

Utilização de redes sensoriais ‘wireless’ na promoção da eficiência energética em ambiente doméstico

António J. Gano¹, Pedro A. Rocha², A. Miguel de Campos³, Maria J. Martins⁴

LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P
Unidade de Sistemas Electrónicos para a Energia
Estrada do Paço do Lumiar, 22, 1649-038 Lisboa, Portugal

¹ antonio.gano@ineti.pt, ² pedro.rocha@ineti.pt, ³ miguel.campos@ineti.pt, ⁴ maria.martins@ineti.pt

RESUMO

A contribuição das tecnologias de electrónica, computação e comunicação de dados para o aumento da eficiência energética em edifícios residenciais e para a promoção da redução do consumo energético por parte dos utilizadores domésticos tem vindo a merecer um aumento de atenção por parte do sector de construção europeu e das instituições de Investigação e Desenvolvimento. Neste artigo, apresenta-se um projecto em curso que tem como principal objectivo o desenvolvimento de um sistema de gestão energética de baixo custo, projectado de modo a facilitar a promoção de uma maior eficiência no consumo de energia no segmento residencial. O sistema interagirá de um modo não intrusivo com os utilizadores, recolhendo informação útil para os orientar e auxiliar no esforço de redução do consumo e do valor da sua factura energética, assegurando condições de conforto e bem-estar na habitação. A infraestrutura tecnológica que possibilita a monitorização ambiental e o controlo energético tem por base uma rede digital distribuída, com diversos nós sensoriais inteligentes, e uma aplicação de controlo e gestão da informação, actualmente em fase de desenvolvimento.

Apresentam-se as actividades de I&D em curso e referem-se áreas consideradas mais importantes para as actividades de desenvolvimento futuro do ‘software’ aplicacional do actual sistema.

Palavras-chave: Edifícios, eficiência energética, redes sensoriais

INTRODUÇÃO

Durante a última década, a preocupação com a eficiência energética e com a redução de consumos nos espaços habitacionais tem vindo a crescer na Europa, devido ao aumento do consumo de energia verificado em anos recentes. Presentemente, o consumo energético nos espaços habitacionais representa uma fatia importante do consumo energético global, correspondendo a cerca de 40% das necessidades globais de energia [2,10].

A promoção do aumento da eficiência energética em edifícios residenciais e da redução do consumo energético por parte dos utilizadores domésticos tem vindo, por isso, a merecer um aumento de atenção, não só por parte das empresas do sector da energia como também por parte das empresas do sector de construção e das instituições de Investigação e Desenvolvimento (I&D) europeias, dando origem a várias iniciativas importantes de cooperação entre elas, neste domínio, em grande parte inseridas em programas cofinanciados pela União Europeia [1-4]. De entre essas iniciativas, são de referir os projectos AIM [6], BeAware [8], InTube [7], assim como as actividades do consórcio REEB [9] e da associação francesa CSTB [10].

Torna-se cada vez mais claro que, para além da disponibilização e utilização de materiais, equipamentos e electrodomésticos cada vez mais eficientes energeticamente, é importante disponibilizar sistemas automatizados de gestão energética doméstica que facilitem e promovam mudanças comportamentais dos utilizadores, das quais resultem uma diminuição dos seus consumos energéticos. Nesse sentido, tem-se vindo a acentuar a introdução de tecnologias de electrónica, computação e comunicação de dados, habitualmente denominadas TICE – Tecnologias de Informação, Comunicação e Electrónica, no sector da construção e habitação, nomeadamente na área do sector residencial [9,10].

O projecto que se apresenta insere-se nessa tendência e tem como principal objectivo o desenvolvimento de um sistema de gestão energética de baixo custo, destinado ao segmento residencial e com particular incidência no parque habitacional existente, que disponibiliza ferramentas automatizadas que facilitam a promoção de uma maior eficiência no consumo de energia por parte dos consumidores domésticos. O sistema, que utiliza redes sensoriais e

sistemas de processamento de informação de última geração e permite uma integração fácil com sistemas de 'smart metering', será capaz de interagir directamente com os utilizadores domésticos nas suas actividades diárias, recolhendo informação útil para os orientar e auxiliar no esforço de redução do consumo e do valor da sua factura energética.

Como se trata de um projecto que está ainda numa fase inicial de desenvolvimento, apresentam-se neste artigo apenas os conceitos gerais envolvidos e as actividades de desenvolvimento preliminares que se consideram mais relevantes para a sua evolução futura.

