

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



FEUP

Jogo S3rio para Ambiente cooperativo baseado em sistemas de localiza33o

Andr3 da Silva Pinto

Mestrado Integrado em Engenharia Inform3tica e Computa33o

Orientador: Ant3nio Fernando Vasconcelos Cunha Castro Coelho (Doutor)

12 de Fevereiro de 2011

Jogo S3rio para Ambiente cooperativo baseado em sistemas de localiza33o

Andr3 da Silva Pinto

Mestrado Integrado em Engenharia Inform3tica e Computa33o

Resumo

Um jogo sério diferencia-se dos demais pela sua orientação pedagógica e por os seus objectivos irem para além do entretenimento puro. Com a massificação dos smartphones e das tecnologias de posicionamento e orientação que com eles prosperam, abre-se um espaço interessante para os serviços baseados na localização. Os jogos sérios constituem um dos sectores que pode beneficiar com esta evolução.

É seguindo essa mesma linha orientadora, que a presente dissertação visa construir um jogo sério, baseado em localização, que ajude à adaptação das pessoas às instalações da FEUP. Para além do produto em si, pretende-se construir uma plataforma genérica e expansível de forma a poder ser aplicada em contextos e finalidades diferentes.

No entanto, a aposta nestas áreas não pode ser feita sem que primeiro sejam solucionados os problemas de localização associados. É por isso objectivo desta tese, analisar e, subsequentemente, implementar soluções, tanto para a localização em espaços abertos, como em espaços fechados. Contudo, é principalmente neste último caso que existem as maiores dificuldades e onde, portanto, serão investidos maiores esforços. Métodos como a navegação inercial, a análise de imagem e o mapeamento de redes WLAN, são apenas alguns dos exemplos do vasto leque de opções existentes. Poderá encontrar descrições e análises de vários desses métodos ao longo do presente documento.

Problemas paralelos como a comunicação de posicionamentos e outros dados do jogo entre jogadores e servidor são também abordados.

Abstract

A serious game differs from the other games because of its pedagogical orientation along with its quest for more than only pure entertainment. With the popularization of smartphones and their embedded location and orientation technologies, new opportunities for location based services were created. Serious games are one of the sector that can benefit from this evolution.

These are the main reasons for the creation of a location-based serious game, which aids people to adapt to FEUP's facilities. Beyond the product, the construction of a generic and extendable platform for use in different context and purposes is expected.

However, the expectations for these areas can not be fulfilled till a solution for the associated location problems is found. Hence, it is an objective of this thesis to analyze and, consequently, implement the solutions for both indoor and outdoor location. Although, it is the later case which creates more difficulties, so, that is where bigger efforts will be made. Methods like inertial navigation, image analysis and WLAN fingerprinting, are just some examples of the long list of existent options. You can find descriptions and analyses of these methods throughout the present document.

Parallel problems like the communication of the position and other game data between players and server are also addressed.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Descrição do Problema	2
1.3	Objectivos	3
1.4	Resultados Esperados	4
1.5	Trabalho Relacionado	4
1.6	Metodologia	5
1.7	Estrutura do Documento	5
2	Revisão Bibliográfica	7
2.1	Jogos de Computador	7
2.1.1	Jogos Sérios	8
2.1.2	Jogos baseados em localização	10
2.2	Localização	13
2.2.1	Indoor	13
2.2.1.1	Pedestrian Dead Reckoning	13
2.2.1.2	Radio frequência	19
2.2.1.3	Análise de imagem	22
2.2.1.4	Outros	26
2.2.1.5	Conclusões	26
2.2.2	Outdoor	28
2.2.2.1	GNSS	28
2.2.2.2	Outros	32
2.2.2.3	Conclusões	33
2.3	Comunicação	34
2.3.1	Tecnologias	35
2.3.1.1	WWAN	35
2.3.1.2	WLAN	36
2.3.2	Problemas e Soluções	37
3	Plano de Trabalho	39
3.1	Processo de Desenvolvimento	39
3.2	Tarefas	39
3.2.1	Estudo e Implementação	39
3.2.2	Desenvolvimento do Protótipo	40
3.2.3	Testes e Avaliação dos Resultados	40
3.2.4	Escrita do Relatório	40

CONTEÚDO

3.3	Planeamento	40
3.4	Perspectivas de Solução	41
4	Conclusões	43
	Referências	45

Lista de Figuras

2.1	Método de detecção de passos [SKS01]	16
2.2	Função densidade de probabilidade condicional durante um deslocamento rectilíneo [FHG02]	18
2.3	Função densidade de probabilidade condicional durante um deslocamento rectilíneo [FHG02]	19
2.4	Condições NLOS com atenuações e reflexões de sinal [WLS ⁺ 07]	22
2.5	Influência da existência de obstáculos no cálculo da posição através da estimativa dos emissores mais próximos [NLLP04]	23
2.6	Constelação de satélites GPS [ZS06]	29
2.7	Um exemplo dum DGNSS [BHWW07]	31
2.8	Um exemplo dum A-GNSS [BHWW07]	32
2.9	Uma visão de alto nível da arquitectura duma possível solução para o problema	34
2.10	Evolução das taxas de transferência de dados e da suporte à mobilidade (imagem retirada de [Ste07] e posteriormente modificada)	37
2.11	Imagem ilustrativa duma situação de dead reckoning [PW02]	38
3.1	Diagrama de Gantt para o planeamento da Dissertação	40

LISTA DE FIGURAS

Lista de Tabelas

- 2.1 Comparação sumária dos métodos abordados durante a secção [2.2.1](#) [[LDBL07](#)] [[JTSC10](#)] [[HK1](#)]

LISTA DE TABELAS

Abreviaturas e Símbolos

2G	Second Generation
3G	Third Generation
4G	Fourth Generation
A-GNSS	Assisted Global Navigation Satellite System
AoA	Angle of Arrival
CDMA2000	Code division multiple access 2000
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
DoD	Department of Defense (United States)
ESA	European Space Agency
FPS	First Person Shooter
GLONASS	GLOBal NAVigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
ICAO	International Civil Aviation Organization
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMAGE	Industrial MAnagement Game
INS	Inertial Navigation Systems
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HSPA+	Evolved High-Speed Packet Access
HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access
LAN	Local Area Network
LBS	Location Based Services
LTE	Long-Term Evolution
MHE	Moving Horizon Estimation
NLOS	Non-Line-Of-Sight
PDF	Probability Density Function
PDR	Pedestrian Dead Reckoning
PESC	Projectar, Empreender e Saber Concretizar
PPS	Precision Positioning Service
RFID	Radio-Frequency IDentification
RPG	Role-Playing Game
RSS	Received Signal Strength
SIFT	Scale-Invariant Feature Transform
SPS	Standard Positioning Service
ToF	Time of Flight
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UWB	Ultra-WideBand
WAN	Wide Area Network
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WWAN	Wireless Wide Area Network

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

Um jogo é um desafio. Mais do que as regras ou as suas características técnicas, os jogos são desafios colocados a quem os procura. Um jogo sério diferencia-se dos demais jogos pelo facto dos seus desafios irem para além do entretenimento per se. Não deixando de lado a componente lúdica, estes jogos tendem a orientar o jogador para a realização ou aprendizagem de tarefas e conceitos que não estão presentes na maioria dos restantes. Uma das razões principais para o sucesso destes métodos didácticos prende-se com o aproveitamento para fins educacionais dessa componente desafiadora inerente a qualquer tipo de jogo.

"Think of what it takes to learn a game compared to what has to be done in school. To play a game well requires the same kinds of learning, study, understanding, and practice as are required of any educational activity." [Nor93]

Estendendo ainda mais esta comparação com o ambiente escolar, podemos encontrar outras mais valias. A utilização de uma abordagem centrada no utilizador (aluno/aprendiz), contraria a monopolização por parte do professor do conteúdo, forma e ritmo de aprendizagem de todos os seus alunos, proporcionando desta forma níveis superiores de liberdade pedagógica na educação.

A presente dissertação procura explorar o conceito dos jogos sérios dentro da plataforma emergente da computação móvel. Com a crescente evolução nas capacidades tecnológicas apresentadas pelos smartphones e a vulgarização do acesso sem fios à Internet, foram criadas as condições necessárias para a abertura de novas oportunidades nesta área de negócio. Aplicações como a referida neste documento, pretendem tirar proveito destas inovações de forma a proporcionarem ao utilizador um elevado nível de interactividade.

É em concordância com esta perspectiva que a presente dissertação procura apostar na criação duma forte interligação entre o espaço físico e o virtual, tirando partido de algumas das técnicas mais recentes nas áreas de localização geográfica (indoor e outdoor) e realidade aumentada, de forma a proporcionar ao utilizador uma experiência mais agradável, intuitiva e relevante (location awareness).

O projecto é desenvolvido em paralelo com um projecto do Programa Doutoral em Média Digitais do programa UTAustinlPortugal intitulado "Augmented Journey - A Virtual Venture into the Real World". O objectivo principal desse projecto passa pela utilização da realidade virtual e aumentada de forma a criar um ambiente colaborativo que proporcione tele-presença e tele-trabalho entre utilizadores virtuais e reais. Os utilizadores interagem sobre uma plataforma que recria o mundo real, sendo que as posições dos utilizadores reais são transportadas para essa plataforma, onde coabitam com os avatares dos utilizadores virtuais. Inicialmente, o protótipo incidirá apenas sobre uma zona limitada (FEUP), e utilizará um dispositivo móvel para a visualização de utilizadores virtuais sobrepostos no ambiente real. Por outro lado os utilizadores virtuais, poderão utilizar uma aplicação ao estilo do popular Second Life para representarem a interacção na qual participam.

1.2 Descrição do Problema

Embora já tenham sido efectuados grandes avanços nas área da localização indoor e outdoor, o estado actual continua a apresentar sérias limitações à utilização comercial da localização nas aplicações de realidade aumentada. Diferentes métodos estão a ser estudados tendo em conta as condições particulares do ambiente indoor e outdoor, e os desafios distintos que cada um deles levanta. Se por um lado o principal problema da localização outdoor continua a ser a precisão do sistema GPS, já no ambiente indoor, dada a impossibilidade da utilização do sistema de posicionamento global, procuram-se soluções alternativas para a realização desta tarefa. Tendo já sido elaborados bastantes estudos nesta temática, começam a surgir alguns métodos interessantes como: contagem dos passos através da utilização combinada de sensores de aceleração e orientação, mapeamento e utilização da intensidade de sinal das redes wi-fi, identificação de características naturais ou marcas fiduciais através de processamento de imagem... No entanto, cada um destes métodos tem as suas limitações, sendo que a utilização híbrida destes é várias vezes utilizada de forma a aumentar a qualidade dos resultados.

Por outro lado, qualquer aplicação em rede necessita de mecanismos de sincronização. Estes tornam-se ainda mais proeminentes quando estamos a falar de aplicações que utilização informação em tempo real, como é o caso da dissertação presente com a localização geográfica do utilizador. As alterações locais efectuadas pelo utilizador não são

propagadas imediatamente para todos os nós da rede, podendo tal desfasamento causar diversos tipos de consequências indesejáveis para a fiabilidade do sistema. Este problema já foi largamente abordado anteriormente em situações semelhantes, como a determinação da posição de elementos móveis em jogos em rede. Uma técnica que tem vindo a ser usada para colmatar esta dificuldade chama-se *dead reckoning*. Em linhas gerais, um sistema de *dead reckoning* baseia-se na utilização da última informação sobre o movimento de um objecto particular para tentar prever a posição actual desse objecto quando esses dados ainda não estão disponíveis [PW02]. Como entretanto podem ter ocorrido mudanças drásticas no movimento dos objectos, este método normalmente introduz algum erro que, no caso dos videojogos, varia conforme o tipo de jogo e o consequente grau de previsibilidade dos movimentos dos objectos.

1.3 Objectivos

O objectivo principal desta dissertação passa pelo desenvolvimento de um jogo sério baseado numa arquitectura cliente-servidor que permita utilizar em tempo real a informação sobre as posições dos utilizadores para fornecer dados relativos à área do campus da FEUP em que o utilizador se encontra.

No âmbito deste objectivo principal encontram-se ainda os seguintes objectivos específicos:

- Elaborar um relatório do estado da arte ao nível da tecnologia;
- Estudar formas de redução do atraso introduzido pelas comunicações de dados sem fios;
- Investigar técnicas de localização Outdoor/Indoor e os problemas existentes em cada uma delas;
- Desenvolver uma solução de localização para o problema em questão;
- Criação dum protótipo das aplicações cliente e servidor que permita comunicar e fornecer a informação necessária ao jogo;
- Implementar um protocolo de comunicação entre cliente e servidor;
- Desenvolver uma interface de realidade aumentada para a disponibilização da informação ao utilizador;
- Testar e avaliar o protótipo.

1.4 Resultados Esperados

No âmbito específico deste projecto pretende-se que o jogo desenvolvido seja capaz de funcionar como uma ajuda no processo de familiarização dos utilizadores com as instalações da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mais especificamente, espera-se obter, no final da presente dissertação, uma plataforma cliente servidor, acessível através dum dispositivo móvel, capaz de integrar as tecnologias de localização indoor e outdoor, juntamente com a comunicação das informações sobre as instalações da faculdade. A informação deverá ser mostrada ao utilizador, recorrendo a um ambiente intuitivo de realidade aumentada.

Contudo, para além deste resultado prático, esperam-se obter importantes resultados quanto à viabilidade da utilização de algumas técnicas de localização espacial no contexto de uma aplicação móvel de realidade aumentada. Adicionalmente, pretendem-se ainda estudar outros possíveis serviços que possam tirar proveito da plataforma criada neste projecto.

