

Agentes e Sistemas Multi-agente aplicados a Smart Homes

Maria Laura de Araújo Barbosa
pg42844@alunos.uminho.pt

Universidade do Minho
Departamento de Informática
4710-057 Braga Portugal

Abstract. Um *Agente* pode ser visto de forma simplista como algo que interage com o meio ambiente através de sensores e actuadores. Os *Sistemas Multi-agente*, por sua vez, são estruturas compostas por múltiplos *Agentes* que se comportam de forma autónoma e interagem entre si de modo a realizar tarefas e obter a solução para um problema comum. Estes sistemas constituem um campo relativamente novo nas ciências da computação mas que tem obtido um rápido crescimento. [1].

Este artigo tem como objetivo expor ideias relativas à relação entre os conceitos de *Agente*, *Sistemas Multi-agente* e as *Smart Homes*, assim como analisar requisitos, funcionalidades, algumas metodologias de software e uma análise crítica de projetos existentes.

Os *sistemas Multi-agente* permitem criar uma casa inteligente que tem capacidade de adquirir conhecimentos sobre os seus habitantes e sobre o contexto em que se encontra, com o objetivo de se adaptar e atender aos requisitos de conforto e eficiência dos utilizadores. [2].

Keywords: Agente · Sistema Multi-agente · Smart Homes

1 Introdução

Este artigo foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular *Agentes Inteligentes*, do mestrado em Engenharia Informática na universidade do Minho e servirá como o único instrumento de avaliação individual da UC. O objectivo principal foi a criação de um estado de graça sobre *Agentes e Sistemas Multi-agente* no contexto das *Smart Homes*.

De um modo geral, podemos dizer que *Sistemas Multi-agente* (SMA), são compostos por vários elementos de computação interactiva: os *Agentes*. Por sua vez, eles são capazes de realizar ações autónomas, interagir com outros *Agentes* e de, até certo ponto, decidir por si próprios [4]. Graças a estas características, os SMA, possuem uma elevada aplicabilidade em diversas áreas, nomeadamente no domínio das *Smart Homes* onde vários projectos tem vindo a ser desenvolvidos. As nossas casas, ainda que não sejam um prototipo de casa inteligente possuem já alguns mecanismos que ajudam o ser humano nas tarefas do dia a dia, e conferem maior segurança e sustentabilidade a habitação. Entre os agentes mais populares

e mais usados nas casas de cada um de nós, podemos realçar as câmaras de vídeo vigilância, sensores de movimento, sensores de gás, robôs de aspiração e robôs de cozinha.

Este documento encontra-se dividido em 6 capítulos: *Introdução, Agente, Sistema multi-Agente, Smart Homes, Analise de projectos existentes e Conclusão*.

2 Agente

2.1 Definições de Agente

Os *Agentes* possuem, nos dias de hoje, elevada aplicabilidade e para cada uma são requeridas diferentes características dos agentes. Por exemplo, a capacidade de aprender com experiências passadas pode num determinado caso ser o objectivo da aplicação e noutra ser completamente indesejado. Devido a esta diversidade, não existe uma definição exacta do que é um agente. A literatura relacionada com a área, apresenta uma grande variedade de definições. Das mais conhecidas destacam-se:

“Um agente é algo que obtém informação e conhecimento do ambiente através de sensores e atua nesse ambiente através de atuadores” [6].

“... Algo que age ou tem o poder ou autoridade para agir ... ou representar alguém” [9].

“Agentes como componentes persistentes e ativos que percebem, raciocinam, atuam e comunicam”. [8].

“Um agente é uma peça de hardware ou (mais normalmente) um sistema computacional baseado em software que goza das seguintes propriedades: autonomia, reactividade, pró-actividade e habilidade social” [1]

Esta última definição, que foi apresentada por Wooldridge e Jennings em [1], é uma das mais conhecidas, aceites e debatidas no meio da comunidade. Ela define que um *Agente* é um sistema computacional dotado das seguintes propriedades:

- **Autonomia.** Os agentes controlam as suas ações e funcionam sem necessidade de intervenção de outros.
- **Flexibilidade.** Os agentes têm perceção do ambiente e mediante uma alteração no meio têm a capacidade de se adaptar.
- **Iniciativa.** Os agentes não agem apenas em resposta ao ambiente. Têm a capacidade de tomar a iniciativa, isto é, conduzir as suas próprias ações.
- **Habilidade Social.** Os agentes tem capacidade de interação e comunicação com outros agentes ou Humanos.