OBJECTIVOS DO PROJECTO

O objectivo principal do projecto em curso é o desenvolvimento de um sistema que permite a gestão interactiva de equipamentos no espaço residencial com base na utilização de tecnologias de electrónica, computação e comunicação de dados, e se insere no domínio da Inteligência Ambiente (Aml – 'Ambient Intelligence') [11].

O sistema é constituído por uma unidade de gestão e controlo e por um conjunto de sensores e actuadores «inteligentes» dispersos, de um modo não intrusivo, no espaço habitacional a monitorizar e interligados numa rede digital, que utiliza comunicação 'wireless' e comunicação através da linha local de distribuição de energia eléctrica.

Este sistema integrado de gestão energética torna possível uma interacção fácil e natural com os utilizadores domésticos, que podem activar um conjunto de funcionalidades do sistema através do seu comportamento diário habitual. O sistema terá a capacidade de aprender e memorizar os perfis de utilização temporal de diversos equipamentos e dispositivos inseridos no espaço doméstico e estará concebido de modo a permitir aos utilizadores uma programação fácil e intuitiva dos principais parâmetros que regem a gestão automatizada de electrodomésticos e de outros equipamentos de utilização mais frequente.

A rede sensorial distribuída é usada para interligar um conjunto de dispositivos «inteligentes» que fornecem à unidade de controlo e gestão informação sobre a ocorrência de certos tipos de comportamentos predefinidos, que determinam a execução de acções específicas de controlo ou gestão. A rede sensorial permite igualmente a recolha de informação sobre a utilização e a ocupação do espaço habitacional por parte dos seus utilizadores, o que permite ao sistema fazer uma análise contextual do seu comportamento diário com relevância para a gestão energética doméstica.

É a partir dessa informação, conjugada com os resultados da análise dos perfis de utilização temporal de equipamentos e dispositivos, que o sistema extrai e memoriza a informação de alto nível que lhe permite a tomada de decisões adequadas ao controlo de diversos electrodomésticos e outros equipamentos consumidores e/ou produtores de energia existentes no ambiente doméstico, em função das preferências e condições de conforto previamente definidas, das tarifas energéticas fornecidas pelos operadores, das estratégias de minimização de consumos, etc.

ARQUITECTURA DO SISTEMA

A arquitectura escolhida tem por base uma rede de dispositivos sensoriais e de actuação dispersa pelas diversas áreas da habitação e um controlador de sistema baseado num computador pessoal, do tipo 'netbook', que recolhe e processa a informação proveniente dos diversos dispositivos e gere interactivamente diversos equipamentos domésticos, tendo em vista a optimização e a minimização do consumo energético. O tipo de rede escolhida é facilmente configurável e expansível em função das necessidades específicas de cada ambiente residencial e disponibiliza uma 'interface' flexível e intuitiva que facilita a incorporação de novos dispositivos no ambiente doméstico, sem necessidade de qualquer configuração por parte dos utilizadores (Fig. 1).

A unidade de gestão e controlo do sistema é responsável pela configuração e gestão dos diversos dispositivos da rede local e pelo processamento da informação distribuída e utiliza conceitos computacionais de Inteligência Ambiente [11,12] para processar e integrar os dados provenientes dos vários objectos 'inteligentes' dispersos no espaço habitacional. Seguindo o paradigma da chamada 'Internet of Things' [5,13,14], os dispositivos formam uma rede de objectos simples, com endereço IP, que comunicam entre si utilizando protocolos de rede amplamente divulgados e utilizados nas redes Internet.

