móvel para que possam ser geradas e atualizadas as instruções a fornecer ao utilizador. Esta estrutura mantém um conjunto de objetos observadores, incluindo a atividade responsável por apresentar as instruções da rota. Sempre que existe uma alteração no posicionamento ou orientação do utilizador, os objetos observadores são notificados, alterando o seu comportamento em função das alterações registadas no posicionamento ou orientação.

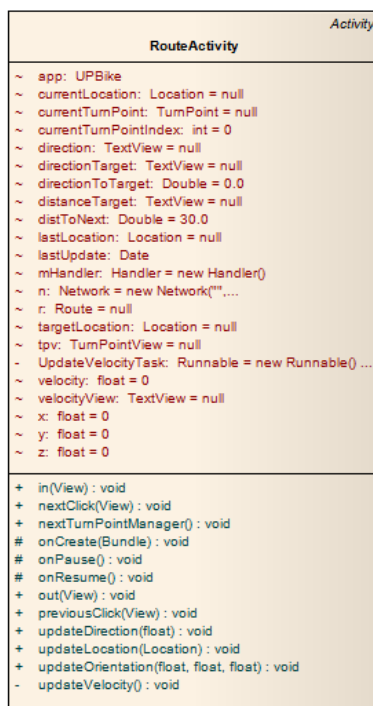


Figura 4.11 - Classe Route Activity

A classe RouteActivity, fornece ao utilizador as instruções da Rota através de uma interface gráfica. A representação gráfica é feita através do uso de classe TurnPointView, responsável por gerar a representação gráfica dos TurnPoints e ainda assumindo o comportamento de bússola.

IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

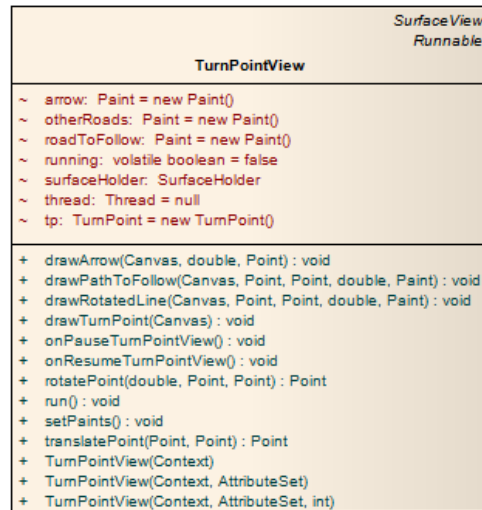


Figura 4.12 - Classe TurnpointView

4.2.2 Comportamento Bússola

Quando um TurnPoint se encontra a uma grande distância do próximo TurnPoint, o gestor de rota não fornece indicações sobre qual a direção a seguir nesse TurnPoint. Em vez disso, este assume um comportamento semelhante ao de uma bússola, indicando a direção a seguir até ao próximo TurnPoint. Este comportamento revelou-se eficiente na fase de testes isto porque esta característica permite ultrapassar alguns problemas resultantes da discriminação de arestas na geração e rotas.

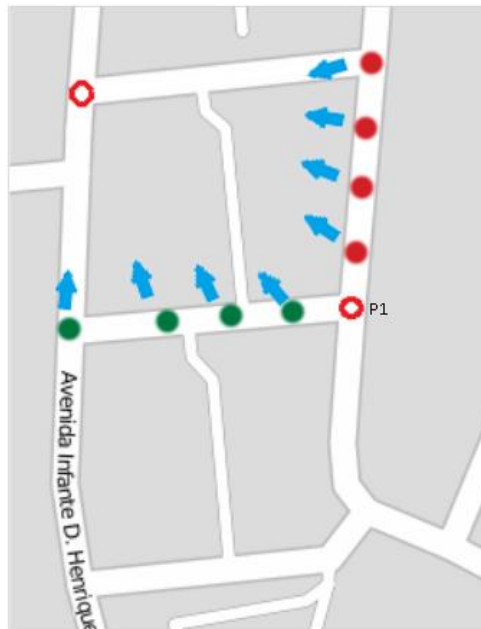


Figura 4.13 - Descrição do Comportamento Bússola

Ao aproximar-se de p1, é apresentada a configuração da curva do cruzamento, mas não é dada a indicação sobre qual a direção a seguir a partir do cruzamento. Quando o utilizador chega ao cruzamento, o TurnPoint atual é atualizado para o TurnPoint seguinte e o gestor de rota passa a apontar a direção a seguir. Em p1, o utilizador recebe a informação que o próximo TurnPoint se encontra à sua esquerda, podendo mudar de direção nessa altura.