1.5 Trabalho Relacionado

Dado esta ser uma dissertação com um escopo bastante alargado, ao longo da pesquisa foi possível encontrar várias dezenas de artigos com trabalho relacionado com partes do que aqui é abordado. No entanto, não foi encontrada na literatura nada que aborde o problema da mesma forma ou de forma similar, na medida em que relaciona todas as áreas. Porém, existem alguns trabalhos que, ora por servirem de referência na sua área, ou por partilharem as mesmas condicionantes técnicas da presente dissertação, podem ser aqui identificados. Na área da localização recorrendo à utilização de passos, destacam-se a patente de 1996 [Lev96] que dá uma primeira abordagem bastante completa sobre esta problemática; e o [SKS01] visto que também está orientado para os dispositivos handheld. Uma utilização útil dos mapas para melhorar os resultados da localização é abordado em [FHG02] embora esta seja feita num contexto diferente. Ainda quanto ao uso da informação dos mapas, mas também enquadrado nos métodos de localização que utilizam WLAN temos por exemplo o [WLS⁺07]. Ao nível da utilização das marcas fiduciais o artigo [OXM02] revelou-se importante, principalmente na identificação das características necessárias para que estes sejam realmente úteis. Os sistemas de localização por satélite são bem abordados, embora que de forma isolada, em [HC08]. Foram também consultadas diversas *surveys* que se mostraram bastante úteis na sintetização dos aspectos mais importantes da larga oferta de métodos nesta área, algumas delas são [LDBL07] [HK10]. Passando agora para o domínio da comunicação, [PSMT08], apesar de ser um artigo bastante abrangente, que não se fica apenas tecnologias de comunicação, este partilha uma boa parte das preocupações a ter na implementação dum sistema do mesmo tipo do da

presente tese. Por sua vez, o relatório [MSS04] apresenta uma sintetização bastante útil da literatura existente sobre a utilização dos jogos na aprendizagem. [NPM01] também aborda a temática dos jogos baseados em localização e apresenta uma boa linha orientador para o seu desenvolvimento. O projecto ARQuake [TCD⁺02] embora já relativamente antigo (2002), também aborda a realidade aumentada num jogo em que a orientação e posição são importantes.

1.6 Metodologia

A metodologia seguida para a realização deste projecto comportará diversas fases distintas. A primeira inicia-se com a pesquisa do estado da arte nas diversas áreas abordadas pela dissertação. De seguida entraremos na fase de implementação, teste e avaliação individual de algumas das soluções encontradas. Esta etapa ocorrerá simultaneamente com o desenvolvimento iterativo e incremental do protótipo através da integração progressiva das funcionalidades abordadas. Por fim, a última fase será constituída pela realização de testes finais e elaboração da documentação necessária.

1.7 Estrutura do Documento

O presente documento está dividido em quatro capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Plano de Trabalho e, finalmente, Conclusões e Perspectivas de Solução. O capítulo introdutório, que se encontra neste momento a ler, procura fornecer uma visão geral do tema. Contém uma apresentação do contexto e do problema numa forma superficial, bem como a indicação da direcção que se pretende dar à dissertação. Na Revisão Bibliográfica, será descrito o estado da arte para cada uma das áreas relacionadas com o tema dissertação. Toda a informação científica recolhida e considerada relevante é abordada nesse capítulo. De seguida, no terceiro capítulo deste documento, é apresentado o plano de trabalho para a disciplina de Dissertação. Nessa secção serão abordados os modelos de desenvolvimento e a calendarização das tarefas, assim como será apresentada uma orientação para guiar a fase de desenvolvimento que se inicia no segundo semestre. Por fim, no último capítulo, serão apresentadas as conclusões genéricas do trabalho efectuado e as principais ideias a reter.

Introdução

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Ao longo do presente capítulo será abordado o estado da arte de cada uma das áreas relacionadas com o tema da presente dissertação. A primeira secção destina-se à análise da vertente de localização onde serão abordados os métodos mais recentes tanto na área indoor como outdoor. Será contudo dado mais privilégio à vertente indoor dado ser esta a principal componente da realização do jogo sério proposto na dissertação. Na secção seguinte serão revistas as diversas tecnologias de comunicação disponíveis para os dispositivos móveis. Será descrita a organização básica da aplicação cliente servidor e apontadas possíveis soluções para os problemas típicos de uma aplicação deste tipo. O último tema é reservado aos jogos sérios, suas aplicações e potencialidades. Através de uma análise de alto nível serão identificados alguns dos exemplos de aplicações que poderiam utilizar a plataforma aqui descrita como uma forma de aumentarem os seus níveis de interactividade e imersão. Finalmente, no último capítulo do presente documento, serão apresentadas algumas conclusões genéricas de toda a investigação feita. Durante toda esta análise serão apresentadas e discutidas diversas alternativas dando privilégio aquelas que serão, à partida, mais indicadas para uma utilização final de acordo com os requisitos da tese.

2.1 Jogos de Computador

A definição de jogo de vídeo ou de computador (termos que anteriormente tinham significados diferentes mas que agora se aglutinaram com a crescente similaridade entre consolas e computadores pessoais), tem as suas raízes no próprio conceito de jogo. Dempsey et al. define um jogo como sendo:

"... a set of activities involving one or more players. It has goals, constraints,

payoffs and consequences. A game is rule-guided and artificial in some respects. Finally, a game involves some aspect of competition, even if that competition is with oneself." [Dem96]

Prensky vai mais longe e adiciona o factor diversão à própria definição [Pre04]. No geral, é tipicamente aceite a noção de jogo enquanto actividade orientada, desafiante e competitiva, que proporciona diversão. Muito antes do surgimento dos primeiros computadores já o ser humano manifestava o seu interesse por jogos, sendo que o aparecimento das novas tecnologias abriu portas a novos tipos de experiência e a níveis de imersão impensáveis até então.

Pela análise dos 6 elementos estruturais apontados por Prensky para classificar um jogo de computador envolvente [Pre04], reparamos que, a nível conceptual, não existe grande distinção para com a noção genérica de jogo. No entanto, tudo o resto é marcado por fortes diferenças. As diversas categorias de jogos mostram isso mesmo:

- simulação desportiva
- acção
- puzzles
- plataformas
- *shooters*
- RPG (Role-Playing Games)
- outros géneros de simulação
- estratégia

Actualmente já uma parte considerável dos jogos não se restringe a apenas uma categoria, sendo transversal a várias.

De acordo com o estudo [Fed06] 50% dos americanos jogam regularmente, e em média um adulto gasta à volta de 7 horas e meia por semana a jogar. A indústria dos jogos de vídeo é já a maior indústria mundial de entretenimento movimentando 10,5 mil milhões de dólares nos Estados Unidos em 2009 [Ass11], superando Hollywood e as vendas de música, apesar de ser consideravelmente mais recente do que as essas duas.

2.1.1 Jogos Sérios

Conforme foi referido no capítulo introdutório, os jogos sérios são um segmento particular e em franco crescimento no mercado dos vídeo jogos representando um mercado global de 1,8 mil milhões de dólares em 2008 [Der07]. Com diversos exemplos

de sucesso, os jogos sérios são usados diariamente por milhões de pessoas para aprender conceitos através duma actividade de entretenimento. Mas de que forma pode um jogo contribuir para o aumento do conhecimento sobre determinada área? Para respondermos a esta pergunta teremos primeiro de introduzir o conceito de "*meaningful play*", característica base indispensável para que a actividade de aprendizagem seja possível. Segundo Salen e Zimmerman em [SZ03] este conceito baseia-se na relação estreita e perceptível das acções e consequências dentro do jogo que são correctamente integradas no seu contexto alargado. Esta visão já havia sido suportada em [Squ03], onde para além da experiência útil/significativa, o autor aponta a existência de diferentes níveis de dificuldade, a existência do factor surpresa e o apelo às emoções como factores centrais para a criação dum jogo educacional de qualidade. É fácil de compreender que é no explorar das relações causa-efeito referidas anteriormente que se vai centrar a aprendizagem orientada do jogador. Caso estas estejam correctamente mapeadas e integradas num ambiente que incentiva a aprendizagem, então existe espaço para os jogos sérios cumprirem os seus objectivos.

Assim como a criação de desafios está inerente a qualquer jogo, também a competitividade e a motivação para ser proficiente existem naturalmente no ser humano. A quantidade de tempo dedicado aos jogos de vídeo por grande parte da sociedade actual é apenas uma comprovativo desta necessidade de aperfeiçoamento. A ideia por trás dos jogos sérios centra-se em aproveitar esta motivação proporcionada pelos jogos, para potenciar a proficiência dos jogadores em áreas específicas. Quanto mais correctos e fidedignos forem os modelos usados no jogo, mais real e útil será essa aprendizagem.

Se analisarmos parte dos padrões de comportamento dos utilizadores que nasceram já na era da informação, encontramos algumas tendências interessantes para a percepção da adequabilidade dos jogos sérios às necessidades de aprendizagem actuais. Segundo [Der07] e [Pre04] algumas delas são:

- Preferência pela utilização de diversos meios multimédia;
- Estabelecimento de múltiplas relações não lineares entre assuntos;
- Interacção com grandes grupos;
- Aprendizagem "na hora";
- Preferência pelos papéis activos em relação aos passivos;
- Recompensa e satisfação imediata.

Ao contrário do modelo educativo tradicional, os jogos sérios apresentam-se como uma resposta muito mais adequada a este tipo de exigências. Através dos jogos sérios os estudantes podem envolver-se numa actividade de aprendizagem activa, onde estes

vivenciam os problemas em vez de os lerem num manual. O conceito de "aprender fazendo" torna-se mais abrangente e são dados incentivos à compreensão efectiva das dinâmicas do problema, contrariando a abordagem repetitiva e baseada na memorização.

Contudo, a produtividade dos efeitos práticos dos jogos sérios é ainda vista com muita desconfiança por grande parte da sociedade, já há algum tempo que tal deixou de acontecer com grandes instituições e organizações mundiais. Na realidade, o termo *Jogos Sérios*, foi criado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) para se referir aos jogos de guerra, e a sua importância é de tal forma reconhecida por esta instituição que ela mesma é responsável pelo desenvolvimento dum dos mais populares FPS (First Person Shooter), o *America's Army* [Arm11], que utiliza como ferramenta de recruta. Mas os exemplos não se ficam por aqui, grande parte do treino dos empregados da cadeia de comida rápida McDonalds, é já feito com recurso aos jogos sérios. Estes são também utilizados por várias instituições de ensino superior para a realização de tarefas específicas. A possibilidade de controlo das variáveis do ambiente, como o tempo, a quantidade de condicionantes intervenientes nos resultados ou a possibilidade de experimentar ideias sem os riscos associados à realização real das mesmas, tornam este tipo de aplicações bastante atraente para quem procura soluções de simulação. O IMAGE, projecto PESCLidera para a realização, na FEUP, dum jogo de gestão, é um bom exemplo dessa tendência.

2.1.2 Jogos baseados em localização

A característica principal dos jogos baseados em localização assenta na interactividade do jogador com o espaço físico envolvente. Por oposição aos jogos tradicionais, em que o utilizador se encontra estático em frente ao computador, neste tipo de jogos baseados em localização o jogador é convidado a deslocar-se no mundo real, utilizando o seu movimento como meio principal de input.

Como qualquer serviço location-aware, também os jogos baseados em localização estão a suscitar o interesse de muitos investigadores e empresas. Em 2009 o promissor mercado dos serviços baseados em localização (Location Based Services - LBS) era estimado em 2,2 mil milhões de dólares [CP09], e previam-se fortes possibilidades de crescimento durante os próximos anos.

Dadas as suas características de portabilidade, localização e processamento, os smartphones constituem a plataforma natural para este tipo de jogos.

Existem 3 categorias principais de jogos baseados em localização:

- **móveis:** apenas dependem da localização para garantir que os dois dispositivos estão próximos.
- **location aware:** a posição dos jogadores é efectivamente utilizada durante o jogo.

- **spatially aware**: o jogo interage e facilita a interacção com características do ambiente (e.g. edifícios, ruas...) para além da simples localização dos jogadores.

Acrescente-se que um jogo spatially aware é também location aware e um location aware é por sua vez um jogo móvel [NPM01].

Conforme é normalmente discutido nas conferências dedicadas a estas temáticas, a criação de jogos baseados em localização introduz algumas características e preocupações adicionais [NPM01] [RMCE06]:

- a movimentação torna-se um factor essencial;
- a maioria dos jogos não pode ser "facilmente consumido", necessitando das acções constantes dos jogadores para se tornar atractivo;
- tipicamente são necessários vários jogadores para que a actividade faça sentido;
- os atrasos na obtenção da localização, tanto do próprio jogador como dos restantes, podem afectar bastante a experiência obtida;
- a comunicação entre utilizadores não deve recorrer às mensagens de texto visto a sua utilização absorve grande parte da atenção do jogador;
- dado que este tipo de jogos detém menos controlo sobre as acções do jogador, a lógica de jogo pode ser mais facilmente ludibriada;
- a mecânica de jogo poderá ter de considerar não apenas objectos virtuais mas também reais;
- dado grande parte do input ser fornecido através de acções e deslocamentos físicos, é necessário adaptar a dificuldade de jogo às capacidades físicas do jogador.

Existem diversas dinâmicas interessantes que se podem obter com a utilização da informação da posição. Alguns tipos de jogos dentro deste grupo são:

- **Corridas**: em que o jogador que chegar primeiro a determinada localização vence.
- **Perseguições**: um jogador, o fugitivo, move-se de forma a evitar ser apanhado, no entanto vai deixando pistas que podem ser usadas pelos restantes para o encontrarem.
- **Exploração/Caça ao tesouro**: procura de objectos ou locais escondidos seguindo pistas sugeridas pelo jogo (podem até ser utilizados para, por exemplo, promover locais com interesse turístico).
- **Domínio de território**: contagem do número de vezes que um jogador sinaliza a sua presença num determinado espaço, atribuindo privilégios especiais a quem tiver maior número de presenças.

Revisão Bibliográfica

- **Estratégia:** Colocação estratégica de objectos de jogo ao longo de localizações específicas de forma a controlar ou vencer os adversários.
- **RPG (mais) reais:** Utilização de componentes do espaço real para finalidades específicas do jogo, dando-lhes significados novos e enquadrando-as no papel que o jogador desempenha.