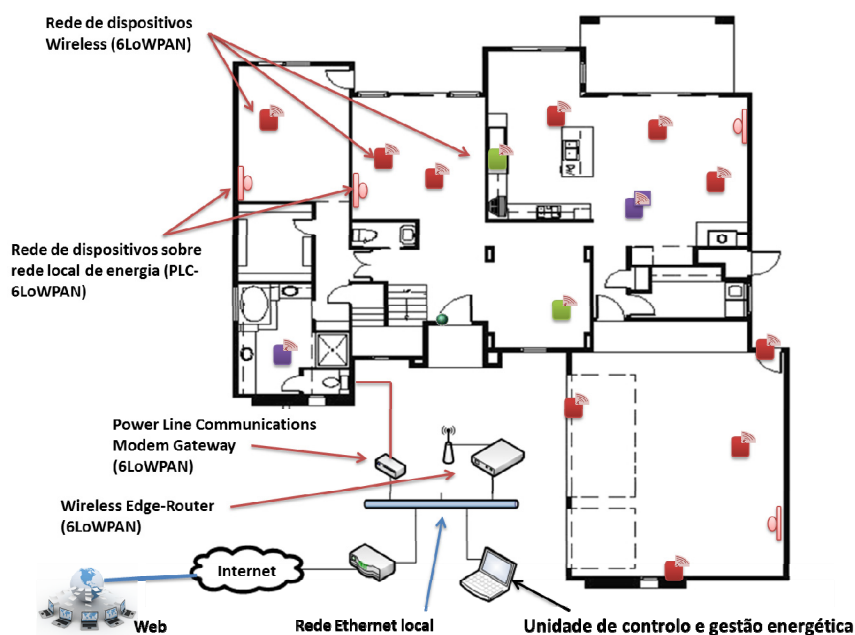


Figura 1: Arquitectura global do sistema de gestão de energia.

O objectivo da Inteligência Ambiente pode ser descrito em termos gerais como sendo a construção de ambientes digitais baseados na integração de sistemas electrónicos com capacidade de processamento de informação em objectos de utilização diária e no uso de redes de comunicação de dados inseridas no ambiente envolvente aos utilizadores, possibilitando interações fáceis e «naturais» dos mesmos com a infraestrutura tecnológica que os rodeia [11]. Não se trata, por isso, da inserção dos utilizadores num ambiente computacional ou tecnológico mas, pelo contrário, da inserção de meios computacionais e tecnológicos no ambiente em que eles vivem, rodeando-os por uma rede distribuída e ubíqua de dispositivos com capacidade de processamento e disponibilização de dados e informação, o que torna esses meios «transparentes» para os utilizadores [12]. É a utilização de uma infraestrutura computacional «escondida» no ambiente que torna possível que o sistema de gestão em desenvolvimento extraia, de um modo não intrusivo, a informação necessária para poder orientar e auxiliar os utilizadores domésticos no esforço de redução do consumo, enquanto estes executam as suas tarefas quotidianas habituais.

A implementação de uma infra-estrutura tecnológica deste tipo depende fundamentalmente da disponibilidade de tecnologias de computação distribuída, utilizando redes de dispositivos computacionais, e da integração em objectos e dispositivos de utilização comum de capacidade de processamento local de informação e de comunicação de dados em rede, de modo a que estes permitam uma interacção fácil e intuitiva dos utilizadores com o meio envolvente e possam, a partir dos dados sensoriais, extrair e fornecer informação relevante à unidade de gestão e controlo.

No sistema em desenvolvimento, com vista a obter uma maior flexibilidade na localização e interligação dos diversos dispositivos sensoriais, utilizam-se dois meios de comunicação: a comunicação sem fios (WSN – ‘Wireless Sensor Networks’) e a comunicação através da rede local de distribuição de energia eléctrica (PLC – ‘Power Line Communications’). Todos os dispositivos em rede possuem capacidade local de processamento de dados e de informação, formando uma rede distribuída de objectos «inteligentes» dispersos pelo espaço habitacional.

O protocolo de rede utilizado nas comunicações entre os vários dispositivos é o protocolo 6LoWPAN (‘IPv6 - Low-power Wireless Personal Area Network’) [13,14,16], tendo sido escolhido por estar de acordo com as características pretendidas para o acesso aos diversos dispositivos sensoriais da rede do sistema. É um protocolo recentemente desenvolvido que se destina essencialmente a ser utilizado em redes sensoriais ‘wireless’ com baixas taxas de transmissão de dados, integrando dispositivos simples, de baixo custo e de baixo consumo de energia. Permite a interligação dos diversos dispositivos utilizando diversos tipos de topologias, nomeadamente, malhas espacialmente distribuídas (redes do tipo ‘mesh network’), sendo que as duas camadas mais baixas da pilha protocolar (‘stack’) são conformes com o ‘standard’ IEEE 802.15.4, utilizado em redes sensoriais de baixo consumo (como, por exemplo, as redes

ZigBee) [15,16]. Um aspecto fundamental que levou à escolha deste protocolo é o facto de ele utilizar um esquema de endereçamento conforme com os protocolos 'standard' IPv6, possibilitando a utilização de protocolos IP de última geração para comunicação de alto-nível entre o controlador de sistema e os diversos dispositivos da rede local na habitação [15].