Este modo bússola funciona também no caso de o utilizador se ter enganado na via a seguir, indicando de imediato a direção do percurso correto.

4.3 Interface Háptica

Este capítulo mostra a configuração do módulo de interface háptica e a avaliação do comportamento do utilizador.

4.3.1 Hardware

O módulo de interface háptico é constituído por:

- Placa Arduino Mini Pro 3.3v.
- Bateria de 9V
- Módulo de Comunicação Bluetooth
- 2x LilyPad Vibe Board

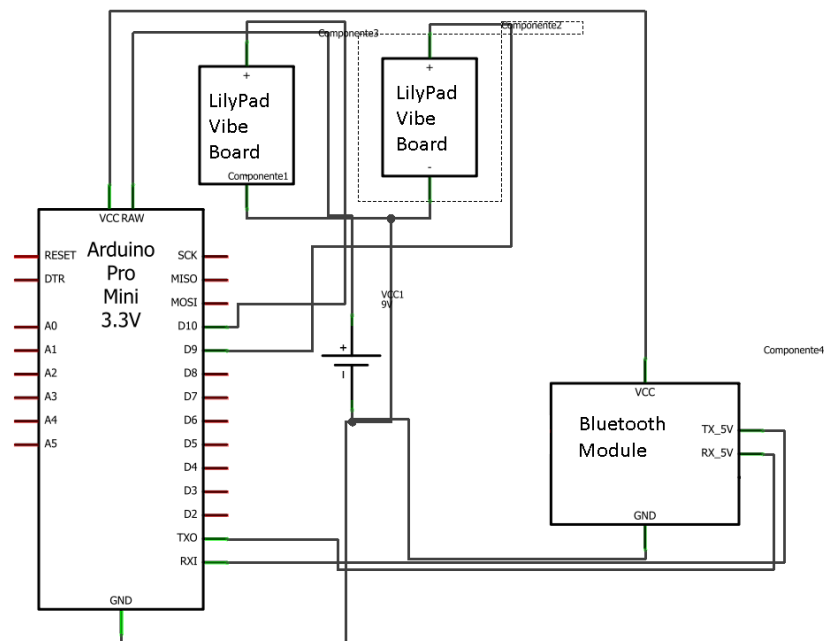


Figura 4.14 - Esquema do módulo de interface táctil

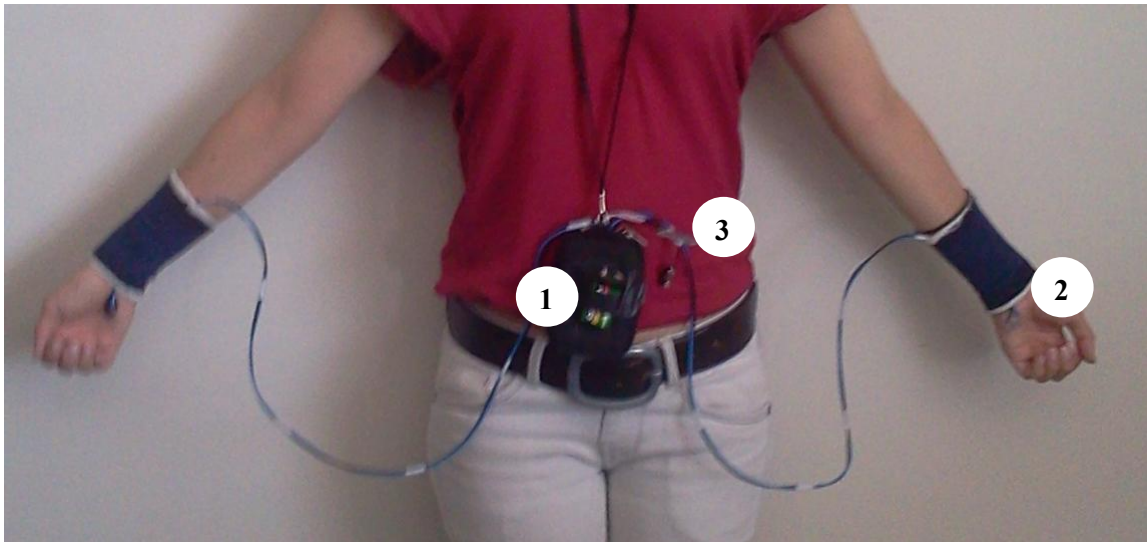


Figura 4.15 - Protótipo do dispositivo háptico

A Figura 4.15 mostra uma foto do protótipo desenvolvido. O nº 1 assinala a placa microcontroladora., responsável pela gestão das instruções. Em 2 encontram-se os dispositivos vibratórios, presos por uma pulseira ao pulso do utilizador. Em 3 encontra-se assinalado o módulo bluetooth responsável pela comunicação com o dispositivo android.

4.3.2 Análise de resultados

A necessidade do uso de sinal GPS colocou algumas limitações para serem feitos os testes de usabilidade, estes não puderem ser realizados utilizando uma bicicleta. Em vez disso, foram feitos alguns testes em laboratório, simulando os sinais hápticos correspondentes a algumas curvas.

Aos sujeitos de teste foi então pedido que descrevessem a sua interpretação dos sinais e avaliando o grau de proximidade com a realidade representada pelo sinal.

Por outro lado, devido à implementação tardia, não foi possível a realização de testes muito aprofundados, limitando-se a amostra a 6 utilizadores.

4.3.2.1 Interpretação de Metáforas

De uma forma geral, as metáforas adotadas para a descrição tátil da indicação dada pelo gestor de rota foram bem reconhecidas. Analisando as diferentes componentes das metáforas usadas, chegou-se às seguintes conclusões:

- Direção – Como era de esperar não houve qualquer dificuldade em identificar a direção indicada. A utilização de 2 dispositivos, um em cada braço, garante que o utilizador sabe qual a direção a seguir.
- Angulo da curva – Embora seja simples contar o número de vibrações, observou-se que os utilizadores não associam imediatamente o número de vibrações ao ângulo da curva. É por isso necessário que o utilizador assimile bem o significado de 1, 2 ou 3 vibrações para perceber em tempo útil qual a indicação que está a ser dada. No entanto, este problema não causou enganos no seguimento da rota. A direção – Direita ou Esquerda – revela-se um fator mais importante que o angulo que a curva descreve.
- Intensidade de vibração – A percepção da vibração dos motores na sua intensidade máxima, é bem reconhecida pelos utilizadores. No entanto, a vibração feita a 1/3 da

intensidade é quase impercetível. A solução encontrada para resolver este problema foi aumentar a vibração mínima e média utilizadas. Como resultado, a intensidade mínima é reconhecida pelo utilizador, no entanto, o intervalo entre as intensidades diminuiu, fazendo com que a diferença entre intensidade mínima e média seja perceptível facilmente pelo utilizador.

- Tempo de Vibração – Utilizar o tempo de vibração como indicador de proximidade foi bem interpretado pelos utilizadores. Sem qualquer tipo de informação prévia sobre o significado de vibrações curtas e pouco espaçadas, os utilizadores conseguiram identificar que se tratava de uma mensagem de “urgência”. Indicações do tipo “mantenha-se nesta via” embora sirvam para garantir ao utilizador que o sistema se encontra ativo, foi sugerido que o intervalo entre as mesmas seja mais espaçado, pois foi considerado perturbador.