Obviamente que uma aplicação deste género levanta determinados requisitos, principalmente ao nível da localização e da comunicação, áreas que serão abordadas nos próximos capítulos.

2.2 Localização

O problema da localização divide-se na realidade em dois subproblemas com características próprias: a localização em espaço aberto (outdoor), que, graças à localização via satélite, possui há já vários anos uma solução popular e global; e a localização em espaços fechados (indoor), com condicionantes bastante diferentes do outdoor, e onde proliferam diversos métodos sem, no entanto, existir um que domine o conceito para todos os casos de utilização desejados. De seguida são abordados estes dois casos individualmente.

2.2.1 Indoor

Diversos métodos de localização indoor têm vindo a ser estudados, com resultados, custos e contextos bastante diferentes entre si. Nesta secção serão abordados alguns destes através duma descrição breve da sua metodologia e uma análise das suas potencialidades e pontos fracos. Apesar de pretender dar uma visão alargada da abrangência de cada um dos métodos, esta análise irá incidir principalmente nos factores que podem levar cada um dos diferentes métodos a poderem ser utilizados no contexto do tema da presente dissertação. A taxonomia utilizada na categorização das soluções segue, em parte, a estabelecida em [JTSC10].

2.2.1.1 Pedestrian Dead Reckoning

Baseado nos populares Inertial Navigation Systems (INS), usados inicialmente para fins militares (e.g. mísseis guiados, submarinos ou aviação), o Pedestrian Dead Reckoning (PDR) constitui uma importante solução para o problema da localização indoor.

A base principal desta categoria de métodos de localização indoor assenta na estimação contínua da velocidade (norma e direcção) do sujeito ou objecto (neste caso o utilizador do sistema) para, consequentemente, calcular a sua posição actual. A precisão obtida varia bastante de acordo com diversos factores: o trajecto, as características físicas dos passos do sujeito, a precisão dos sensores utilizados, o local onde o utilizador leva o dispositivo de medição e o tipo de modelos implementados para cada uma das tarefas abordadas de seguida. Por esta mesma razão, na literatura existente não são encontrados muitos dados absolutos para esta métrica, no entanto, está reportado um erro inferior a 5% da distância percorrida [BH06].

Contextualização - Sensores

As estimativas deste método só são possíveis graças à utilização de sensores como acelerómetros, giroscópios e bússolas. Na presente secção cada um deles será brevemente introduzido ao leitor.

Acelerómetro

Os acelerómetros medem a aceleração linear do objecto em que estão implementados relativamente ao seu referencial inercial, determinando a magnitude e a orientação dessa aceleração, sem, no entanto, terem em conta a orientação do objecto. Sistemas de 3 ou mesmo 6 eixos são actualmente vulgarmente utilizados em smartphones. Através da presença da força gravítica estes sensores acabam por fornecer informação que é normalmente suficiente para identificar a orientação dos dispositivos em relação à Terra, permitindo assim a realização de funcionalidades populares como a alternância entre o modo de ecrã horizontal e vertical.

Giroscópio

Os giroscópios, por sua vez, medem a velocidade angular, podendo esta ser posteriormente usada para calcular a orientação do objecto em qualquer momento. Estes instrumentos ocasionalmente reportam alguns erros de calibração (aleatórios ou determinísticos) e as suas medições podem ser afectadas pela temperatura. Embora ainda menos populares que os acelerómetros, já existem alguns dispositivos móveis que incluem também estes sensores (iPhone 4).

Bússola

Este célebre instrumento de navegação, é usado para determinar a direcção relativa aos pólos magnéticos terrestres. No entanto, a sua precisão pode ser afectada pela proximidade a outros campos magnéticos ou metais ferrosos. Para além disso, após uma perturbação, como a provocada por um movimento brusco, este sensor demora algum tempo ate estabilizar novamente a sua orientação. Actualmente já podemos encontrar bússolas facilmente em vários dispositivos móveis.

Metodologia

Primeiramente, este tipo de métodos necessita duma posição inicial obtida através dum método alternativo (tipicamente o GPS), para que possa posteriormente calcular a posição actual a partir da estimativa do deslocamento efectuado. Obtida esta posição, o algoritmo pode ser dividido em três tarefas principais:

- Detecção de passos
- Estimativa do comprimento do passo
- Determinação da direcção do deslocamento.

Detecção de passos

Enquanto que a orientação pode ser obtida através da utilização de dispositivos construídos especificamente para tal finalidade (como a bússola), já a norma pode ser estimada tendo como base a identificação dos passos dados pelo utilizador do dispositivo. Previamente deve ter sido calculada a distância média de deslocamento por passo através dum sistema de localização absoluto alternativo (como o GPS), para que se possa, de forma incremental, adicionar o deslocamento associado a cada passo, à posição inicial.

O problema da detecção de um passo, tem vindo a ser estudado por diversos autores, no entanto nem todos esses estudos têm os acelerómetros localizados em zonas normalmente atribuídas a smartphones. Com a crescente massificação do uso de smartphones e, conseqüentemente, acelerómetros, espera-se que diverso trabalho científico venha a ser desenvolvido nesta área. Visto que a localização do dispositivo tem um papel importante na detecção de variações de medições dos acelerómetros, está ainda por verificar a eficiência da aplicação ao contexto dos dispositivos handheld, de algumas das técnicas descritas em artigos científicos direccionados para outros tipos de dispositivos.

No entanto, existem ainda vários trabalhos que se focam no problema específico dos dispositivos handheld [SKS01]. A técnica apresentada neste artigo baseia-se na implementação do algoritmo proposto por uma patente de 1996 [Lev96]. Esse algoritmo consiste na identificação do máximo do sinal do acelerómetro dentro dum intervalo fixo de tempo (ver Figura 2.1). Restrições adicionais, como valor mínimo para que esse máximo possa ser considerado um passo, e intervalo mínimo de tempo entre passos consecutivos, pretendem filtrar possíveis falsos positivos. Estudos posteriores [LGM⁺00] reiteram a qualidade do algoritmo e sugerem algumas ideias para o melhoramento dos seus resultados, através da utilização de processos de pré-processamento do sinal, como a utilização da transformada wavelet.

Estimativa do comprimento do passo

Uma forma rudimentar de estimar o comprimento dum passo seria dividir o deslocamento ao longo de uma determinada distância medido com o GPS, pelo número de passos detectados. Isto dar-nos-ia um valor médio do deslocamento para o sujeito em questão, que poderia de seguida ser usado no processo de PDR. No entanto, sabemos que existem diversos factores que podem influenciar este parâmetro e alterar o seu valor para números consideravelmente diferentes do valor médio calculado pelo método anterior, entre os quais podemos destacar:

- inclinação do plano onde o sujeito se desloca
- ritmo de passada do utilizador
- subida ou descida de escadas

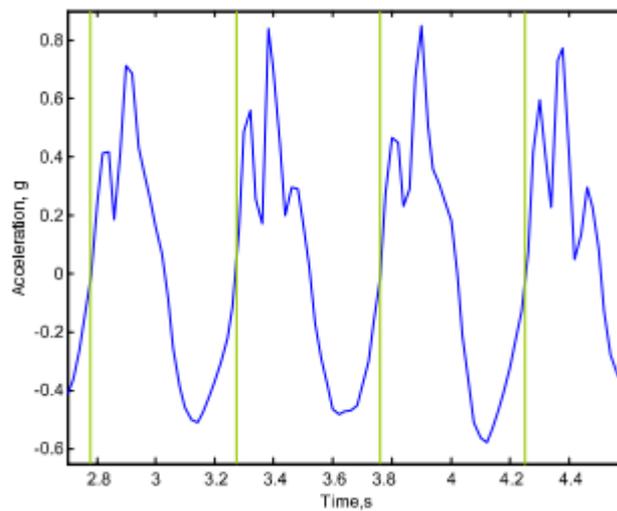


Figura 2.1: Método de detecção de passos [SKS01]

- realização de mudanças de direcção

Pelo que seria desejável a utilização duma metodologia mais facilmente adaptável aos diferentes cenários possíveis. Existem diversas propostas para dar resposta a este problema:

- Utilização duma rede neuronal para treinar a relação entre as variações dos acelerómetros e o comprimento do passo [BHW]
- Adaptação dum valor médio pré-configurado/calculado ao ritmo do caminhar do utilizador [Lev96] (maior ritmo implica normalmente maior comprimento de passo)
- Implementação do filtro de Kalman apresentado em [GM99]
- Método apresentado em [SKS01]

Determinação da direcção do deslocamento

De forma a colmatar reciprocamente os erros da Bússola e do Giroscópio referidos anteriormente, foi proposto [LM02] [KLJS96] um sistema que combina os dados obtidos pelos dois sensores através da utilização de um filtro de Kalman. Esta solução melhora consideravelmente a fiabilidade dos resultados em comparação com a utilização individual da bússola ou do giroscópio.

Variantes

Utilização de plantas dos edifícios

A utilização de plantas dos edifícios é proposta por vários autores como medida adicional de correcção ou limitação de eventuais erros criados por este tipo de INS. O conceito em si assemelha-se ao que já é actualmente feito, por exemplo, nos sistemas de navegação automóvel com a utilização dos mapas digitais das estradas [OLS06]. As plantas dos edifícios estão normalmente disponíveis em diversos casos pelo que o único pré-processamento necessário seria a sua conversão para o formato suportado pelo sistema de localização. De acordo com a pesquisa feita, não existe nenhum formato standard de representação de plantas de edifícios para esta função específica, sendo que diversas soluções são apresentadas em [WLS⁺07]. A combinação da utilização da planta de edifícios com o sistema de localização inercial pode ser feita de diversas formas:

- simples introdução de restrições como a impossibilidade do atravessamento de paredes e outras heurísticas [HHTF01]
- criação de um grafo representativo dos trajectos principais que possa traduzir eficazmente o posicionamento do sujeito [PAC10]
- utilização de algoritmos específicos para a estimativa condicionada do estado dum sistema:
 - filtros de Kalman
 - variantes de filtros de Kalman (como o Unscented Kalman Filter [LTH09])
 - filtros de partículas
 - variantes de filtros de partículas (como a introdução de restrições de Voronoi [EMN05])
 - Moving Horizon Estimation (MHE [HGMT07])

Estes últimos métodos, mais refinados, baseiam-se na representação da posição do sujeito através da utilização duma função densidade de probabilidade condicional (Conditional Probability Density Function - PDF). A cada momento esta função traduz a probabilidade do sujeito se encontrar em determinado ponto. Com a introdução da informação dada pelas plantas dos edifícios é possível restringir a abrangência dessa função. Este comportamento é ilustrado de forma superior em [FHG02], no seguinte exemplo:

- Considere-se que um carro se desloca ao longo dum trajecto linear durante algum tempo, acumulando naturalmente alguma incerteza ao longo do percurso. Esta incerteza seria causada pela possibilidade de erros na estimativa da velocidade e direcção do veículo, ou, no nosso caso, pela detecção, tamanho e orientação dos passos do sujeito. A PDF deste exemplo poderia ser então dada pela figura 2.2.

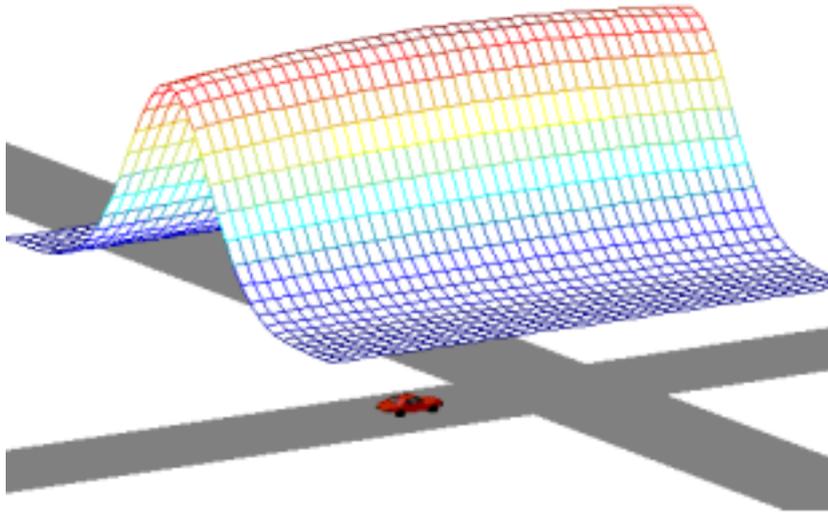


Figura 2.2: Função densidade de probabilidade condicional durante um deslocamento rectilíneo [FHG02]

- Imagine-se agora que o veículo efectua uma viragem à direita. Tendo o sistema conhecimento do traçado da rede rodoviária, ou, no nosso caso, da planta do edifício, este será capaz de rejeitar diversas possibilidades improváveis ou impossíveis. Por exemplo, todas as estimativas que apontavam para a localização do veículo numa área onde fosse impossível realizar uma viragem à direita podem ser descartadas. Concluimos então que esta informação extra serve para diminuir a incerteza da PDF, como pode ser observado na figura 2.3.

Muito do trabalho desenvolvido nesta variante é também aplicável a outros sistemas de localização indoor, como, por exemplo, o Wi-Fi, sendo que alguns dos artigos referenciados estão até direccionados para esse método e não para o PDR. No entanto, devido ao facto do PDR ser um sistema que acumula erro ao longo da sua utilização, a utilização destes métodos de correcção assume ainda uma maior importância.

Vantagens

- Não existe necessidade de alteração do espaço.
- É um método adaptável a um leque abrangente de contextos.
- As suas variantes (como a utilização da planta do edifício) aproveitam informação tipicamente já existente.
- Considerável leque de investigação existente com diversas aproximações diferentes.

