



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
Universidade Técnica de Lisboa

## **Monitorização Wireless de Pessoas em Ambiente Doméstico**

**Márcio Luís Mendonça de Vasconcelos de Nóbrega**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

### **Júri**

Presidente:

Orientador:

Co-Orientador:

Vogais:

---

Doutor Renato Jorge Caldeira Nunes

Doutor António Manuel Raminhos Cordeiro Grilo

---

**Outubro 2012**



*“Uma citação engraçada ou algo do género, se queres incluir uma. Caso não,  
comenta esta parte”*



# Agradecimentos

Obrigado ao Pedro Tomás, o autor original do template para  $\text{\LaTeX}$  (versão inglesa).



# Resumo

O resumo.

# Palavras Chave

Até seis, palavras, chave.





# **Abstract**

Your abstract goes here.

# **Keywords**

Up to, six, keywords.



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Motivação . . . . .	2
1.2	Objectivos . . . . .	3
1.3	Principais Contribuições . . . . .	3
1.4	Organização da Dissertação . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Trabalho Relacionado</b>	<b>5</b>
2.1	Estado da Arte . . . . .	6
2.1.1	Monitorização Vídeo e Áudio . . . . .	6
2.2	Monitorização de Idosos . . . . .	8
2.3	IEEE 802.15.4 e ZigBee . . . . .	8
2.4	Algoritmos de Localização . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Plataforma de Simulação</b>	<b>9</b>
3.1	Escolha da Framework . . . . .	10
3.2	Sensores Wireless . . . . .	10
3.3	Propagação e Decisão . . . . .	10
3.4	Obstáculos . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Arquitectura do Sistema</b>	<b>11</b>
4.1	Pressupostos e Estrutura . . . . .	12
4.2	Ficheiros XML de Configuração . . . . .	12
4.3	Network Layer . . . . .	12
4.4	Application Layer . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Resultados</b>	<b>13</b>
5.1	Potência Recebida . . . . .	14
5.2	Criação dos RadioMaps e RadioMapClusters . . . . .	14
5.3	Localização . . . . .	14
5.4	Throuput . . . . .	14
5.5	Escalabilidade . . . . .	14

**Conteúdo**

---

<b>6 Conclusões</b>	<b>15</b>
6.1 Trabalho Futuro . . . . .	16
<b>A Apêndice 1</b>	<b>19</b>

# Lista de Figuras

1.1	Pirâmides demográficas em Portugal entre 1950 e 2050 (estimativa) [1]. . . . .	2
2.1	Arquitectura do sistema proposto em [2]. . . . .	6
2.2	Arquitectura de fusão de decisão referida em [3]. . . . .	7
2.3	Processo de detecção de quedas e alertas descrito no trabalho [4]. . . . .	8



# **Lista de Tabelas**





# **Lista de Acrónimos**



# 1

## Introdução

### Conteúdo

1.1	Motivação . . . . .	2
1.2	Objectivos . . . . .	3
1.3	Principais Contribuições . . . . .	3
1.4	Organização da Dissertação . . . . .	3

Resumo do capítulo.

### 1.1 Motivação

O aumento da esperança de vida provoca actualmente um envelhecimento generalizado da população mundial o que coloca diversos desafios ao desenvolvimento nacional, à sustentabilidade das famílias e à capacidade dos sistemas de saúde. Durante anos recentes o número de pessoas no mundo acima dos 60 anos aumentou de 200 milhões em 1950 para 670 milhões, sector etário que representa já cerca de 20% da população total nos países desenvolvidos. [1]. Com a deslocalização dos jovens para a periferia dos grandes centros e a baixa natalidade, aumenta cada vez mais o número de idosos que vivem sozinhos em suas casas. Esta situação cria ansiedade em todos os envolvidos, resultando muitas vezes em internamentos precoces em lares, com um custo elevado e vagas limitadas.