Para Wooldridge e Jennings, estas propriedades podem ser estendidas definindo uma *noção forte de Agente*. Um *Agente* é considerado forte, quando apresenta capacidades cognitivas, passíveis de desenvolver a sua própria consciência, exibir sentimentos, perceções e emoções tal como o ser humano. [1, 5, 6]. Deste modo,

nesta noção, as seguintes características são pretendidas para os *Agentes*: **Mo-bilidade, Benevolência, Verdade, Racionalidade, Conhecimento, Inteligência e Capacidade de aprendizagem.**

3 Sistemas Multi-Agente

Tal como a definição de *Agente*, um *Sistema multi-agente (SMA)* não reúne consenso em relação a sua definição formal.

Um SMA tem associado um conjunto de entidades, *Agentes*, que cooperam entre si de forma a solucionar um dado problema que normalmente está muito além das suas capacidades individuais[7]. Estes sistemas dividem tarefas de um problema original e cooperam entre si durante a resolução das mesmas. Cada agente é o responsável pela determinação de uma solução autónoma para a tarefa atribuída, baseada em informações recolhidas do seu ambiente, e pela interacção com os outros agentes que compõem o sistema SMA (Figura 1).

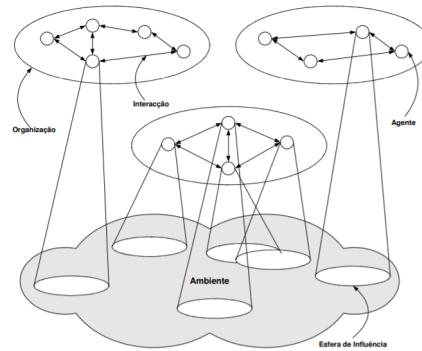


Fig. 1. Estrutura de um sistema *Multi-agente* [3]. Cada *Agente* apenas possui conhecimento sobre uma parte do ambiente. À secção do ambiente que é do conhecimento do *Agente* chamamos *esfera de influência*.

4 Smart Homes

A definição de *Smart Home* não é única. Consultando a literatura da área podemos obter várias definições. Para Martins e Meneguzzi, no trabalho publicado em 2013 [11], *Smart Home* é o termo utilizado para definir uma residência que contém aparelhos capazes de comunicar entre si e que podem ser operados de forma remota por um sistema de controlo.

Assim casas inteligentes, correspondem a um ambiente que possui sistemas instalados que são capazes de monitorizar a habitação na ausência de proprietários, analisar e modificar as condições existentes, ou ainda realizar tarefas domésticas

como o controle de alimentos que se encontram no frigorífico, análise da temperatura, aquecimento de água, aspiração do chão ou até realizar a separação do lixo. Tudo isto, promove não só o aumento do conforto da vida dos moradores, como adapta as condições do ambiente as suas necessidades, e ainda transforma a casa mais sustentável, minimizando os consumo de energia, água ou comida. [18]. Numa casa inteligente, pretende-se ajudar os usuários na execução das tarefas mas também motiva-los a alterar os seu hábitos de vida.

A monitorização e gestão de *Smart Homes* pode utilizar o paradigma de *Sistemas multi-Agentes*. Uma vez que se trata, grande parte das vezes, de ações reativas com o meio ambiente este paradigma fornece uma estrutura flexível, que permite comunicação e negociação entre os seus componentes permitindo tomar decisões complexas de forma muito eficiente.

Os agentes, no *SMA*, estão especializados numa tarefa da casa, atuando individualmente, conectando-se através de uma rede de intercomunicação para executar, na maioria das vezes, de forma cooperativa as suas atividades. Além disso, encontram-se localizados em vários lugares (de acordo com as tarefas que é necessário desempenhar) o que indica que são os responsáveis por uma área específica (que corresponde a sua esfera de influência).

Estes sistemas possuem uma conjunto de dispositivos que recolhem informações presentes no meio ambiente, os sensores. Além disto, possuem um conjunto de dispositivos, os efetores, que vão atuar sobre o ambiente alterando o seu estado. O sistema executa um conjunto de ações que promovem o processamento dos dados recolhidos pelos sensores e com um conjunto de metas pré definidas alterar o ambiente de acordo com as preferências e exigências do utilizador.