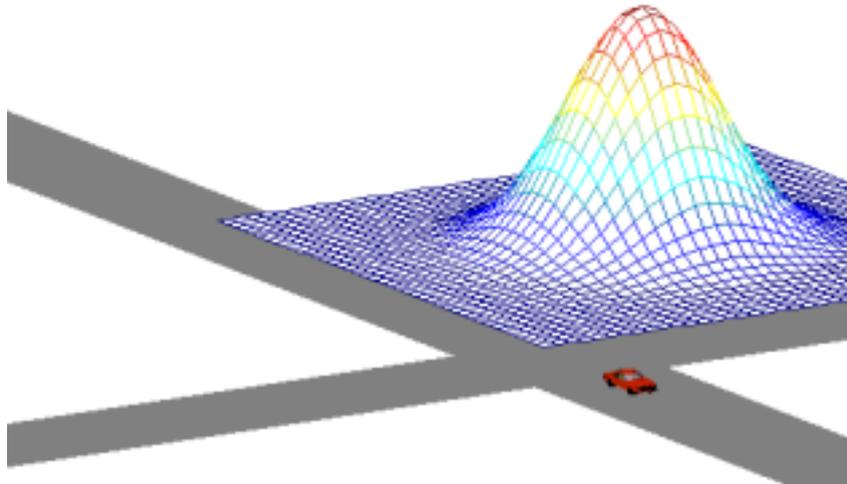


Figura 2.3: Função densidade de probabilidade condicional durante um deslocamento rectilíneo [FHG02]

Desvantagens

- Existência de erro acumulado.
- Impossibilidade de determinação de alguns passos (e.g. o uso de elevadores).
- Complexidade de alguns dos conceitos usados para gerir incertezas (e.g. filtros de Kalman).
- Diferente posicionamento dos dispositivos podem afectar algumas das abordagens.

2.2.1.2 Radio frequência

Esta família de métodos de localização indoor distingue-se das demais pela utilização de uma ou mais propriedades das ondas electromagnéticas das tecnologias referenciadas para identificar o posicionamento do sujeito. A mais comum e já largamente estudada é a WLAN (IEEE 802.11), mas novas aproximações têm sido feitas com recurso ao Bluetooth, à banda ultralarga (Ultra-wideband - UWB) ou ao RFID. Dependendo da tecnologia usada, é possível alcançar precisão na ordem dos 2, 3 metros com estes métodos [HK10] [JTSC10] [LDBL07] [WLS⁺07]. Para determinar a orientação do sujeito devem ser usados instrumentos auxiliares como a bússola ou o giroscópio. Existem duas divisões principais dentro destes sistemas: as que são baseadas em mapeamentos prévios dos espaços (fingerprints) e as que não recorrem a esse tipo de abordagem. Acrescente-se que estes sistemas podem também beneficiar da utilização das plantas do edifício como pode ser verificado em [WLS⁺07] e [EMN05].

Soluções baseadas em mapeamento prévio

Metodologia

A abordagem utilizada nestes casos passa pela divisão do processo em duas fases:

- offline
- online

Offline

Nesta primeira fase é feito um mapeamento da difusão da tecnologia usada no edifício. Nesta fase são registados, em cada um dos pontos do espaço relevantes para o problema, os valores de cada uma das métricas a usar durante a fase posterior. Os valores destas métricas são proporcionais à distância a cada um dos equipamentos de difusão de sinal (e.g. access points). As métricas mais comuns são: o ângulo de chegada (Angle of Arrival - AoA), a potência de sinal (Received Signal Strength - RSS) e o tempo que o sinal demora a chegar ao receptor (Time of Flight - ToF). Realizadas estas medições, é criado um mapa com a distribuição dos valores da(s) métrica(s) usada(s) e as correspondentes informações de posicionamento. Será este mapa (tipicamente designado na literatura por radio map), que servirá de termo de comparação para a segunda fase do processo de localização.

Online

Nesta segunda fase (online), um equipamento com capacidade para medir a(s) métrica(s) usada(s) é utilizado para determinar os valores da(s) mesma(s) no local onde se encontra. As medições são então comparadas com o fingerprint obtido durante a primeira fase com o objectivo de aproximar a posição do objecto. Este processo pode ser obtido de diferentes formas, sendo as duas mais comuns a aproximação para o valor mais próximo guardado no radio map e a combinação geométrica ponderada de vários pontos próximos num método bastante semelhante ao da triangulação. Estudos recentes têm avançado novos métodos que usam o reconhecimento de padrões para realizar esta função [LDBL07]. Também aqui, o filtro de Kalman e o de partículas podem ser usados [EMN05].

Problemas

O problema principal prende-se com a imprevisibilidade do meio (e.g. pessoas ou objectos que atenuam ou reflectem o sinal), o que pode fazer com que as medições efectuadas durante a construção do radio map apontem para posicionamentos errados em algumas situações particulares. Existem estudos que avaliam o impacto da importância de diferentes condições do ambiente na precisão das soluções apresentadas. Alguns destes estudos apontam ainda soluções adaptativas como a utilização de diferentes radio maps

para diferentes condições do ambiente (e.g. portas abertas ou portas fechadas), como podendo melhorar a precisão em cerca de 2,6 metros face ao método tradicional não adaptativo [CCC+05].

Soluções sem mapeamento prévio

Este tipo de soluções dispensa a construção do ratio map realizada na primeira fase dos métodos referidos acima, baseando-se unicamente na triangulação do sinal oriundo de emissores cuja localização é conhecida. Não havendo uma referência empírica por onde guiar a comparação, os problemas de reflexão e atenuação não se limitam apenas às circunstâncias específicas do ambiente durante a fase online. A própria estrutura imóvel do edifício (como a existência de paredes ou outros obstáculos) é responsável por criar uma situação de incerteza designada na literatura por Non-Line-of-sight (NLOS). Estas condições traduzem basicamente a possibilidade do sinal recebido pelo sujeito não provir directamente do emissor (line-of-sight), mas de uma reflexão do mesmo, ou ter já sido atenuado durante o seu trajecto ao atravessar um obstáculo. Esta incerteza dificulta obviamente o cálculo da posição do objecto.

Variantes

De forma a minorar os efeitos da NLOS, é preferida a utilização de tecnologias como a UWB que, por utilizar impulsos de curta duração diminui a quantidade de reflexões existentes [VB07].

No caso do uso da Radio-Frequency Identification (RFID) na localização indoor, grande parte dos mesmos princípios da gama de soluções apresentada na secção anterior continuam a ser aplicados, no entanto, estes métodos são limitados pela reduzida abrangência das tags passivas, sendo que a utilização das tags activas trariam custos adicionais (monetários e computacionais) [NLLP04]. Nestas soluções é necessária ainda a realização duma fase de calibração de forma a melhor garantir a fiabilidade das medições [HVBW01].

É sugerida também a utilização conjunta de diferentes destas tecnologias de forma a melhorar os resultados obtidos [EMN05].

Do ponto de vista do aproveitamento das infraestruturas existentes, podemos concluir que, tirando o caso da WLAN cuja tecnologia já está estabelecida em muitos dos edifícios, todas as outras soluções implicariam a adição duma nova rede de radio frequência.

Vantagens

- Utiliza uma infraestrutura tipicamente existente em grande parte dos edifícios (no caso da WLAN).

- Bastante trabalho científico já realizado e algumas implementações comerciais efetuadas (WLAN - Skyhook para o caso do Outdoor).

Desvantagens

- Problemas com reflexões e atenuações de sinal (NLOS - ver Figura 2.4).

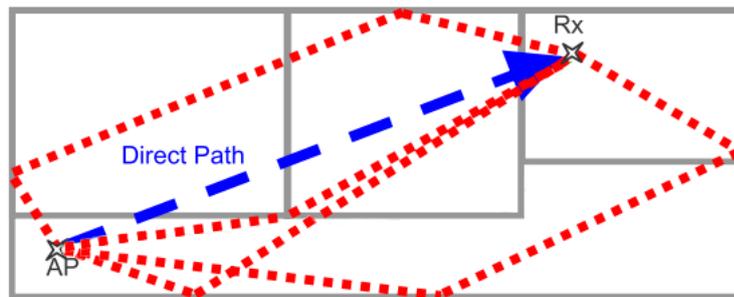


Figura 2.4: Condições NLOS com atenuações e reflexões de sinal [WLS⁺07]

- Uma disposição dos emissores que não tenha em linha de conta as condicionantes físicas do espaço pode influenciar negativamente o cálculo do posicionamento como se pode ver na figura 2.5 (isto é especialmente verdade para as soluções sem mapeamento prévio).
- Necessidade de alteração do espaço com a introdução de novas redes de radio frequência (para os casos em que a tecnologia adoptada não está ainda implementada).
- Fraca popularização da maior parte das tecnologias (excepto WLAN) para o uso em dispositivos móveis.
- Restrições existentes à propagação de ondas de rádio frequência em certos locais (e.g. hospitais).
- Possíveis conflitos entre bandas de frequência do espectro.

2.2.1.3 Análise de imagem

A utilização da análise de imagem pretende, à semelhança do que é feito pelo ser humano, identificar a sua posição através do estudo visual do espaço à sua volta, usando como referência características do ambiente (naturais ou artificiais) que nos são conhecidas. Dependendo da abordagem escolhida e das condições do ambiente (iluminação, oclusões...), este tipo de soluções pode fornecer precisões na ordem dos centímetros [HK10].

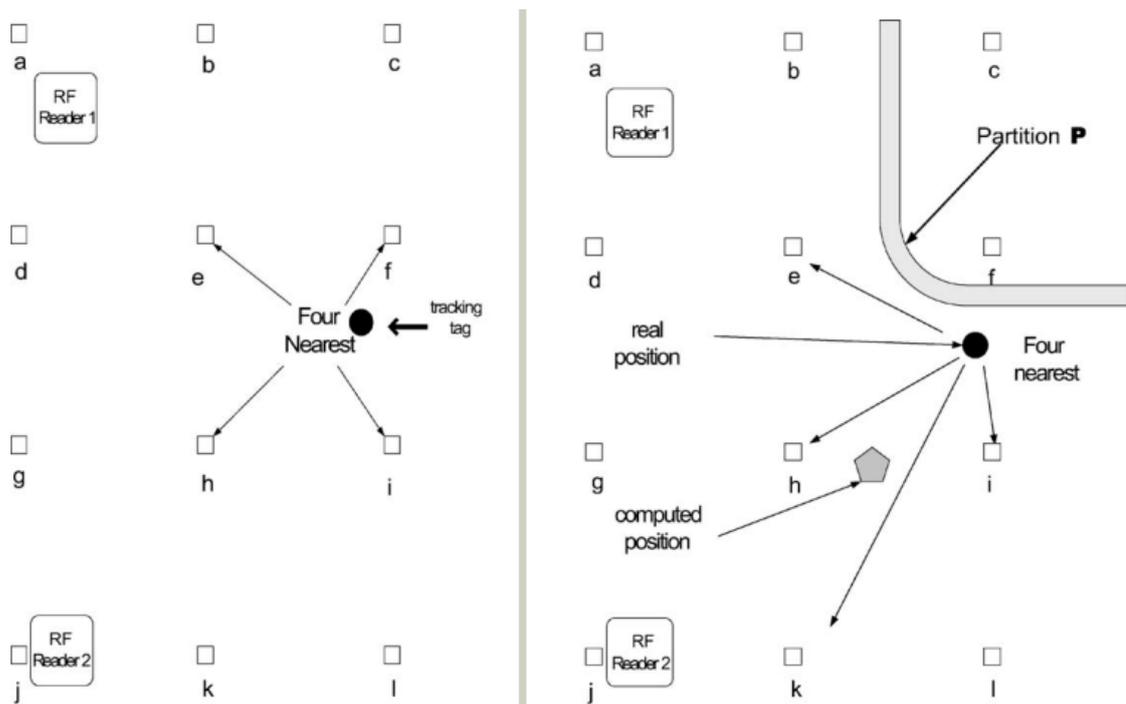


Figura 2.5: Influência da existência de obstáculos no cálculo da posição através da estimativa dos emissores mais próximos [NLLP04]

Metodologia

Os métodos que envolvem análise de imagem dividem-se em dois grupos principais: os que procuram identificar e acompanhar o movimento determinadas características naturais da imagem ao longo do deslocamento do sujeito e daí tirarem conclusões sobre o seu posicionamento; e os que utilizam a simples leitura de marcas fiduciais, introduzidas propositadamente no ambiente, que têm associadas uma localização específica.

Reconhecimento de características naturais

Neste tipo de métodos é realizada a análise das componentes naturais duma imagem (com recurso a câmaras tradicionais ou omnidireccionais). Ao contrário do que acontece, por exemplo, com a utilização das marcas fiduciais, neste caso não existe a necessidade de introduzir objectos artificiais para ajudar no posicionamento do sujeito. Dentro deste leque de soluções temos ainda dois casos distintos: aqueles em que a câmara é móvel sendo tipicamente levada pelo sujeito, e os casos em que as câmaras têm posição fixa.

Ambos os métodos seguem normalmente um paradigma bem definido composto por 4 fases [AHC05]:

- aquisição da imagem a partir da posição do sujeito;
- segmentação da imagem e extracção de características;

- correspondência da imagem obtida à representação do espaço guardada em memória;
- computação da posição e orientação da câmara que deu origem à imagem.

O processo aplicado na localização através do uso da câmara móvel passa, à semelhança do que acontece com o fingerprinting nos métodos de rádio frequência, por uma abordagem dividida em duas fase distintas. A primeira consiste na identificação das diferentes características do espaço (e.g. através da Scale-invariant feature transform - SIFT [KHYA10]) para posterior mapeamento da representação visual destas à sua localização. Esta estrutura é então guardada juntamente com a posição e orientação da câmara usada aquando da captura da imagem.

Na fase posterior, as imagens obtidas através da câmara, são comparadas com as armazenadas durante a primeira fase do método. Durante esta fase são aplicadas transformações sobre as imagens de modo a testar diferentes possibilidades de orientação, posição ou iluminação da imagem até que seja encontrada uma correspondência significativa entre as componentes de cada uma das imagens. Neste processo podem ser usadas diversas abordagens desde o Straight-line Matching [AHC05] ao método do vizinho mais próximo [KHYA10]. Características como a cor ou a forma das componentes são usadas durante o fase de tracking.