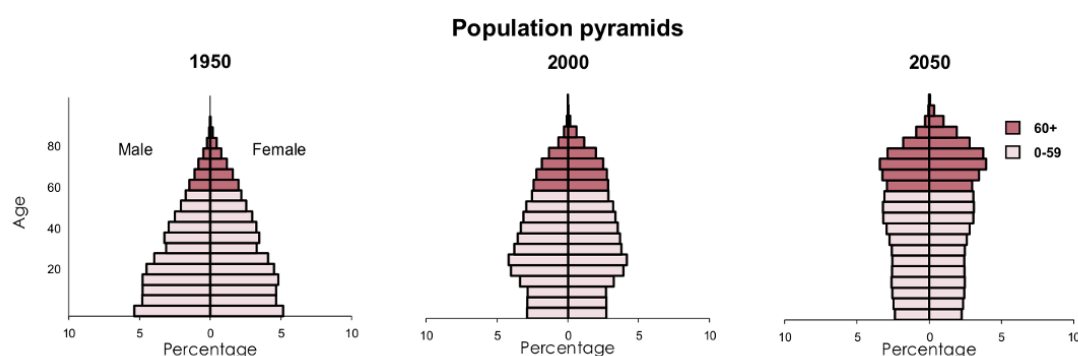


Figura 1.1: Pirâmides demográficas em Portugal entre 1950 e 2050 (estimativa) [1].

Pessoas com deficiências físicas ou mentais apresentam também uma idêntica necessidade de acompanhamento. Por exemplo, pessoas com deficiência mental média, normalmente têm capacidades sociais e funcionais para serem minimamente independentes, ainda que necessitem de alguma supervisão e assistência. Normalmente têm problemas tão básicos como, por exemplo, decidir quando se levantar ou deitar na cama, ou tomar medicamentos à hora certa.

A monitorização de ambos os casos descritos permitiria libertar mão-de-obra especializada para situações de maior dependência, reduzindo custos e aumentando a eficiência, notificando médicos ou hospitais da mudança de sinais vitais e comportamentos, que precedam situações de risco ou interagindo com ambientes inteligentes.

A evolução tecnológica dos sensores wireless tem vindo a introduzir no mercado sensores, rádios e processadores de baixa potência e baixo custo. Estes dispositivos, com o seu reduzido tamanho, têm um enorme potencial para o desenvolvimento de aplicações centradas no utilizador. Com um vasto tipo de sensores, as aplicações ubíquas<sup>1</sup> podem por isso surgir como

---

<sup>1</sup>Aplicação que tem como objectivo tornar a interacção entre pessoa e máquina invisível, integrando a informática com acções e comportamentos naturais das pessoas.

alternativa de baixo custo e enorme valor acrescentado para monitorização de pessoas num ambiente doméstico, criando uma simbiose entre pessoa e máquina que permita usufruir do direito de viver de forma independente, com privacidade, dignidade e total controlo da própria vida.

## **1.2 Objectivos**

Nesta dissertação é proposto o desenvolvimento de uma solução onde uma ou mais pessoas, portadoras de um nó wireless, se movimentam num ambiente onde existem outros nós wireless. Deverá ser possível localizar cada pessoa e estabelecer uma comunicação bidireccional entre esta e um servidor central.

Assim definem-se os seguintes objectivos:

- Reunir através de pesquisa informação sobre o trabalho relacionado;
- Identificar necessidades num ambiente doméstico e propor para estas, soluções de hardware existentes no mercado;
- Definir a arquitectura do sistema e os papéis de cada interveniente;
- Identificar uma plataforma de simulação existente que permita, de uma forma realista, simular o comportamento do sistema;
- Implementar a simulação de um algoritmo de encaminhamento;
- Implementar a simulação de um algoritmo de localização;
- Analisar a simulação com métricas que permitam conhecer o erro de localização, bem como os limites e valores óptimos do sistema.

## **1.3 Principais Contribuições**

(a escrever no fim)

## **1.4 Organização da Dissertação**

(a escrever no fim)



# 2

## Trabalho Relacionado

### Conteúdo

2.1	Estado da Arte . . . . .	6
2.1.1	Monitorização Vídeo e Áudio . . . . .	6
2.2	Monitorização de Idosos . . . . .	8
2.3	IEEE 802.15.4 e ZigBee . . . . .	8
2.4	Algoritmos de Localização . . . . .	8

## 2. Trabalho Relacionado

---

Pequena introdução.

### 2.1 Estado da Arte

A geração actual de casas inteligentes tem tido uma maior evolução na inteligência artificial num sistema centralizado, em detrimento dos sistemas de monitorização e controlo. A casa inteligente actual consiste em vários electrodomésticos e outros dispositivos, com sensores, actuadores e/ou monitores biomédicos, usados pelos residentes numa base diária. Em alguns casos a casa é inteiramente monitorizada recorrendo a tecnologias áudio-visuais. Estes sistemas apresentam uma excelente forma de monitorização mas têm algumas desvantagens:

- Custos elevados devido ao uso de sensores sofisticados e equipamentos áudio-visuais;
- Custos elevados de instalação devido à instalação individualizada;
- Elevada largura de banda necessária;
- Demasiada intrusão no quotidiano da pessoa criando um sentimento de falta de privacidade ou desconforto.