O *SMA* deve ainda ser capaz de reportar o erro, informando os habitantes se alguma parte deixar de funcionar, bem como supervisionar a atribuição de tarefas, troca de dados entre *Agentes*, controlar o processo de tomada de decisão com base na sua perceção do ambiente com a ambição de atingir um ou mais objetivos. Por exemplo, supondo que se verifica a necessidade de regar as plantas que se encontram em varias divisões da casa, se apenas, o agente da sala responsável por essa tarefa, a executar a mesma não pode ser dada por concluída. O sistema deve ser capaz de tratar cada uma das possíveis falhas, recolhendo e processando dados do ambiente de acordo com as necessidades atuais.

4.1 Requisitos dos *Agentes* no contexto deste sistemas

Das propriedades descritas no capítulo 2, **Autonomia** e **Flexibilidade**, podem ser consideradas das mais importantes para o contexto de casas inteligentes. Esses dois conceitos garantem que o sistema não requer ser manipulado por terceiros, e que as ações são baseadas em mudanças no ambiente de uma casa inteligente. Além destas, é também essencial que os *Agentes* apresentem **Habilidade Social** permitindo a interação dos *Agentes* com os habitantes da casa e com outros *Agentes* e **Capacidade de aprendizagem** que lhe permita moldar-se de acordo com as ambições dos utilizadores.

4.2 Arquitetura de Interações e colaborações

O sistema é geralmente constituído por quatro tipos principais de agentes: sensores, atuadores, responsáveis pela decisão e gestores de base de dados (como mostra a figura 2). Esta arquitetura permite realizar uma recolha e processamento de informações de modo eficiente e distribuída [19]. Cada agente possui um conjunto de crenças, desejos e intenções, que partilham crenças por meio de comunicação com outros agentes. Dado um conjunto de crenças, cada agente pode ponderar o seu comportamento a curto prazo, de acordo com a sua observação de situações e eventos recentes, para atingir um objetivo desejado.

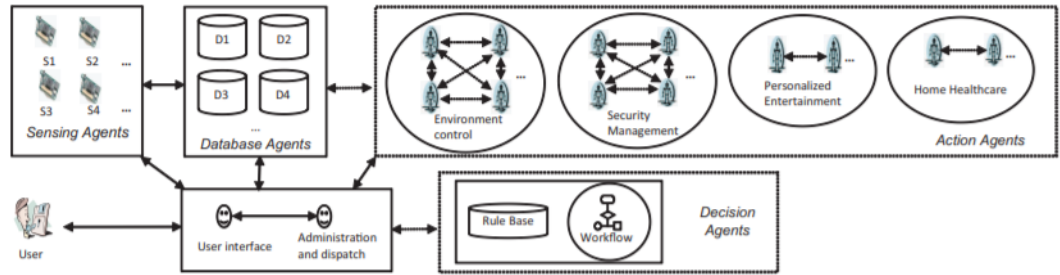


Fig. 2. Arquitetura Sistema Multi-agente para Smart Homes [19]

Importa assim analisar algumas metodologias de coordenação, comunicação e aprendizagem que é possível adotar no contexto de sistemas multi agente e que podem ser adotadas na criação de SMA para uma *Smart Home*

4.3 Arquitecturas de Comunicação

Na nossa definição de *Agente*, no contexto de casas inteligentes assume-se que estes tem capacidade de se comunicar e de interagir com humanos ou outros *Agentes* presentes no ambiente.

Huhns e Stephens mostram que a comunicação entre os agentes pode assumir uma de duas arquiteturas básicas [16], sendo ambas aplicadas no domínio da comunicação numa *Smart Home*.

Comunicação Direta: Os *Agentes* tratam da sua própria comunicação sem intervenção de qualquer outro *Agente*. Neste tipo de arquitetura, cada agente comunica diretamente com qualquer outro sem intermediário. Mas se todos decidirem comunicar em simultâneo pode ser originado um bloqueio na rede.