Este tipo de métodos tem sido também usado em soluções híbridas como forma de complementar a informação obtida através doutras técnicas como em [ALJ+99].

Alguns estudos apontam o uso de duas câmaras como responsável pelo melhoramento considerável da precisão do sistema [KKH05].

Embora grande parte dos estudos desenvolvidos até agora sejam preponderantemente direccionados para o ambiente robótico, é de esperar que os processos por eles descritos possam ser facilmente adaptados ao caso de utilização da presente tese.

No caso das câmaras fixas, existem algumas soluções já implementadas, como a do projecto Easy Living da Microsoft [KHM+00]. No entanto dado esse produto não ser directamente orientado para o tipo de utilização pretendida e os seus custos serem bastante elevados, não será analisado nesta dissertação.

Marcas fiduciais

Um problema relativamente diferente é o relacionado com a detecção de marcas fiduciais. Marcas fiduciais são imagens artificiais adicionadas ao ambiente de forma a facilitar a localização do sujeito através da identificação de padrões de mais fácil análise do que as características naturais da imagem.

Uma marca fiducial para ser eficiente deve seguir determinadas regras conforme é explicado em [OXM02]:

Revisão Bibliográfica

- suportar uma determinação inequívoca da orientação e posição relativa da câmara que capturou a imagem;
- não favorecer uma orientação em relação a outra;
- não ser facilmente confundida com outra marca fiducial do mesmo conjunto;
- ser facilmente identificada por algoritmos rápidos e simples;
- ser detectável ao longo dum largo intervalo de captura.

Cada uma destas imagens fiduciais deve conter um identificador único que pode ser utilizado para encontrar a posição da imagem após estar ter sido colocada no ambiente.

No caso mais simples, em que apenas se procura utilizar as marcas fiduciais nas proximidades, o sistema pode simplesmente obter a posição do sujeito através de simples adições à posição da marca fiducial. No entanto, quando se pretende utilizar esta tecnologia para uma identificação mais próxima daquela discutida na secção anterior, o mesmo tipo de transformações será necessário de forma a conseguir obter o offset posicional e a orientação da câmara em relação à posição inicial da imagem identificada.

Vantagens

- Utilização de tecnologias existentes actualmente nos dispositivos móveis (câmara);
- Elevada precisão;
- Ausência de necessidade de alteração do ambiente (no caso do reconhecimento de características naturais).

Desvantagens

- Dificuldades com a imprevisibilidade do ambiente (e.g. oclusão temporária);
- Influência das condições de iluminação na qualidade dos resultados;
- Complexidade;
- Necessidade de alteração do ambiente (no caso das marcas fiduciais);
- Necessidade de deslocamento até à marca fiducial (no caso destas serem utilizadas apenas para close-range).

2.2.1.4 Outros

Para além dos métodos abordados, existem ainda outros dentro do contexto da localização indoor que, pelas suas características, não são tão indicados para o problema em questão. Exemplos desses métodos são:

- a utilização de emissores infra-vermelhos em espaços equipados com sensores desta tecnologia [WFG92];
- os diversos métodos de localização baseados em ultra-sons com e sem a utilização conjunta de rádio-frequências [PCB00] [HHS+99] [HH06], ou até como sistema secundário para soluções híbridas com métodos como o PDR [FMHG08] ou o baseados em rádio frequências [Bri05].

Estes métodos apresentam precisões bastante elevadas na ordem dos centímetros, no entanto o seu alcance é reduzido, implicam a alteração do espaço e os resultados apresentam volatilidade face à existência de ruído e ecos (ultra-sons) e variações das condições do ambiente condições de NLOS (infra-vermelhos e ultra-sons). A sua utilidade para a presente dissertação também é condicionada por utilizarem tecnologias tipicamente não disponíveis nos dispositivos móveis actuais.

2.2.1.5 Conclusões

Ao longo da secção 2.2.1 foram apresentados diversos métodos indicados para a resolução do problema da localização indoor. Estes métodos são já um subconjunto de toda a actividade de investigação efectuada nesta área que reúne as soluções mais relevantes para o contexto da presente dissertação. Para cada uma das famílias de modelos abordadas foram identificadas algumas vantagens e desvantagens que caracterizam esse tipo de soluções. A tabela 2.1 procura sintetizar parte desse conteúdo, colocando em retrospectiva as particularidades mais importantes de cada uma das alternativas, como a precisão aproximada e os seus pontos fortes e fracos.

Método	Precisão	Vantagens	Desvantagens
PDR	>95% do trajecto	adaptável; não necessita de alteração do espaço	erro acumulado; precisão dependente de diversos factores
WLAN	2-3 m	Aproveita uma arquitectura já existente	problemas em lidar com NLOS; o método com fingerprinting necessita de mapeamento prévio do espaço
RFID	1-3 m	Baixo custo	curto alcance; NLOS; mapeamento prévio para o fingerprinting
Análise Imagem (Caract. Nat.)	na ordem dos cm	orientação e localização precisas; sem necessidade de alteração do ambiente	complexo; vulnerável a alterações do ambiente
Marcas Fiduciais	na ordem dos cm	orientação e localização precisas; mais simples que a análise das características naturais	necessidade de alteração do espaço envolvente; vulnerável às condições do ambiente

Tabela 2.1: Comparação sumária dos métodos abordados durante a secção 2.2.1 [LDBL07] [JTSC10] [HK10]

2.2.2 Outdoor

O problema da localização em espaços abertos é claramente dominado actualmente pelos sistemas de localização baseados em satélites (Global Navigation Satellite Systems - GNSS), e, mais precisamente, pelo Global Positioning System (GPS) americano.

2.2.2.1 GNSS

Um GNSS é descrito pela Organização Internacional de Aviação Civil (International Civil Aviation Organization - ICAO) como:

"a worldwide position and time determination system that includes one or more satellite constellations, aircraft receivers and system integrity monitoring, augmented as necessary to support the required navigation performance for the intended operation" [kn:07]

Idealizados inicialmente tendo em vista fins militares, os GNSS são actualmente usados massivamente para inúmeros fins civis. A precisão civil fornecida pelos GNSS é, por norma, inferior à disponibilizada para fins militares, no entanto, tal facto não impediu que a Comissão Europeia previsse que esta indústria representasse 140 mil milhões de euros em 2015.

Tipicamente os GNSS são constituídos por 3 segmentos diferentes:

- os satélites;
- o controlo e monitorização feito em terra;
- e o receptor do utilizador.

Nestes sistemas a posição é medida em 3 grandezas: latitude, longitude e altitude.

A presente secção abordará as soluções existentes, dando especial destaque ao GPS visto ser este, de momento, o único GNSS totalmente funcional.

GPS

O GPS (também conhecido como NAVSTAR GPS) é um GNSS desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos que iniciou o seu funcionamento integral em 1995. Consiste numa constelação de 24 satélites, em 6 órbitas aproximadamente circulares, a uma altitude de aproximadamente 20 mil quilómetros. Em cada uma das órbitas estão colocados 4 satélites igualmente espaçados entre si, com uma inclinação de 55 graus relativamente ao Equador (ver Figura 2.6). Esta disposição permite que, em cada momento, no mínimo 4 satélites estejam visíveis em qualquer ponto da Terra (obviamente exceptuando os casos em que o sinal é afectado por factores externos) [ZS06].

Cada satélite transmite continuamente mensagens que incluem:

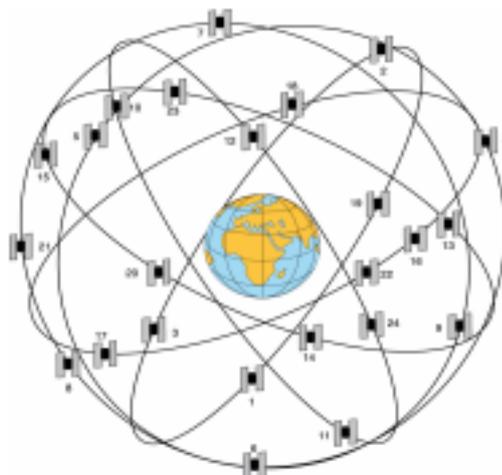


Figura 2.6: Constelação de satélites GPS [ZS06]

- o tempo a que a mensagem foi enviada;
- informação precisa sobre a órbita do satélite;
- informação genérica sobre a estado e órbitas de todos os satélites.

Em terra, o receptor calcula a distância ao satélite usando o intervalo de tempo desde a transmissão da mensagem pelo satélite até à altura em que o receptor a recebeu. Realizar o mesmo procedimento para, pelo menos, outros 2 satélites, permite a utilização da trilateração para a computação da posição. No entanto, o GPS necessita dum quarto satélite para reduzir o erro posicional causado pelos erros de precisão do seu relógio interno. Mesmo imprecisões mínimas podem originar erros significativos visto que os sinais são transmitidos à velocidade da luz para a Terra (um erro de um microssegundo no tempo do relógio origina um erro posicional de 300 metros). No GPS o segmento de controlo é responsável pela sincronização dos relógios atómicos dos satélites, o que é feito com uma precisão de poucos nanossegundos [Inc11d].

Este sistema de localização, que opera em duas frequências específicas: 1575,42 MHz e 1227,60 MHz (respectivamente designadas na literatura de L1 e L2), oferece dois modos de operação distintos:

- Standard Positioning Service (SPS)
- Precision Positioning Service (PPS)

O primeiro é o tipo de serviço usado para fins civis e o que mais interessa no âmbito da presente dissertação. Possui uma precisão horizontal média de 10 metros, sendo que no pior caso se garante um erro igual ou inferior a 22 metros com 95% de confiança. No

caso da altitude (precisão vertical) este erro pode chegar aos 77 metros [ZS06]. Na realidade, existem artigos que reportam precisões reais inferiores a 3 e 5 metros (horizontal e vertical) com 95% de confiança [kn:01]. Por sua vez, o PPS é usado para fins militares e possui níveis de precisão mais elevados.

No caso do SPS, até ser removida em 2000, a precisão do sinal era propositadamente deteriorada pelos Estados Unidos através dum método designado por Selective Availability. Antes dessa remoção a precisão horizontal para civis não ultrapassava os 100 metros (95% de confiança) [LB00].

Outros

Para além do consagrado GPS, a Rússia também possui um sistema de localização por satélite que se encontrou totalmente funcional em meados dos anos 90. Este projecto, chamado Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS), foi no entanto abandonado devido ao colapso da economia russa. Em 2001 e 2003 o governo russo comprometeu-se a reactivar o seu sistema de navegação e, neste momento, o GLONASS já garante a cobertura total do território russo, sendo que ainda não se encontra totalmente operacional.

A União Europeia, por sua vez, está conjuntamente com a Agência Espacial Europeia (ESA) a desenvolver o Galileo. Projectado para se tornar operacional em 2013, esta data já foi adiada para 2014. Ao contrário do GPS e do GLONASS, o Galileo é desenvolvido com o objectivo principal do uso civil e comercial, sendo que a sua precisão horizontal no serviço aberto pode atingir os 4 metros. Este sistema é também desenvolvido de forma a suportar a utilização combinada com o GPS de forma a melhor aproveitar os satélites das diferentes constelações [HC08].

À semelhança do GPS, tanto o Galileo como o GLONASS, têm um serviço civil de livre utilização.

Para além destes existem ainda a ser desenvolvidos o Compass chinês, o Quasi Zenith Satellite System japonês e o Indian Regional Navigation Satellite System indiano, sendo que os dois últimos são apenas sistemas regionais.

Variantes

Existem vários sistemas secundários para melhorar a qualidade de serviço dos GNSS e mais precisamente do GPS. Os mais populares são o DGNSS e o A-GNSS.

DGNSS

Na navegação através de Differential GNSS (DGNSS) é utilizada uma referência conhecida que mede os erros do sistema de GNSS básico e posteriormente propaga essas

medições aos receptores comuns da vizinhança. Essa informação é depois utilizada para corrigir o posicionamento do utilizador (Figura 2.7).

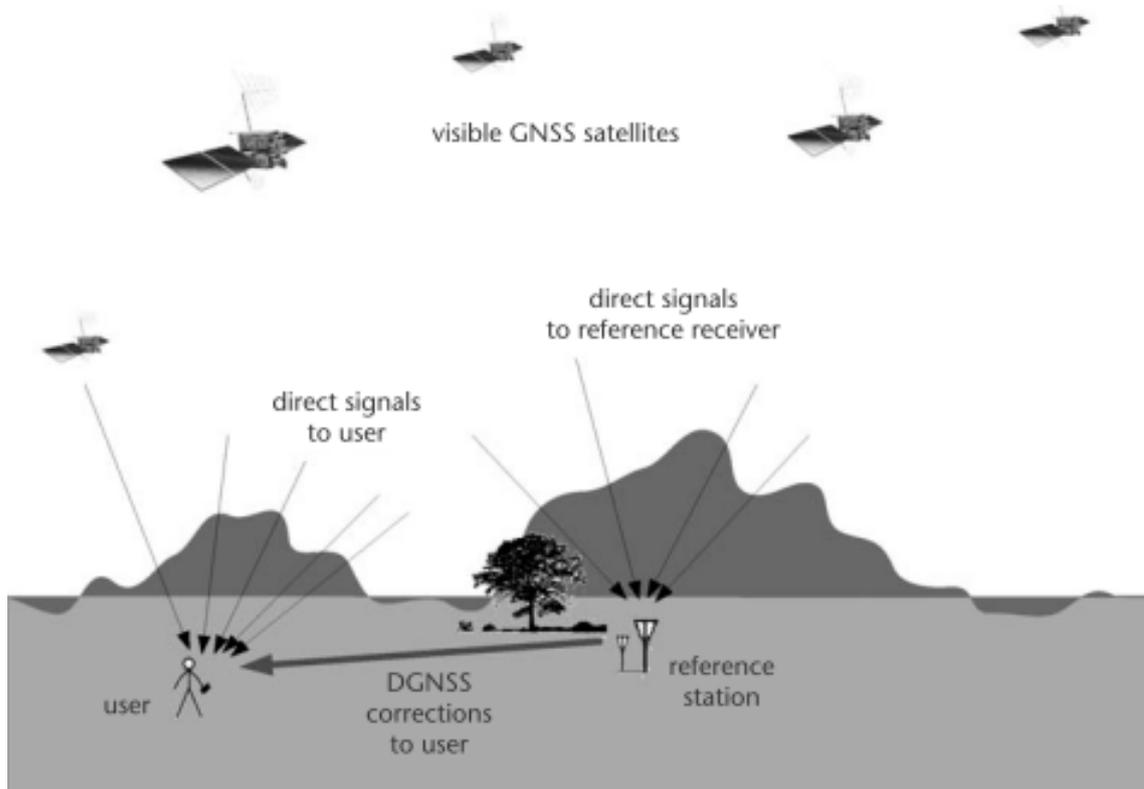


Figura 2.7: Um exemplo dum DGNSS [BHWW07]

A-GNSS

Assisted GNSS (A-GNSS) é actualmente uma das variantes mais comuns nos GNSS (especialmente no GPS). Podendo ser considerado um superset dos DGNSS, esta variante utiliza informação duma rede de comunicações auxiliar (como o Wi-Fi) para, à semelhança do que acontece com o DGNSS, ajudar na correcção dos erros do sistema de GNSS básico. No entanto, neste caso, a ajuda obtida pode conter informação mais elementar, como a órbita ou informação de estado dum determinado satélite. Desta forma, a relativa lentidão de recepção dessa mesma informação através da leitura do sinal modulado do satélite, pode ser ultrapassada. Esta técnica tem sido aproveitada para melhorar o processo de localização em dispositivos como os smartphones or GPS para navegação automóvel. Os melhoramentos são especialmente notórios na rapidez no estabelecimento da posição inicial do dispositivo (fix) [BHWW07] (Figura 2.8).