Da descrição feita é possível concluir que a direção e o tempo das vibrações são os aspetos de maior importância e de mais fácil percepção. Apesar da diferença de intensidade não ser perceptível ao utilizador, isto não constitui um problema se for sempre utilizada a intensidade máxima independentemente da velocidade a que o utilizador circula, o utilizador não tem problemas em se aperceber da indicação e não afeta negativamente a qualidade da mesma. Outro aspeto que pode ser melhorado é aumentar o intervalo de tempo entre vibrações do tipo “mantenha-se na presente via” de acordo com o comprimento da mesma.

4.3.2.2 Sensibilidade

Para os resultados descritos anteriormente, os atuadores foram colocados na parte interior dos pulsos do utilizador. A sensibilidade é suficiente para reconhecer as vibrações geradas. No entanto, em terrenos mais acidentados esta pode não ser suficiente. Através da colocação dos atuadores em outras partes do corpo, foram identificadas zonas com maior sensibilidade a estímulos vibratórios como a zona superior das costas, palmas da mão ou na parte lateral da cabeça, onde o estímulo háptico é percebido juntamente com o som gerado pelo motor ao vibrar. Desta forma, a colocação dos atuadores em luvas ou camisolas poderia ajudar a resolver a aumentar a sensibilidade. A utilização de luvas é prática comum em ciclismo, podendo estas servirem para abrigar os atuadores, sendo desta forma desnecessário introduzir uma nova peça de equipamento.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalho Futuro

Ao longo desta dissertação foram encontrados diversos problemas, cujas soluções desenvolvidas se encontram descritas neste documento. O estudo do estado da arte permitiu perceber que embora o uso de interfaces hápticas seja consideradas uma boa opção para interação com o utilizador de forma não intrusiva, estas ainda não se encontram largamente disponíveis em produtos comerciais. A maioria dos sistemas de navegação disponíveis para utilização por ciclistas é baseado em sistemas de navegação automóvel, não tendo sido feito um esforço para tentar adaptar os mesmos às condições especiais que o ciclismo requer. Existe por isso possibilidade de explorar esta área e foi esse o principal objetivo desta dissertação.

No final deste estudo é possível concluir que o uso de uma interface háptica pode ser usada para fornecer instruções de forma menos intrusiva que os sistemas de navegação atualmente existentes. Desta forma considera-se que este estudo pode contribuir de forma positiva para implementação de sistemas que requeiram uma alternativa ao uso de uma interface não visual.

Estes resultados são preliminares, devido à quantidade de testes realizados, e por não ter sido possível a realização de testes no terreno, onde existem diversas condicionantes, como estado do piso ou a vibração da própria bicicleta.

Apesar da informação disponível no OpenStreetMap se encontrar bastante completa, por vezes, a informação disponibilizada carece de alguns dados, como condições de terreno ou a altitude das vias. A natureza dos dados disponibilizados constitui por isso um entrave à implementação de algumas funcionalidades.

A massificação do uso de smartphones permite que um sistema deste género possa chegar a um grande número de pessoas, pois não é necessária a aquisição de um novo equipamento.

Também a plataforma Arduino, pela sua natureza simples e pouco dispendiosa, permite a entusiastas da eletrónica ou simples curiosos, experimentarem e desenvolverem diversos projetos, nesta e noutras áreas, de forma fácil.

No final desta dissertação, foram atingidos os principais objetivos propostos, obtendo resultados satisfatórios, apesar da fase de testes não ter sido muito exaustiva, havendo sempre espaço para melhorias.

Grandes partes dos problemas encontrados prendem-se com o sistema de roteamento. Embora, seja possível conseguir gerar rotas de uma forma satisfatória e estas tenham em diversos aspetos em consideração na classificação da mesma, esta poderia ser feita tendo em conta outros fatores como os tipos de rua, estado do terreno ou tipo de bicicleta. O perfil do utilizador poderia também ser usado na geração de rotas.