A utilização deste esquema de endereçamento e de protocolos de comunicação sobre IP, apresenta vantagens imediatas, uma vez que a maior parte das tecnologias IP são já maduras, com décadas de desenvolvimento e de funcionamento, e as redes IP permitem uma fácil integração, interligação e acesso a redes sensoriais distribuídas em ambiente doméstico. Por outro lado, o carácter aberto e 'standard' dos protocolos IP tornam estas tecnologias interessantes para o desenvolvimento, concretização e integração de novas soluções de redes sensoriais para este tipo de aplicações.

A arquitectura de rede e o protocolo de comunicação de dados, utilizado na comunicação entre dispositivos e destes com a unidade de controlo do sistema, facilitam o desenvolvimento, a curto-prazo, de 'software' de acesso remoto ao sistema, através da unidade de controlo e gestão ou individualmente a alguns dos nós da rede de dispositivos, utilizando para isso as mais recentes tecnologias Web (comunicação sobre TCP/IP) como meio de suporte comunicacional. Esta opção permite o acesso e a interacção remota com o sistema de gestão para verificação de consumos energéticos, monitorização do estado global da habitação e actuação sobre alguns dos equipamentos nela existentes (por exemplo, a activação remota de sistemas de aquecimento em dependências específicas).

Estão actualmente em desenvolvimento 3 tipos diferentes de dispositivos que serão incorporados na rede sensorial do sistema global de gestão de energia:

a) *Dispositivos Sensoriais de Medida - DSM*

Os dispositivos sensoriais de medida são nós sensoriais inteligentes que efectuem medidas de diversas grandezas físicas ambientais relevantes para a gestão e controlo dos diversos equipamentos, de modo a permitir a minimização de consumos energéticos e a optimização das condições de conforto e segurança. Como exemplo de grandezas a medir enumeram-se as seguintes, que estão já previstas no sistema em desenvolvimento:

- Temperatura (do ar ambiente, de águas, etc.);
- Humidade relativa do ar;
- Luminosidade ambiente;
- Consumo de energia eléctrica por aparelho ou conjunto de aparelhos;
- Caudal de água e volume de água consumido (por secção da rede interna).

b) *Dispositivos de actuação - DA*

Estes dispositivos de actuação são nós do sistema que permitem actuar remotamente sobre electrodomésticos e outros equipamentos domésticos, através da comutação da sua ligação à rede de energia eléctrica. São normalmente dispositivos que se interpõem entre os aparelhos a comandar e a respectiva ligação à rede eléctrica.

c) *Dispositivos de Sensoriais de Estado e Contexto – DSEC*

Os dispositivos sensoriais de estado e contexto são nós sensoriais inteligentes dispersos no meio ambiente que interagem com os utilizadores domésticos nas suas actividades diárias e permitem obter, de um modo não intrusivo, um conjunto de informações de contexto que permitem ao sistema de gestão determinar os perfis típicos de utilização do espaço e dos equipamentos por parte dos utilizadores domésticos.

A informação a disponibilizar por estes dispositivos é tipicamente binária, isto é, do tipo ligado/desligado, activo/inactivo, presente/ausente, aberto/fechado, etc., sendo possível interligá-los de modo a formarem uma rede de objectos 'inteligentes', capazes de fornecerem informação sobre o seu estado.

Está previsto o desenvolvimento de um conjunto de dispositivos deste tipo, que fornecem indicações sobre:

- O movimento dos utilizadores e/ou objectos, utilizando acelerómetros;
- A presença /ausência de utilizadores, utilizando sensores de contacto, pressão, infravermelhos, ultra-sons, etc.;
- A abertura /fecho de portas e janelas, utilizando sensores de contacto.

Como a estrutura de interligação em rede dos diversos dispositivos é flexível e aberta, é fácil introduzir novas funcionalidades, em termos das grandezas físicas a observar e dos objectivos funcionais a atingir. O sistema integrado a instalar no espaço habitacional será por isso personalizável, podendo evoluir com facilidade de modo a garantir aos utilizadores os meios adequados para estes realizarem uma gestão inteligente e eficaz do consumo energético.

ACTIVIDADES DE DESENVOLVIMENTO EM CURSO

Numa fase inicial do projecto, e com base em sistemas de desenvolvimento disponíveis comercialmente [23,24], foi implementada uma pequena rede com vários nós sensoriais 'wireless' que foi utilizada para adquirir 'know-how' relativamente às redes IPv6, ao protocolo 6LoWPAN e às ferramentas de desenvolvimento disponíveis. Com base nessa rede sensorial, iniciou-se depois o desenvolvimento de uma aplicação de recolha de informação sensorial em ambiente Windows e a concepção e desenvolvimento de dispositivos sensoriais dedicados de baixo custo, utilizando comunicação de dados 'wireless' e o protocolo 6LoWPAN.