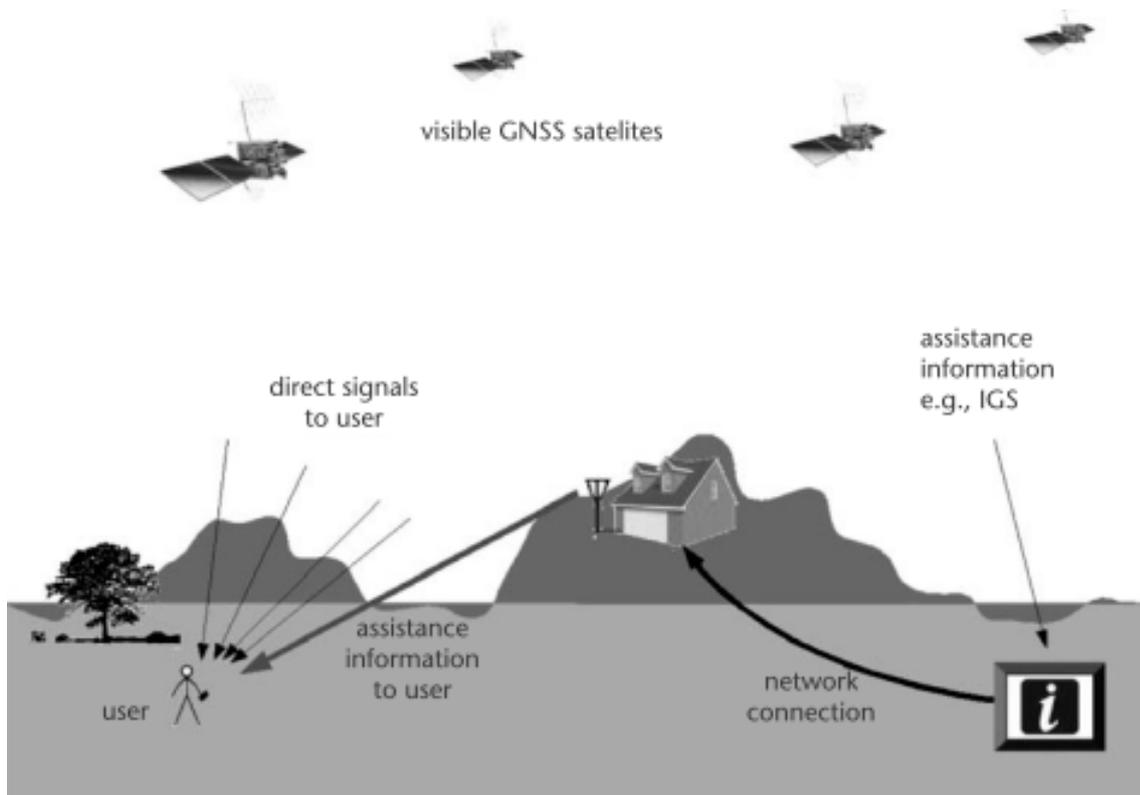


Figura 2.8: Um exemplo dum A-GNSS [BHW07]

Vantagens

- Ubíquo;
- Popularizado;
- Elevadas precisões na grande maioria dos cenários outdoor;
- Existem vários projectos de expansão e melhoramento em desenvolvimento.

Desvantagens

- Utilização eficiente requer line-of-sight entre o receptor e os satélites;
- Vulnerável à reflexão e atenuação do sinal causada por obstáculos naturais ou artificiais (montanhas ou prédios altos);
- Não operacional no caso do indoor.

2.2.2.2 Outros

Para além dos GNSS, métodos como o uso do WLAN em utilização conjunta com o GPS, ou até mesmo análise de imagem e INS [ABB⁺01], podem ser também aplicados

no exterior, no entanto, na maioria dos casos os GNSS fornecem um serviço de melhor qualidade. O WLAN+GNSS têm se tornado relativamente popular visto aumentar consideravelmente a rapidez na obtenção da primeira localização, tanto em relação ao GPS normal como ao A-GPS, quando usado em grandes cidades [Inc11a]

2.2.2.3 Conclusões

Com a preponderância dos GPS e a aposta clara na sua modernização e expansão, o problema da localização outdoor parece ter encontrado uma solução estável, popular e precisa. Espera-se que a introdução dos novos GNSS, venha confirmar ainda mais a supremacia das soluções baseadas em posicionamento via satélite.

2.3 Comunicação

Um sistema do género do que tem vindo a ser apresentado ao longo do presente documento, levanta necessidades específicas de comunicação. A cada instante de tempo do jogo, todos os participantes necessitam de reportar as suas novas posições ao servidor. Tratando-se duma plataforma colaborativa, cada um dos participantes na mesma partida do jogo poderá também necessitar de receber as posições dos restantes elementos de forma a os identificar na sua representação do mundo, e dessa maneira, poder interagir com eles. Para além desta mera troca de informação posicional, outros detalhes relacionados com a mecânica do jogo terão também de ser transmitidos pela rede (e.g.: dados de interação entre jogadores, alterações às condições de jogos que tenham de ser aplicadas a todos os elementos da mesma forma, ou quaisquer outras operações que não possam ser realizadas apenas localmente).

A abordagem a utilizar para fazer face a estas exigências deve limitar ao máximo as necessidades de comunicação para assegurar uma maior escalabilidade da solução, mas sem que essas limitações impliquem uma perda de qualidade na experiência de jogo percebida pelo utilizador. Adicionalmente, factores como os atrasos de comunicação, que poderão revelar-se mais sérios quando são usadas redes de menor qualidade, devem ter os seus efeitos minorados através da utilização de técnicas como o dead reckoning.

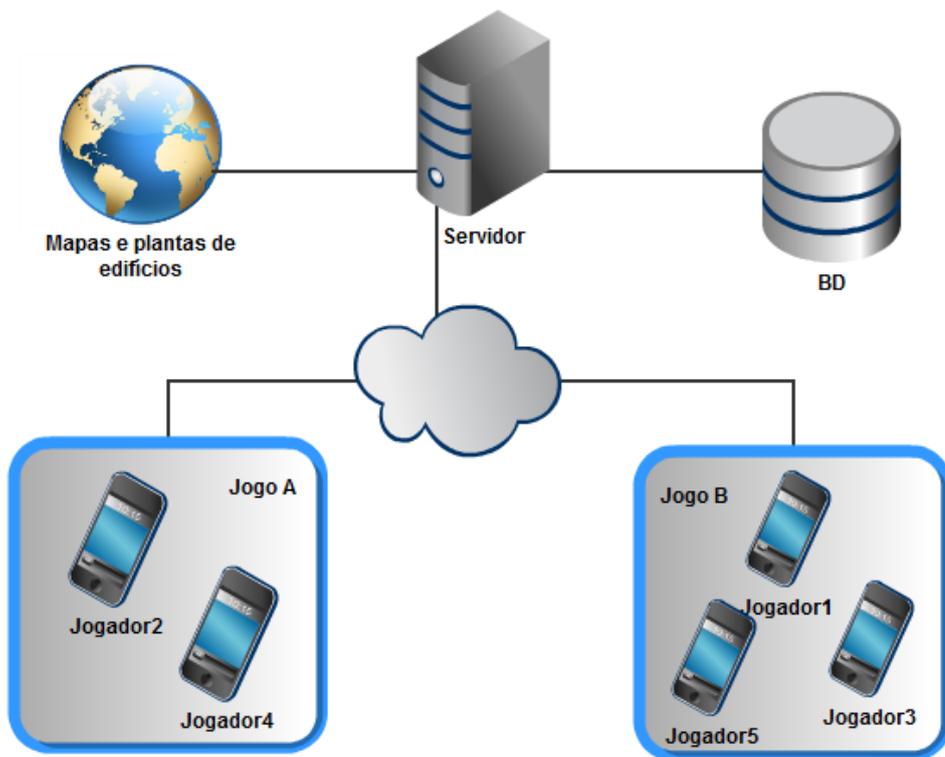


Figura 2.9: Uma visão de alto nível da arquitectura duma possível solução para o problema

A figura 2.10 apresenta uma visão de alto nível duma possível solução. No diagrama os jogadores aglomeram-se em grupos conceituais associados aos jogos em participam, e comunicam, através da rede (e.g. Internet ou mesmo LAN, dependendo da abrangência do jogo) usando as tecnologias disponíveis no local (e.g. WiFi, 3G ou 4G), com o servidor. Este possui acesso a conteúdos relevantes para a aplicação, que podem ser vários de acordo com o tipo de jogo em questão. A base de dados poderia conter, por exemplo, posicionamentos de objectos de jogo ou pontuações máximas, já a referência aos mapas e plantas de edifícios surge no esquema, tanto para serem usados como ajuda no processo de localização (e.g. em métodos *map-aided*) como para poderem ser integrados no contexto do jogo. Quando possível, estes poderiam ser descarregados para o smartphone no início do jogo de forma a diminuir os custos de processamento e comunicação com o servidor.

Após esta descrição inicial dos traços gerais que terão de guiar a construção duma futura arquitectura que responda às necessidades da plataforma, são de seguida abordadas as tecnologias mais populares que podem ser usadas neste contexto. A presente secção termina com a análise das técnicas existentes para a resolução de alguns dos problemas principais levantados pela criação e utilização deste sistema.

2.3.1 Tecnologias

A qualidade da ligação sem fios é determinante para a fluidez e coerência da maior parte dos jogos baseados em localização, em especial daqueles que utilizam a realidade aumentada. A tecnologia de comunicação usada pode, desta forma, influenciar o tipo de aplicações suportadas. Em [PSMT08] são referidas várias dessas tecnologias, e identificados os principais requisitos necessários para garantir um sistema estável:

- velocidade de transferência de dados suficiente;
- baixa latência;
- suporte robusto à mobilidade.

De seguida são caracterizadas algumas das principais tecnologias existentes nesta área, levando em linha de conta as características apresentadas em cima. Estas tecnologias encontram-se distribuídas de acordo com o seu alcance geográfico.

2.3.1.1 WWAN

Uma Wide Area Network (WAN) é um tipo de rede informática que cobre um área bastante alargada de espaço, tipicamente de alcance metropolitano, regional ou nacional. As Wireless WAN (WWAN) são WAN que utilizam comunicação sem fios para transmitir os seus dados. Este tipo de redes são as mais indicadas para aplicações que

necessitem de acesso à Internet em larga escala (e.g. dentro dum país). Existem diversos standards dentro das WWAN, sendo que estes são tipicamente aglomerados em gerações. As duas últimas gerações são descritas de seguida (tecnologias inferiores a 3G não são aconselháveis para aplicações que utilizem realidade aumentada [PSMT08]).

4G

A quarta geração (4G) de standards de tecnologias de acesso sem fios, permitem velocidades de download até 100 Mbit/s em contextos de elevada mobilidade, ou 1 Gbit/s para situações em que existe pouca ou nenhuma mobilidade [Uni]. Os valores de latência são de 50 milissegundos para estabelecer a ligação e 5 milissegundos depois disso (tempos apenas num sentido) [Kre08]. Existem 2 tecnologias que se candidataram aos standards 4G sendo estas a Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) e a Long-Term Evolution (LTE). Ambas as versões ainda estão aquém dos níveis exigidos pelo standard, mas prevêem que tal patamar venha a ser atingido ainda neste ano [Inc11c]. Estas tecnologias encontram-se ainda na fase de implementação, não estando ainda disponíveis na maioria dos países (como é o caso de Portugal).

3G

A terceira geração (3G), por sua vez, já é largamente suportada pelas redes de comunicações móveis e pelos dispositivos (e.g. smartphones). Dada a existência de consideráveis diferenças de performances dentro das tecnologias que cumprem este standard, foram criadas subcategorias à margem da designação oficial. Assim temos várias tecnologias, sendo as principais o UMTS e o CDMA2000 nos níveis de 3G mais básicos e o HSDPA, o HSUPA e finalmente o HSPA+ para níveis de performance mais elevados (normalmente designados por 3.5G ou 3.75G) [Ste07]. O standard 3G por si define apenas um mínimo de velocidade de 200 Kbit/s, no entanto algumas das tecnologias mais avançadas dentro do 3G podem atingir (em teoria) os 56 Mbit/s (este é o caso da última versão do HSPA+) [Inc11b]. Ao nível da latência nas redes avançadas de 3G, estas chegam demorar algumas centenas de milissegundos a estabelecer a ligação, e cerca de 50 milissegundos no processo normal de transmissão de pacotes de dados (tempos apenas num sentido) [Kre08].