#### 2.1.1 Monitorização Vídeo e Áudio

Em [2] através de um sensor wireless equipado com um acelerómetro e transportado pela pessoa, são detectadas possíveis quedas. Por forma a minimizar o número de falsos alarmes, são usadas câmaras que cobrem o espaço, que analisam a posição da pessoa e são activadas de acordo com uma localização obtida através de triangulação baseada nas posições conhecidas dos nós fixos e a potência recebida pelo nó móvel. É também apresentada a possibilidade de efectuar transmissão de voz utilizando o rádio IEEE 802.15.4, uma vez que já existem rádios com largura de banda necessária para efectuar transmissão de voz.

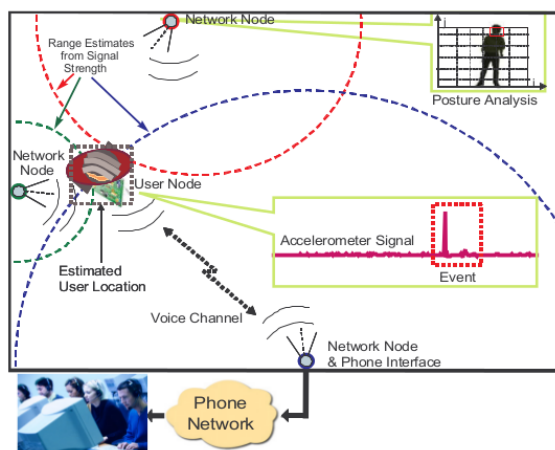


Figura 2.1: Arquitectura do sistema proposto em [2].



Em [3] e [5] é feita a combinação da informação fornecida por redes de sensores e sistemas de vídeo-vigilância. Através de uma inferência lógica que considera sequências de eventos são tomadas decisões tal como é possível observar em 2.2. O ocupante da casa usa um sensor não intrusivo para determinação da posição e comunicação por voz, mas não é necessária qualquer interacção com a tecnologia. À semelhança do trabalho anterior a privacidade é um tema fulcral e todo o tratamento de imagem é feito localmente usando *Smart Cameras* <sup>1</sup>.

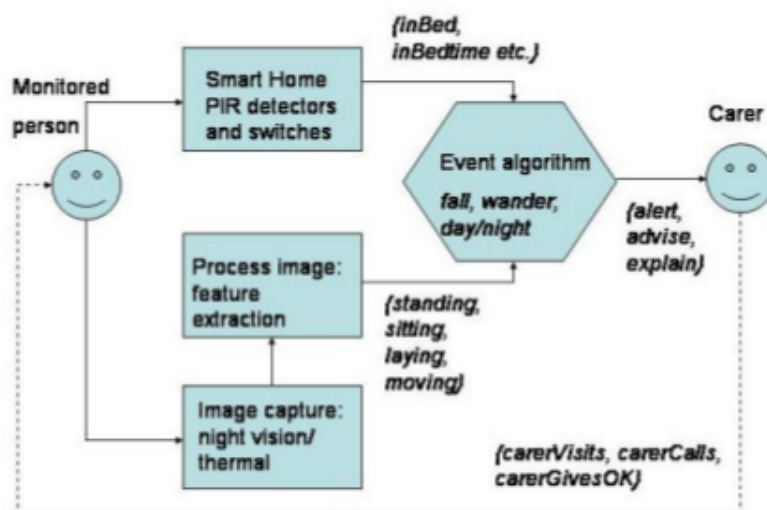


Figura 2.2: Arquitectura de fusão de decisão referida em [3].

No trabalho [6] é feita a aplicação de um sistema de monitorização num lar de idosos através de vídeo e áudio sem recurso a sensores portáteis. O trabalho referencia a insuficiência de profissionais em contraste com o rápido crescimento da população idosa e o pouco tempo que estes têm disponível para cada idoso. Emerge assim a necessidade de obter um conjunto de dados de forma autónoma e usado para detectar situações de perigo de atempadamente, como por exemplo a instabilidade do andar ou registos comportamentais que favorecem a prescrição de medicamentos psicotrópicos. Os grandes desafios indicados são a localização por vídeo, a correcta identificação e marcação das pessoas no campo de visão e a análise das suas actividades individuais.