Por outro lado, as fontes de informação poderiam ser expandidas, ou seja, não se limitar apenas ao uso do OpenStreetMap para obter os dados das vias que não estão presentes, como a altitude da mesma. Nesta dissertação, o uso de interação áudio foi evitada, devido às implicações negativas descritas no capítulo de revisão do estado da arte, no entanto, esta componente poderia ser adicionada fazendo uso de auscultadores por “bone conduction”. Estes são colocados junto aos ouvidos do utilizador, mas não obstruem os ouvidos. Em vez disso, o som é conduzido até o ouvido interno através do osso. Isto permite ao utilizador manter a capacidade de audição do meio que o rodeia.

A implementação do gerador de rotas como um web-service poderia ter a vantagem de abrir o desenvolvimento de aplicações que usem as suas funcionalidades. Por outro lado, seria interessante desenvolver o gerador de rotas para funcionar no próprio dispositivo móvel, dispensando uma ligação ao servidor de cada vez que se pretenda obter uma nova rota.

Referências

- Bial, Dominik, Dagmar Kern, Florian Alt, and Albrecht Schmidt. 2011. Enhancing outdoor navigation systems through vibrotactile feedback. In *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '11*, 1273. New York, New York, USA: ACM Press, May 7. doi:10.1145/1979742.1979760.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1979742.1979760>.
- Bosman, S., B. Groenendaal, J. Findlater, T. Visser, M. de Graaf, P. Markopoulos, and Luca Chittaro. 2003. *Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*. Ed. Luca Chittaro. Vol. 2795. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/b12029.
<http://www.springerlink.com/content/p82pqm1b50cvy759/>.
- Challis, Ben. 2000. Design principles for non-visual interaction. In *CHI '00 extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI '00*, 73. New York, New York, USA: ACM Press, April 1. doi:10.1145/633292.633337.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=633292.633337>.
- Costa, Marco. 2011. “Sistema de apoio à mobilidade de utilizadores da bicicleta.”
- Heuten, Wilko, Niels Henze, Susanne Boll, and Martin Pielot. 2008. Tactile wayfinder. In *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction building bridges - NordiCHI '08*, 172. New York, New York, USA: ACM Press, October 20. doi:10.1145/1463160.1463179.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1463160.1463179>.
- Holland, Simon, David R Morse, Henrik Gedenryd, Walton Hall, and Milton Keynes. 2002. “AudioGPS : Spatial Audio Navigation with a Minimal Attention Interface.” *Personal and Ubiquitous Computing*: 253-259.
- Pielot, Martin, Niels Henze, and Susanne Boll. 2009. Supporting map-based wayfinding with tactile cues. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '09*, 1. New York, New York, USA: ACM Press, September 15. doi:10.1145/1613858.1613888.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1613858.1613888>.

- Pielot, Martin, Benjamin Poppinga, and Susanne Boll. 2010. *PocketNavigator*. *Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services - MobileHCI '10*. New York, New York, USA: ACM Press, September 7. doi:10.1145/1851600.1851696. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1851600.1851696>.
- Pielot, Martin, Benjamin Poppinga, Wilko Heuten, and Susanne Boll. 2011. "A Tactile Compass for Eyes-Free Pedestrian Navigation." *Ifip International Federation For Information Processing*: 640-656.
- Poppinga, Benjamin, Martin Pielot, and Susanne Boll. 2009. Tacticycle. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '09*, 1. New York, New York, USA: ACM Press, September 15. doi:10.1145/1613858.1613911. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1613858.1613911>.
- Rowland, Duncan, Martin Flintham, Leif Oppermann, Joe Marshall, Alan Chamberlain, Boriana Koleva, Steve Benford, and Citlali Perez. 2009. Ubikequitous computing. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '09*, 1. New York, New York, USA: ACM Press, September 15. doi:10.1145/1613858.1613886. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1613858.1613886>.
- Tsukada, Koji, and Michiaki Yasumura. 2004. ActiveBelt: Belt-Type Wearable Tactile Display for Directional Navigation. In *UbiComp2004*, 3205:384-399. Springer. <http://www.springerlink.com/content/m62n21ptynyre66n>.