2.3.1.2 WLAN

As Local Area Networks (LANs) são redes informáticas com abrangência limitada a uma casa ou escritório. Assentam nos standards 802.11a/b/g/n cujas velocidades de transferência, nas versões mais recentes de cada uma das normas, podem ir dos 11 Mbit/s máximos da norma b até aos 600 Mbit/s da norma n. A norma mais comum (a g) tem

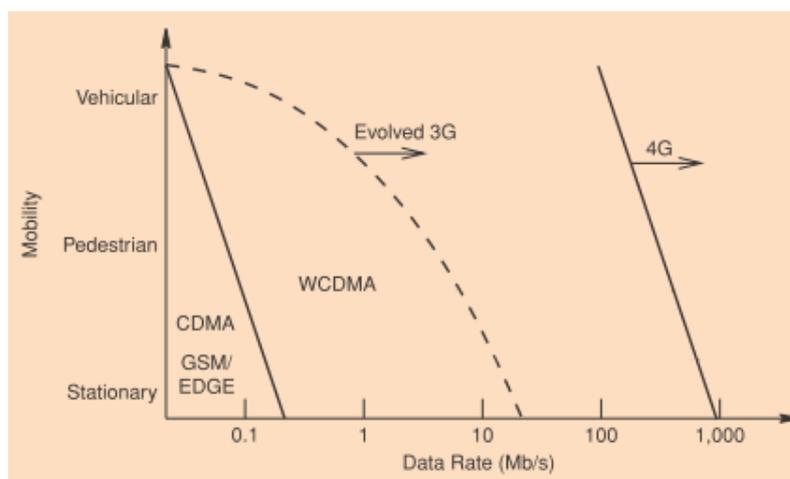


Figura 2.10: Evolução das taxas de transferência de dados e da suporte à mobilidade (imagem retirada de [Ste07] e posteriormente modificada)

uma velocidade máxima de 54 Mbit/s. Testes simples efectuados numa rede com norma g resultaram em latências na ordem dos 15 ms ao estabelecer a conexão e 3 ms depois. Este tipo de soluções apresenta-se como a uma opção viável para aplicações móveis orientadas a espaços reduzidos, ou seja, aproximadamente o mesmo conjunto de espaços do WLAN (casa, escritórios, faculdades...).

2.3.2 Problemas e Soluções

Todo o tipo de comunicações e, em especial, as sem fios, têm associado um risco de perda de mensagens. Para além disto a transferência de dados implica a criação de atrasos, que, no caso dos atrasos serem elevados, podem causar graves problemas na jogabilidade e no desenrolar do jogo. Assim sendo, aconselha-se a implementação de técnicas que sejam capazes de minorar os efeitos nefastos dos problemas que possam acontecer. A mais popular é provavelmente o Dead Reckoning. Este método tem na sua base o prolongar do movimento do objecto remoto até que novos dados reais sejam fornecidos. Quando tal acontecer a posição é novamente corrigida, para eliminar possíveis erros criados pelo ignorar dos passos intermédios realizados desde a última comunicação. Na imagem 2.11 pode-se ver uma situação típica de dead-reckoning, em que os atrasos na comunicação fazem com que, para o jogador A, o carro A termine em primeiro, enquanto que para o jogador B, o primeiro carro a "cortar a meta" foi o B.

Para além dos problemas reportados acima, podem surgir também obstáculos quando o jogador utiliza redes de comunicação móvel de baixa qualidade, quer por poder não possuir esses serviços no seu plano, quer por se encontrar numa zona com fraca cobertura das tecnologias mais recentes. Nesses casos, é vantajoso reduzir ainda mais o tamanho

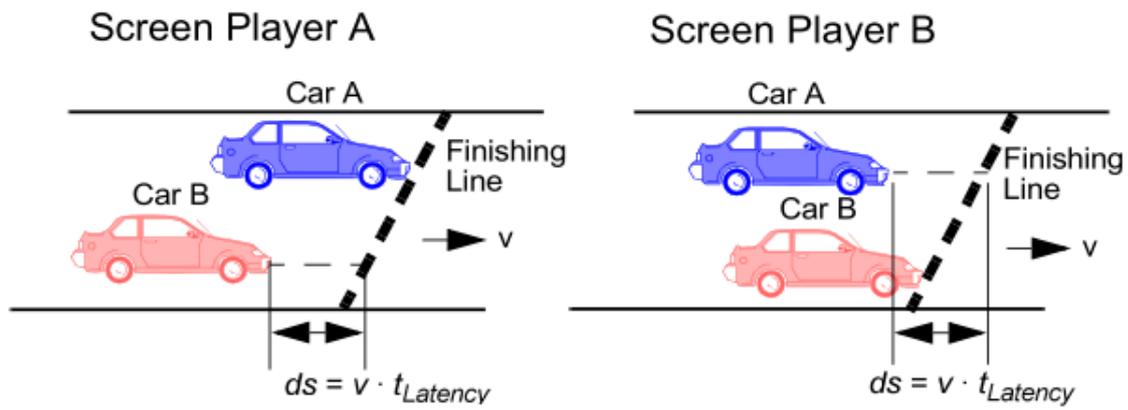


Figura 2.11: Imagem ilustrativa duma situação de dead reckoning [PW02]

das mensagens a trocar, mesmo que isso possa custar um breve tempo adicional de processamento para cada mensagem enviada ou recebida. Neste contexto, a compressão pode ser utilizada, existindo diversos algoritmos dentro desta área.

Capítulo 3

Plano de Trabalho

No presente capítulo é primeiramente abordado o processo de desenvolvimento a seguir, seguida da descrição breve das tarefas principais a realizar durante a disciplina de Dissertação e da calendarização dessas mesmas tarefas ao longo do semestre. Por fim, é apresentada uma perspectiva de solução para orientar o trabalho a realizar durante o próximo semestre.

3.1 Processo de Desenvolvimento

O processo de desenvolvimento de software que irá orientar a realização deste projecto, será baseado no modelo iterativo e incremental, onde as soluções abordadas no capítulo anterior para os diversos problemas existentes, serão implementadas e avaliadas até que uma solução aceitável seja encontrada, passando então o desenvolvimento para a funcionalidade seguinte onde o processo se repetirá.

3.2 Tarefas

3.2.1 Estudo e Implementação

Esta tarefa principal divide-se na realidade em 2 subtarefas, sendo estas o estudo e implementação de técnicas de localização e comunicação. O tempo estimado para a tarefa relacionada com a localização é de aproximadamente 6 semanas e estão previstas 3 para a abordagem da comunicação.

A realização individual destas tarefas deverá permitir a criação duma base estável para a futura integração.

3.2.2 Desenvolvimento do Protótipo

Durante esta fase, as técnicas estudadas e implementadas anteriormente são integradas num sistema único e funcional. É ainda nesta altura que se desenvolve o jogo sério. Prevê-se que o desenvolvimento do protótipo decorra durante 7 semanas.

3.2.3 Testes e Avaliação dos Resultados

Esta tarefa será realizada em duas alturas distintas (Testes 1 e 2). Inicialmente, acompanhará as primeiras 9 semanas do projecto, testando individualmente as soluções resultantes das tarefas de estudo e implementação, como é típico numa abordagem iterativa. De seguida ressurgirá durante as últimas 3 semanas do desenvolvimento do protótipo de forma a garantir a robustez da solução obtida.

3.2.4 Escrita do Relatório

A escrita do relatório está reservada para a fase final do projecto e iniciar-se-á 1 semana antes do final do desenvolvimento do protótipo. Desta forma é garantida a entrega atempada da documentação provisória dando espaço para que esta possa ser melhorada ao longo das semanas seguintes.

Esta tarefa tem uma duração estimada de 8 semanas.

3.3 Planeamento

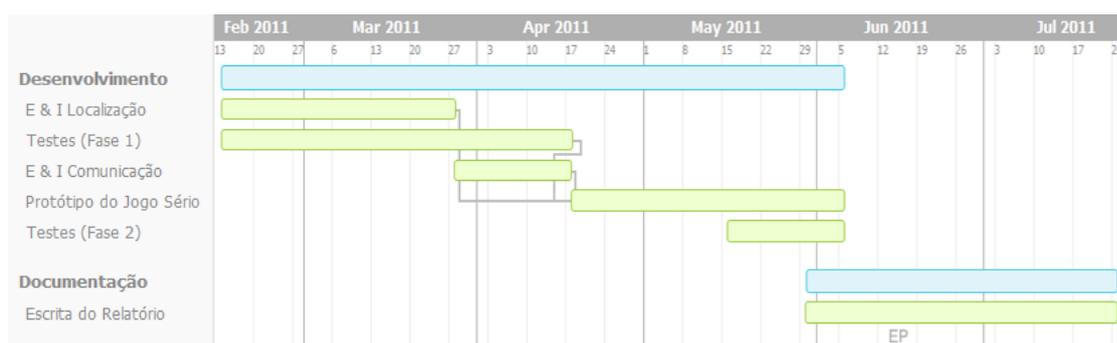


Figura 3.1: Diagrama de Gantt para o planeamento da Dissertação

Na figura 3.1, EP significa Entrega Provisória e está posicionado na semana correspondente ao prazo para entrega (17 de Junho). A data inicial é o início da unidade curricular Dissertação (14 de Fevereiro) e a final o prazo para entrega da documentação definitiva (25 de Julho).

3.4 Perspectivas de Solução

Tendo em linha de conta os objectivos enunciados:

- Evitar ao máximo a necessidade de adaptação dos edifícios,
- Focar nos problemas da localização indoor,
- Tornar a plataforma expansível para serviços e contextos diferentes dentro do location-aware;

foi escolhida uma abordagem inicial para o problema para ser estudada e implementada durante o próximo semestre. Esta abordagem traduz-se na seguinte configuração:

- **Indoor:** PDR
 - com utilização das plantas dos edifícios;
 - com recurso a marcas fiduciais para, periodicamente, eliminar os erros acumulados.
- **Outdoor:** GPS (ou variantes, quando disponíveis).
- **Comunicação:** 3G (ou 4G quando disponível [Oje10]).

O PDR foi escolhido por ser o método que mais tacitamente cumpre os objectivos definidos em cima. As duas variantes deste não cumprem o pretendido numa forma tão clara, mas no entanto aproveitam informação tipicamente já existente (uso das plantas) e implicam alterações relativamente pequenas ao ambiente (marcas fiduciais). Já o GPS é a solução natural e única, de momento, para o problema do outdoor.

Ao nível das comunicações, dado o contexto imediato do problema se restringir às instalações da FEUP, foi inicialmente pensada a utilização da WLAN fornecida pela faculdade. No entanto, verificou-se que a cobertura WiFi do espaço FEUP não é uniforme, apresentando quebras em algumas áreas. Esta situação, em conjugação com o objectivo de criar uma solução flexível e genérica, logo aplicável a outros contextos, levou à conclusão da preferência pelos métodos WWAN. Dentro deste domínio, estamos limitados ao estado actual da cobertura nacional e local, o que nos reserva o 3G como melhor alternativa. Contudo, são já conhecidos os esforços que algumas operadoras estão a desenvolver de forma a implementarem dentro em breve os standards de quarta geração [Wir10] [Por] [Tel10] [dN10].

De salientar que esta perspectiva de solução não é definitiva, pretendendo servir apenas de linha orientadora inicial. Caso durante a fase de desenvolvimento se venha a constatar que outras soluções são mais indicadas, será esperado que se modifique esta configuração.

Plano de Trabalho

Capítulo 4

Conclusões

Ao longo da análise realizada durante a disciplina de Preparação para a Dissertação procedeu-se à caracterização dos diversos métodos existentes, através da identificação das suas vantagens e desvantagens. Tornou-se evidente a larga quantidade de soluções existentes principalmente na área da localização indoor. No entanto, esta abundância não se traduziu até agora na resolução definitiva dum problema que se torna cada vez mais incómodo, à medida que a localização em espaços fechados se torna mais apetecível, e as soluções outdoor vão sendo melhoradas e popularizadas. Nenhuma das alternativas se evidencia como absolutamente melhor do que as outras em todos os casos de utilização possíveis. Pelo contrário, cada método tem características próprias que podem torná-lo indicado para um determinado tipo de problema e, ao mesmo tempo, inútil para outro. Por oposição, no caso do outdoor encontra-se uma resposta mais global e popular. Os GNSS, e mais concretamente o GPS, apresentam-se claramente como a melhor solução, e prevê-se que continuem assim, dado que estão a ser realizados esforços significativos no sentido de modernizar as constelações existentes e adicionar novas que cooperem com as existentes. Na área da comunicação, foram abordadas diferentes tecnologias, aglomeradas em dois tipos principais que se distinguem pela abrangência geográfica das suas redes. Também aqui, a melhor escolha depende do tipo de aplicação que se pretende construir. Do ponto de vista técnico, o WLAN é bastante atractivo, no entanto, as suas limitações físicas associadas ao factor LAN, impossibilitam (ou pelo menos desaconselham) a sua utilização em aplicações de larga-escala que devem poder ser utilizadas a 100% em espaços onde não existem redes WLAN. Dentro das soluções mais abrangentes (WWAN), também há espaço para alguma subjectividade. Quando a quarta geração de standards estiver implementada completamente no nosso país, ainda pode compensar utilizar 3G, se este serviço for mais barato, e a aplicação não necessitar de efectuar muita comunicação.

Conclusões

Fora do âmbito mais técnico e falando da razão que, no fundo, leva à criação de todos os desafios abordados neste documento, conclui-se que a pesquisa do tema dos jogos sérios e baseados em localização, mostrou que, de momento, já existem diversas aproximações destes conceitos ao tipo de experiência interactiva que se pretende oferecer. Diversos paradigmas estão já identificados e idealizados de forma a tirarem o maior proveito da informação que é fornecida pelos sistemas de localização.