Com fundamento no conceito *aging in place*, onde idosos vivem de forma independente e segura nas suas próprias casas, o trabalho [4] apresenta, a monitorização de quedas mas também funcionalidades utilitárias como a detecção de objectos, calendário, vídeo-conferência e livro de endereços. Recorrendo a câmaras e a técnicas de *machine learning* o sistema não necessita que o utilizador use um sensor. O sistema tem uma abordagem centralizada devido à forte exigência de processamento em tempo real e memória necessárias. A detecção de objectos é feita verificando mudanças na imagem ou procurando objectos de acordo com as suas características.

<sup>1</sup> câmaras que para além de captar imagem também podem tratar a imagem e obter resultados a partir desta

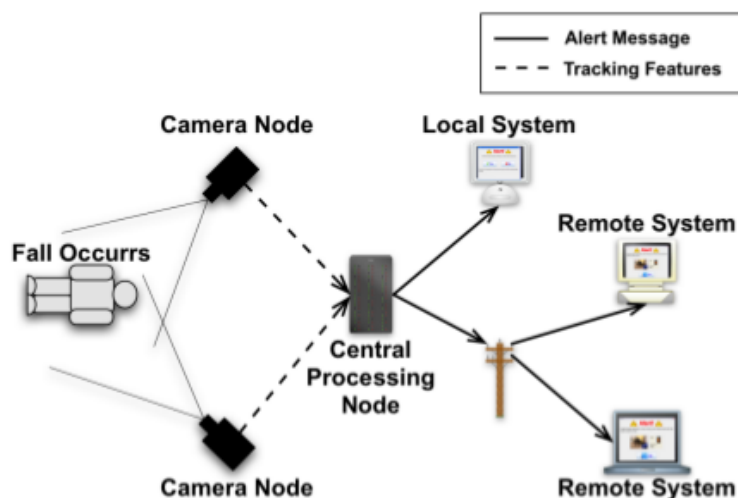


Figura 2.3: Processo de detecção de quedas e alertas descrito no trabalho [4].

Em [7] é utilizado o sinal áudio em conjunto com o vídeo para inferir acerca de uma possível queda. O sinal áudio torna-se essencial para distinguir entre uma pessoa que se sentou ou que caiu. Consideram-se processos de textitMarkov<sup>2</sup> que permitem perceber se o comportamento do indivíduo está de acordo com o previsto ou não e assim tomar as medidas necessárias.

Embora cada aplicação tenha as suas mais-valias e a precisão dos sistemas onde o sinal vídeo é utilizado seja bastante elevada, existe a questão da privacidade que resulta numa baixa aceitação deste tipo de sistemas por parte de pessoas idosas.

A grande preocupação nos trabalhos identificados permanece na detecção de quedas e na fiabilidade dessa detecção.

## 2.2 Monitorização de Idosos

## 2.3 IEEE 802.15.4 e ZigBee

Tecnologia ZigBee 802.15.4 e protocolo de encaminhamento AODV;

## 2.4 Algoritmos de Localização

Diversas opções disponíveis. Vantagens e desvantagens; Tabela comparativa; Descrição matemática do HORUS; O esquema que eu vou usar difere na medida em que o cálculo é feito na base station e não no mobile node

---

<sup>2</sup>Processo sem memória onde podem ser feitas previsões do futuro com base somente no estado presente, sendo o futuro e passado do processo considerados independentes

# 3

## Plataforma de Simulação

### Conteúdo

3.1	Escolha da Framework . . . . .	10
3.2	Sensores Wireless . . . . .	10
3.3	Propagação e Decisão . . . . .	10
3.4	Obstáculos . . . . .	10

### **3. Plataforma de Simulação**

---

Pequena introdução.

#### **3.1 Escolha da Framework**

Diversas opções disponíveis; Vantagens e desvantagens de cada; Fundamentação da escolha

#### **3.2 Sensores Wireless**

Explicação das soluções existentes na simulação e a forma como se aplicam à realidade;

#### **3.3 Propagação e Decisão**

Explicação dos diversos modelos existentes e do escolhido

#### **3.4 Obstáculos**

Explicação da solução implementada e valores a utilizar

# 4

## Arquitectura do Sistema

### Conteúdo

---

4.1	Pressupostos e Estrutura . . . . .	12
4.2	Ficheiros XML de Configuração . . . . .	12
4.3	Network Layer . . . . .	12
4.4	Application Layer . . . . .	12

---

## 4. Arquitectura do Sistema

---

Pequena introdução.