Comunicação Assistida: Os *Agentes* contam com a ajuda de "*Agentes facilitadores*" para estabelecerem comunicação com os restantes. Nesta arquitetura se um *Agente* pretender enviar uma mensagem a outro, terá primeiro de a encaminhar para o "*Agentes facilitador*" responsável por a reencaminhar até ao seu destinatário. O problema é que se o "*Agente facilitador*" sofrer alguma adversidade que o impeça de cumprir o seu papel, todo o sistema deixa de conseguir comunicar. Esta é arquitectura mais frequentemente aplicada no contexto de Smart Homes, que usualmente possuem um agente responsável pela comunicação e interação com o utilizador, reencaminhado depois as suas necessidades e ambições aos restantes agentes responsáveis por colocar a tarefa em execução.

4.4 Aprendizagem em SMA

A capacidade de aprendizagem é uma característica importantes dos SMA. No contexto de uma casa inteligente é essencial assegurar a aprendizagem dos *Agentes* enquanto entidades solitárias mas também é importante assumir que os *Agentes* aprendam em conjunto e que a sua aprendizagem seja influenciada pela troca de informações, pontos de vista comuns sobre o ambiente, entre outras [15].

Um ambiente de casa inteligente deve ser capaz de adquirir e aplicar conhecimentos sobre os seus habitantes de forma a se adaptarem aos habitantes e cumprir os objetivos de conforto e eficiência. O agente precisa prever a próxima ação do usuário de modo a automatizar as tarefas repetitivas selecionadas para o habitante. O sistema faz essa previsão com base nos dados obtidos pela interação do habitante com vários dispositivos.

4.5 Metodologias de Coordenação

Os *Agentes* não tem informação completa sobre ambiente que os rodeia. Para garantir coerência na interação entre os *Agentes* e com o meio, surge a necessidade de coordenação e controlo dos comportamentos de cada um. Construir um sistema de múltiplos *Agentes* que executem um conjunto de tarefas numa casa inteligente, passa por gerir e **coordenar** as relações entre eles e as suas dependências num dado domínio.

Importa assim definir o conceito de coordenação no contexto SMA. Mais uma vez, a literatura oferece uma vasta quantidade de definições, que destacam a noção de grupo, equilíbrio e o trabalho por um objetivo comum. Luís Paulo Reis em [10], considerou que coordenação é: "*O acto de trabalhar em conjunto de forma harmoniosa no sentido de atingir um acordo ou objectivo comum*".

Coordenação de Agentes Competitivos

Os *Agentes Competitivos* têm as suas motivações próprias e não estão normalmente interessados no bem da comunidade mas sim na sua satisfação pessoal. Neste caso, a **Negociação** é a principal forma para atingir acordos entre agentes competitivos.

É fácil perceber que pode ocorrer competição entre os membros de uma casa.

Podemos ver a nossa sociedade como um *sistemas Multi-agente*. Diariamente, nós humanos, estabelecemos relações com outros e infelizmente em alguns casos a única forma de ganhar implica que os nossos adversários percam.

Coordenação de Agentes Cooperativos

Estes *Agentes*, quando se encontram no domínio de uma casa Inteligente, operam de forma a incrementar a utilidade global casa e não a sua utilidade pessoal. Além disto, existe uma preocupação com o aumento do desempenho global do sistema. Nos últimos anos são cada vez mais os *Agentes* que são construídos com o objectivo específico de trabalharem como membros de uma equipa e serem implementados no contexto de casas inteligentes. A estratégia usada para resolver o problema pode ser dividida em três etapas: a divisão do problema em subproblemas, a solução dos subproblemas e a combinação final das soluções.

4.6 Principais vantagens dos SMA nas *Smart Homes*:

- **Simplificação de um problema pela distribuição de tarefas.** Um problema complexo pode ser resolvido pela atuação de vários *Agentes*. A cada um é atribuída uma tarefa para a qual obtém um resultado. No final, os *Agentes* trocam entre si as informações obtidas concluindo a solução para o problema inicial. Isso é importante porque a casa em que o sistema está instalado pode ser muito grande e uma mesma tarefa pode necessitar ser realizadas em locais diferentes.
- **Robustez e Tolerância ao erro.** A capacidade de mesmo quando as tarefas são muito divididas pelos *Agentes* do SMA, o sistema tolerar falhas de um ou mais *Agentes*.
- **Escalabilidade.** Graças a sua característica modular é bastante simples adicionar novos agentes para executar uma tarefa.
- **Reutilização** de agentes para desempenhar uma tarefa diferente da que foi inicialmente utilizado.
- **Manutenção acessível a qualquer cidadão.**
- **Interação simples.**

4.7 Principais desvantagens dos SMA nas *Smart Homes*:

- **Custo** Um dos grandes entraves da implementação de um sistema multi Agente numa casa comum de modo a torna-la um ambiente inteligente, é o custo bastante elevado dos aparelhos que a maioria das pessoas não pode suportar.
- **Sistema sujeito a acidentes e erros;** O Sistema inteiro não falha se um componente (*Agente*) falhar. Uma falha, pode causar uma desordem no sistema e originar resultados diferentes dos esperados.