Referências

- [ABB⁺01] Ronald Azuma, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier e Blair MacIntyre. Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 21:34–47, November 2001.
- [AHC05] Omar Ait Aider, Philippe Hoppenot e Etienne Colle. A model-based method for indoor mobile robot localization using monocular vision and straight-line correspondences. *Robotics and Autonomous Systems*, 52(2-3):229 – 246, 2005.
- [ALJ⁺99] Ronald Azuma, Jong Weon Lee, Bolan Jiang, Jun Park, Suyu You e Ulrich Neumann. Tracking in unprepared environments for augmented reality systems. *Computers & Graphics*, 23(6):787 – 793, 1999.
- [Arm11] United States Army. America’s army, 2011. <http://www.americasarmy.com>, acessado em 10 Fev 2011.
- [Ass11] Entertainment Software Association. Industry facts, 2011. <http://www.theesa.com/facts/index.asp>, acessado em 10 Fev 2011.
- [BH06] Stéphane Beauregard e Harald Haas. Pedestrian dead reckoning: A basis for personal positioning. WPNC’06, 2006.
- [BHW] S. Beauregard, Haas e Wpnc. Pedestrian dead reckoning: A basis for personal positioning.
- [BHWW07] Herbert Lichtenegger Bernhard Hofmann-Wellenhof e Elmar Wasle. *GNSS - Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer, 2007.
- [Bri05] Tim; Lyon Geoff; Pradhan Salil Brignone, Cyril; Connors. Smartlocus: an autonomous, self-assembling sensor network for indoor asset and systems management. 2005.
- [CCC⁺05] Yi-Chao Chen, Ji-Rung Chiang, Hao-hua Chu, Polly Huang e Arvin Wen Tsui. Sensor-assisted wi-fi indoor location system for adapting to environmental dynamics. In *Proceedings of the 8th ACM international symposium on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems*, MSWiM ’05, pages 118–125, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [CP09] Holly Stevens Christy Pettey. Gartner says consumer location-based services market will more than double in 2009, 2009. <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1059812>, acessado em 10 Fev 2011.

REFERÊNCIAS

- [Dem96] John V Dempsey. Instructional Applications of Computer Games. Research/technical, University of South Alabama, 1996. 13p.; Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York, NY – April 8–12, 1996.
- [Der07] Anne Derryberry. Serious games: Online games for learning. 2007. White Paper.
- [dN10] Jornal de Negócios. Tmn interessada no investimento e implementação de nova rede 4g, 2010. http://www.jornaldenegocios.pt/home.php?template=SHOWNEWS_V2&id=417387, acessado em 10 Fev 2011.
- [EMN05] F. Evennou, F. Marx e E. Novakov. Map-aided indoor mobile positioning system using particle filter. In *Wireless Communications and Networking Conference, 2005 IEEE*, volume 4, pages 2490 – 2494 Vol. 4, 2005.
- [Fed06] Federation of American Scientists. *Summit on Educational Games: Harnessing the power of video games for learning*, October 2006.
- [FHG02] Urban Forssell, P. Hall e Fredrik Gustafsson. Novel map-aided positioning system. In *Proc. of FISITA, Helsinki*, Jun 2002.
- [FMHG08] Carl Fischer, Kavitha Muthukrishnan, Mike Hazas e Hans Gellersen. Ultrasound-aided pedestrian dead reckoning for indoor navigation. In *Proceedings of the first ACM international workshop on Mobile entity localization and tracking in GPS-less environments, MELT '08*, pages 31–36, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [GM99] V. Gabaglio e B. Merminod. Real-Time calibration of Length of Steps with GPS and accelerometers. In *Global Navigation Satellite System, GNSS, Genova, Italy*, volume 2, pages 599–605, 1999.
- [HC08] C.J. Hegarty e E. Chatre. Evolution of the global navigation satellitesystem (gnss). *Proceedings of the IEEE*, 96(12):1902 –1917, 2008.
- [HGMT07] Gabriel M. Hoffmann, Dimitry Gorinevsky, Robert W. Mah e Claire J. Tomlin. Fault tolerant relative navigation using inertial and relative sensors, 2007.
- [HH06] M. Hazas e A. Hopper. Broadband ultrasonic location systems for improved indoor positioning. *Mobile Computing, IEEE Transactions on*, 5(5):536 – 547, May 2006.
- [HHS⁺99] Andy Harter, Andy Hopper, Pete Steggles, Andy Ward e Paul Webster. The anatomy of a context-aware application. In *Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking, MobiCom '99*, pages 59–68, New York, NY, USA, 1999. ACM.
- [HHTF01] Tobias Höllerer, Drexel Hallaway, Navdeep Tinna e Steven Feiner. Steps toward accommodating variable position tracking accuracy in a mobile augmented reality system. In *In Proc. AIMS'01*, pages 31–37, 2001.

REFERÊNCIAS

- [HK10] Shuang Hua Yang Hakan Koyuncu. A survey of indoor positioning and object locating systems, 2010.
- [HVBW01] Jeffrey Hightower, Chris Vakili, Gaetano Borriello e Roy Want. Design and calibration of the spoton ad-hoc location sensing system. Technical report, 2001.
- [Inc11a] Skyhook Inc. Core engine performance, 2011. <http://www.skyhookwireless.com/howitworks/performance.php>, acessado em 7 Jan 2011.
- [Inc11b] Wikimedia Foundation Inc. 3g, 2011. <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>, acessado em 10 Fev 2011.
- [Inc11c] Wikimedia Foundation Inc. 4g, 2011. <http://en.wikipedia.org/wiki/4G>, acessado em 10 Fev 2011.
- [Inc11d] Wikimedia Foundation Inc. Global positioning system, 2011. http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, acessado em 5 Jan 2011.
- [JTSC10] Tiago H. Falk Jorge Torres-Solis e Tom Chau. A review of indoor localization technologies: towards navigational assistance for topographical disorientation. 2010.
- [KHM⁺00] John Krumm, Steve Harris, Brian Meyers, Barry Brumitt, Michael Hale e Steve Shafer. Multi-camera multi-person tracking for easyliving. pages 3–10, 2000.
- [KHYA10] Hisato Kawaji, Koki Hatada, Toshihiko Yamasaki e Kiyoharu Aizawa. Image-based indoor positioning system: fast image matching using omnidirectional panoramic images. In *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Multimodal pervasive video analysis*, MPVA '10, pages 1–4, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [KKH05] Gab-Hoe Kim, Jong-Sung Kim e Ki-Sang Hong. Vision-based simultaneous localization and mapping with two cameras. In *Intelligent Robots and Systems, 2005. (IROS 2005). 2005 IEEE/RSJ International Conference on*, pages 1671 – 1676, 2005.
- [KLJS96] Jinwon Kim, Jang-Gyu Lee, Gyu-In Jee e Tae-Kyung Sung. Compensation of gyroscope errors and gps/dr integration. In *Position Location and Navigation Symposium, 1996., IEEE 1996*, pages 464 –470, April 1996.
- [kn:01] Global positioning system (gps) standard positioning service (sps) performance analysis report. Technical report, William J. Hughes Technical Center, 2001.
- [kn:07] International standards and recommended practices - annex 10 to the convention on international civil aviation, volume 1, 2007.

REFERÊNCIAS

- [Kre08] B. Krenik. 4g wireless technology: When will it happen? what does it offer? In *Solid-State Circuits Conference, 2008. A-SSCC '08. IEEE Asian*, pages 141–144, 2008.
- [LB00] Wolfgang Lechner e Stefan Baumann. Global navigation satellite systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25(1-2):67–85, 2000.
- [LDBL07] Hui Liu, H. Darabi, P. Banerjee e Jing Liu. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 37(6):1067–1080, 2007.
- [Lev96] (CA) Judd Thomas (Fountain Valley CA) Levi, Robert W. (Anaheim. Dead reckoning navigational system using accelerometer to measure foot impacts. (5583776), December 1996.
- [LGM⁺00] Q. Ladetto, V. Gabaglio, B. Merminod, Ph e Y. Schutz. Human Walking Analysis Assisted by DGPS. 2000.
- [LM02] Q. Ladetto e B. Merminod. Digital Magnetic Compass and Gyroscope Integration for Pedestrian Navigation. In *9th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, Saint Petersburg, Russia*, 2002.
- [LTH09] Kang Li, Han-Shue Tan e J.K. Hedrick. Map-aided gps/ins localization using a low-order constrained unscented kalman filter. In *Decision and Control, 2009 held jointly with the 2009 28th Chinese Control Conference. CDC/CCC 2009. Proceedings of the 48th IEEE Conference on*, pages 4607–4612, 2009.
- [MSS04] Alice Mitchell e Carol Savill-Smith. The use of computer and video games for learning - a review of the literature. Technical report, Learning and Skills Development Agency, 2004.
- [NLLP04] Lionel M. Ni, Yunhao Liu, Yiu Cho Lau e Abhishek P. Patil. Landmarc: Indoor location sensing using active rfid. *Wireless Networks*, 10:701–710, 2004. 10.1023/B:WINE.0000044029.06344.dd.
- [Nor93] D. Norman. *Things that make us smart: Defending human attributes in the age of the machine*. Perseus Books, 1993.
- [NPM01] Daniela Nicklas, Christoph Pfisterer e Bernhard Mitschang. *Towards Location-based Games*. In Alfred, Wan H. Man, Wong Wai e Cyril T. Ning, editors, *Proceedings of the International Conference on Applications and Development of Computer Games in the 21st Century: ADCOG 21; Hongkong Special Administrative Region, China, November 22-23 2001*, pages 61–67. Universität Stuttgart : Sonderforschungsbereich SFB 627 (Nexus: Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme), Hong Kong: Division of Computer Studies, City University of Hong kong, Hong Kong SAR, China, November 2001.

REFERÊNCIAS

- [Oje10] Oje. 4g chega a portugal em 2011, diz bava, 2010. <http://www.oje.pt/noticias/negocios/4g-chega-a-portugal-em-2011-diz-bava>, acessado em 10 Fev 2011.
- [OLS06] Dragan Obradovic, Henning Lenz e Markus Schupfner. Fusion of map and sensor data in a modern car navigation system. *The Journal of VLSI Signal Processing*, 45:111–122, 2006. 10.1007/s11265-006-9775-4.
- [OXM02] C.B. Owen, Fan Xiao e P. Middlin. What is the best fiducial? In *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop*, 2002.
- [PAC10] Paulo Pombinho, Ana Paula Afonso e Maria Beatriz Carmo. Indoor positioning using a mobile phone with an integrated accelerometer and digital compass. In *2º INForum - Simpósio de Informática*, September 2010.
- [PCB00] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty e Hari Balakrishnan. The cricket location-support system. In *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, MobiCom '00*, pages 32–43, New York, NY, USA, 2000. ACM.
- [Por] Vodafone Portugal. Principais introduções tecnológicas.
- [Pre04] Marc Prensky. *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill, August 2004.
- [PSMT08] George Papagiannakis, Gurminder Singh e Nadia Magnenat-Thalmann. A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. *Comput. Animat. Virtual Worlds*, 19:3–22, February 2008.
- [PW02] Lothar Pantel e Lars C. Wolf. On the suitability of dead reckoning schemes for games. In *Proceedings of the 1st workshop on Network and system support for games, NetGames '02*, pages 79–84, New York, NY, USA, 2002. ACM.
- [RMCE06] Omer Rashid, Ian Mullins, Paul Coulton e Reuben Edwards. Extending cyberspace: location based games using cellular phones. *Phones, ACM Computers in Entertainment, Vol 4, Issue*, page 2006, 2006.
- [SKS01] Jari Syrjärinne, Jani Käppi e Jukka Saarinen. Mems-imu based pedestrian navigator for handheld devices. 2001.
- [Squ03] Kurt Squire. Video games in education. *International Journal of Intelligent Simulations and Gaming*, 2:49–62, 2003.
- [Ste07] Michael Steer. Beyond 3g. *Microwave Magazine, IEEE*, 8(1):76–82, 2007.
- [SZ03] Katie Salen e Eric Zimmerman. *Rules of play : game design fundamentals*. MIT Press, October 2003.
- [TCD⁺02] Bruce Thomas, Ben Close, John Donoghue, John Squires, Phillip De Bondi e Wayne Piekarski. First person indoor/outdoor augmented reality application: Arquake. *Personal Ubiquitous Comput.*, 6:75–86, January 2002.

REFERÊNCIAS

- [Tel10] TeleGeography. Vodafone, optimus consider sharing 4g infrastructure, 2010. http://www.telegeography.com/cu/article.php?article_id=35292, acessado em 10 Fev 2011.
- [Uni] International Telecommunication Union. Itu global standard for international mobile telecommunications 'imt-advanced'. <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=imt-advanced&lang=en>, acessado em 10 Fev 2011.
- [VB07] S. Venkatesh e R.M. Buehrer. Non-line-of-sight identification in ultra-wideband systems based on received signal statistics. *Microwaves, Antennas Propagation, IET*, 1(6):1120–1130, 2007.
- [WFG92] Roy Want, Veronica Falcao e Jon Gibbons. The active badge location system. *ACM Transactions on Information Systems*, 10:91–102, 1992.
- [Wir10] Business Wire. Zte to build sdr network for portugal's optimus, 2010. <http://www.businesswire.com/news/home/20100222007183/en/ZTE-Build-SDR-Network-Portugal%E2%80%99s-Optimus>, acessado em 10 Fev 2011.
- [WLS⁺07] Hui Wang, Henning Lenz, Andrei Szabo, Joachim Bamberger e Uwe Hanebeck. Enhancing the map usage for indoor location-aware systems. In Julie Jacko, editor, *Human-Computer Interaction. Interaction Platforms and Techniques*, volume 4551 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 151–160. Springer Berlin / Heidelberg, 2007.
- [ZS06] A.S. Zaidi e M.R. Suddle. Global navigation satellite systems: A survey. In *Advances in Space Technologies, 2006 International Conference on*, pages 84–87, 2006.