### 4.1 Pressupostos e Estrutura

Limitações da framework que vão diferir da realidade; Explicação de todos os intervenientes no sistema: nós móveis, estáticos e de base; A forma como estão interligados; A forma como é feita a escalabilidade e distinção entre redes de andares diferentes; O tipo de nós presentes no sistema.

### 4.2 Ficheiros XML de Configuração

RadioMap; RadioMapClusters; Normal standard; Esquema com os diversos ficheiros;

### 4.3 Network Layer

Tipos de mensagens da camada Netw e fluxogramas como a forma como essas mensagens são tratadas por cada tipo de nó; Estruturas que fazem parte da camada Netw utilizadas; Exemplo com imagens do AODV a funcionar; NetwToApplicationInfo para transportar informação acerca da potência do sinal;

### 4.4 Application Layer

Explicação da mensagem HoHuT e a forma como é usada para transportar informação; Explicação do comportamento, por fluxograma, de cada um dos app layers da camada App;

# 5

## Resultados

### Conteúdo

5.1	Potência Recebida . . . . .	14
5.2	Criação dos RadioMaps e RadioMapClusters . . . . .	14
5.3	Localização . . . . .	14
5.4	Throuput . . . . .	14
5.5	Escalabilidade . . . . .	14

## 5. Resultados

---

Pequena introdução.

### 5.1 Potência Recebida

Histogramas das potências recebidas para situação parada, em movimento e com obstáculos;  
Correlação entre amostras

### 5.2 Criação dos RadioMaps e RadioMapClusters

Demonstração do caminho escolhido para construir os radiomaps e mobilidade utilizada

### 5.3 Localização

Análise dos erros de posição; Análise do boost de performance por causa do uso de clusters;  
Análise do efeito do centro de massa e do time avg;

### 5.4 Throuput

Análise do throughput nos diversos casos de estudo Análise de pacotes perdidos

### 5.5 Escalabilidade

Análise do ponto em que é necessário adicionar mais uma baseStation Análise do sistema com mais que uma base station



# 6

## Conclusões

### Conteúdo

6.1 Trabalho Futuro . . . . .	16
-------------------------------	----

## 6. Conclusões

---

Pequena intrdução

### 6.1 Trabalho Futuro

Aquilo que se deveria ter feito mas não se fez por alguma razão. Eventuais evoluções ou melhorias ao trabalho feito. Possibilidade do sistema auto-construir o radioMap com base em nos estaticos que conhecem a sua posicao.

# Bibliografia

- [1] D. of Economic and S. A. P. Division, World Population Aging 1950-2050, United Nations Std., 2001. [Online]. Available: <http://www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050/>
- [2] A. M. Tabar, A. Keshavarz, and H. Aghajan, "Smart home care network using sensor fusion and distributed vision-based reasoning," in In Proc. of VSSN 2006. ACM Press, 2006, pp. 145–154.
- [3] H. Aghajan, J. C. Augusto, C. Wu, P. McCullagh, and J. ann Walkden, "Distributed vision-based accident management for assisted living," in In Int. Conf. on Smart homes and health Telematics ICOST 2007. Springer-Verlag, 2007, pp. 196–205.
- [4] A. Williams, D. Xie, S. Ou, R. Grupen, A. Hanson, and E. Riseman, "Distributed smart cameras for aging in place," in In ACM SenSys Workshop on Distributed Smart Cameras, 2006.
- [5] A. Keshavarz, A. M. Tabar, and Ham, "Distributed vision-based reasoning for smart home care," in ACM SenSys Workshop on Distributed Smart Cameras DSC 06, 2006.
- [6] A. G. Hauptmann, J. Gao, R. Yan, Y. Qi, J. Yang, and H. D. Wactlar, "Automated analysis of nursing home observations," in Pervasive Computing, IEEE, vol. 3. Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, PA, USA, April-June 2004, pp. 15–21.
- [7] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, and A. E. Çetin, "Hmm based falling person detection using both audio and video," in IEEE International Workshop on Human-Computer Interaction. Springer-Verlag GmbH, 2005, pp. 211–220.





## **Apêndice 1**