5 Análise de projetos existentes

A Smart Home Model Using JaCaMo Framework

Em [11] é apresentado um modelo de casa inteligente, que possui capacidade de manipular a potência de um sistema eléctrico com o objectivo de equilibrar a variação de energia na rede. Foi usada a framework *JaCaMo* para a construção do modelo. Esta é uma plataforma de desenvolvimento que une conceitos de programação orientada a agentes, programação orientada a interacção e programação orientada ao ambiente [13, 14].

O sistema criado evita picos na corrente eléctrica e gere o seu consumo. Como foi dito anteriormente, o projeto recorreu a framework *JaCaMo* que permite trabalhar o modelo da casa como um *Sistema multi-Agente*, criando *Agentes* inteligentes e objetos manipuláveis. Neste projecto cada objecto possui dois estados: ligado ou desligado. Não permite por isso efetuar a análise tendo em conta fases intermédias. Seria interessante a existência de um terceiro estado: "Suspendido", no qual o gasto energético é baixo mas não nulo. Além disto, não são consideradas as preferências dos utilizadores nem avaliado o grau de conforto que estes pretendem usufruir.

An Agent-based Approach for Adapting the Behavior of Smart Home Environment

Davide Cavone em [12] publicou um artigo onde apresenta uma proposta que recorre a agentes para controlar de forma autónoma uma casa, criando um ambiente inteligente. Este sistema é implementado tendo como referência um único usuário idoso. O sistema deteta ocorrência no meio e tendo em conta os objetivos do utilizador, são elaboradas uma serie de tarefas a serem aplicadas no ambiente. Destaca-se a capacidade de adaptação ao comportamento do usuário, alterando, se necessário, as suas ações. A figura 3 apresenta um esquema da arquitectura implementada.

Podemos destacar 4 classes de agentes.

- **Sensor Agents (SA).** Fornecem informação do meio (ou seja, parâmetros de temperatura, nível de luz, humidade etc)
- **Butler Agent (BA).** Fornece serviços de forma inteligente. Atua tendo em conta o contexto. Possui capacidade de adaptação a mudança.
- **Effector (EA) e Interactor (IA) agents.** Cada dispositivo é controlado por um EA, que raciocina sobre a viabilidade da ação que se vai realizar. Quando esta é comunicativa, os IA, são responsáveis pela interação com o usuário.
- **Housekeeper Agent (HA).** Atua como mediador, uma vez que tem conhecimento de todos os *Agentes* presentes na casa e das tarefas que cada um deve cumprir.

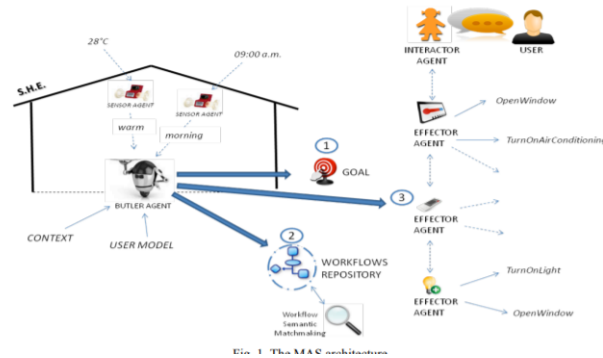


Fig. 3. Arquitetura do SMA [12]

Apesar do sistema ter como objetivo otimização do quotidiano do utente, ele apresenta alguns problemas. É necessário pensar qual vai ser a reação do sistema após receber um feedback negativo para uma ou mais ações. E neste caso é importante perceber se esta ação deve ser vista com uma exceção ou influenciar a alteração dos modelos de raciocínio. De acordo com a estrutura do sistema estas mudanças de situação podem não ser corretamente detetadas e levar o sistema a tomar ações que já não sejam necessárias.

6 Conclusões

Ao longo da escrita deste projecto foi possível concluir que embora a construção de *Agentes* individuais seja muito importante, para a grande maioria das aplicações é necessário que eles trabalhem em conjunto com outros *Agentes* ou mesmo até com Humanos. Assim para que o trabalho de equipa seja bem sucedido, é necessário analisar as metodologias que existem para construir *Sistemas Multi-agente* e gerir as suas iterações. Estas interações têm de ser adequadamente coordenadas e por isso estabeleceu-se a separação entre *Agentes Competitivos*, que são essencialmente egoístas, e *Agentes cooperativos*, que se preocupam com o desempenho global do sistema. Ou seja, adaptar o ambiente de acordo com as preferências do usuário de modo a aumentar o desempenho na realização das principais tarefas do dia a dia e otimizar o consumo de energia dos sistemas envolvidos. As estratégias de coordenação, comunicação e aprendizagem de *Agentes* em *Sistemas Multi-agente* foram já testadas em inúmeros projetos na área das Smart-Homes.

References

1. Wooldridge, Michael J. e Jennings, Nick R., Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey. Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages, 11th European Conference on Artificial Intelligence, Amsterdam, The Netherlands, 1994

2. D. J. Cook and M. Youngblood, Smart Homes, ser. Berkshire Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Berkshire Publishing Group, 2004
3. Wooldridge, Michael, Intelligent Agents. em Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, editado por Gerhard Weib, MIT Press, pp.27-77, 1999
4. Wooldridge, Michael, An Introduction to Multi-Agent Systems, John Wiley & Sons, Ltd, 2002
5. Ferber, Jacques, Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence, Addison-Wesley, Longman Inc., New York, 1999
6. Russel, Stuart e Norvig, Peter, Artificial Intelligence – A Modern Approach, Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, 1995
7. E H Durfee, and Jeffery Rosenchien. "Distributed Problem Solving and Multi Agent Systems: Comparisons and Examples", In Proceedings of the Thirteenth International Distributed Artificial Intelligence Workshop, pp 94-104, July 1994.
8. Huhns, M. N. e Singh, M. P., editores, Readings in Agents, Morgan Kaufmann Publishers, 1997
9. Pickett, Joseph P. et al. editores, The American Heritage® Dictionary of the English Language, 4th edition, Boston, Houghton Mifflin, 2000
10. Reis, Luís Paulo, Sistemas Multi-Agente, LIACC (NIADR) – Research Report, Abril de 2002
11. Rodrigo Martins and Felipe Meneguzzi. A smart home model to demand side management. In Workshop on Collaborative Online Organizations (COOS'13) @AA-MAS, 2013
12. CAVONE, Davide et al. An Agent-based Approach for Adapting the Behavior of a Smart Home Environment. In: WOA. 2011. p. 105-111.
13. BOISSIER, Olivier et al. Multi-agent oriented programming with JaCaMo.Science of Computer Programming, v. 78, n. 6, p. 747-761, 2013
14. RICCI, Alessandro; PIUNTI, Michele; VIROLI, Mirko. Environment programming in multi-agent systems: an artifact-based perspective.Autonomous Agents and MultiAgent Systems, v. 23, n. 2, p. 158-192, 2011.
15. Weiss, Gerhard, Adaptation and Learning in Multi-Agent Systems: Some Remarks and a Bibliography. Em Weiss, G., e Sen, S. (Editores.) (1996). Adaptation and Learning in Multi-Agent Systems. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 1042, pp. 1-21, Springer-Verlag, 1996
16. Huhns, Michael e Stephens, Larry M., Multiagent Systems and Societies of Agents, em Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, editado por Gerhard Weiss, The MIT Press, Cap 2, pp. 121-164, 1999
17. Luís Paulo Reis, Junho de 2003,Coordenação em Sistemas Multi-Agente. Tese de Mestrado em Aplicações na Gestão Universitária e Futebol Robótico. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 487 pp.
18. Pedrasa, M.A.A.; Spooner, T.D.; MacGill, I.F. Coordinated scheduling of residential distributed energy resources to optimize smart home energy services. IEEE Trans. Smart Grid 2010, 1, 134–143.
19. Qingquan Sun , Weihong Yu , Nikolai Kochurov , Qi Hao and and Fei Hu. A Multi-Agent-Based Intelligent Sensor and Actuator Network Design for Smart House and Home Automation, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Alabama, Tuscaloosa,