A plataforma de desenvolvimento de apoio às actividades em curso consiste num sistema de gestão e aquisição de dados, que gere uma rede que inclui já alguns dispositivos 'wireless' do tipo DSM e DSEC e que permite a recolha de informação e visualização de diversas variáveis físicas ambientais.

Desenvolvimento de nós de rede sensorial 'wireless' com protocolo 6LoWPAN

Encontram-se actualmente em desenvolvimento vários nós sensoriais, com vista à concepção de dispositivos sensoriais e de actuação desenvolvidos por medida. Este conjunto de protótipos em desenvolvimento utiliza módulos de comunicações rádio disponíveis comercialmente, já com o protocolo 6LoWPAN embutido [23], existindo no mercado vários módulos deste tipo que podem ser utilizados nesta aplicação, devido à estrutura modular e flexível dos dispositivos em concepção e ao carácter 'standard' do protocolo utilizado [13,15,23,24].

A estrutura dos dispositivos mais simples é constituída pelo módulo de controlo de comunicações e por um elemento sensorial intermutável, que comunica localmente com o módulo de comunicações através de um protocolo série SPI ou I²C. O dispositivo é alimentado por 3 baterias AAA NiMH recarregáveis (Fig. 2)

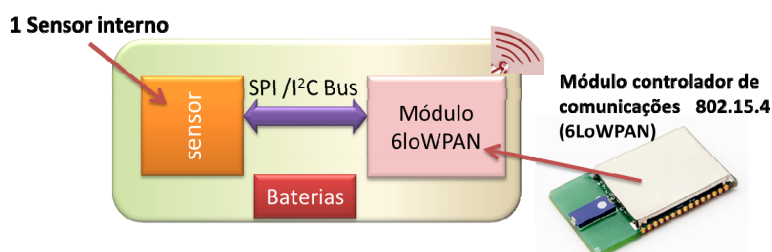


Figura 2: Estrutura de um dispositivo sensorial simples com elemento sensorial interno.

Esta estrutura será usada para a maior parte dos dispositivos de estado e contexto (DSEC) e para alguns dos dispositivos de medida (DM) anteriormente referidos, estando actualmente a ser concebidos dispositivos para medida ou detecção de:

- Temperatura no ar ambiente (na gama [-25 °C, +50 °C], com ±0.5 °C de resolução);
- Humidade relativa no ar ambiente (na gama [0%,100%], com ± 5% de resolução);
- Luminosidade ambiente;
- Movimento espacial tridimensional, utilizando um acelerómetro de 3 eixos;
- Estados de abertura e fecho, utilizando interruptores magnéticos (de efeito Hall);
- Posicionamento espacial e abertura e fecho, utilizando interruptores de contacto e sensores de pressão/força.

Nos casos em que a medida de grandezas físicas impõe a necessidade de elementos sensoriais ou de actuação externos ao dispositivo, este utiliza um co-processador adicional que permite um processamento mais eficaz dos sinais provenientes do elemento sensorial externo, que é também intermutável. Nesses casos, os dispositivos são alimentados continuamente a partir da rede eléctrica e têm capacidade para reencaminhar mensagens, de acordo com o protocolo 6LoWPAN [13,16,23,24].

A maior parte dos dispositivos de medida (DM) e de actuação (DA), referidos anteriormente, usam esta estrutura, estando actualmente a ser concebidos os seguintes dispositivos:

- Dispositivo de medida de consumo de energia eléctrica, com medida de energia consumida acumulada e de potência instantânea (até 5kW) em electrodomésticos, com comutação de energia eléctrica utilizando interruptores de estado sólido;
- Dispositivo de detecção de consumos de 'stand-by' em aparelhos eléctricos, com comutação de energia eléctrica utilizando interruptores de estado sólido (até 5kW);
- Dispositivo de medida de caudal de água em subsecções da rede de distribuição interna, com medida de volume de água consumido;

Como anteriormente referido, pretende-se que em ambos os tipos de dispositivos a estrutura de base seja idêntica, o que confere modularidade à arquitectura, nomeadamente em termos da possibilidade de se utilizarem diversos elementos sensoriais ou de actuação com uma estrutura de base semelhante, tanto em termos de electrónica de interface e controlo como de 'firmware' instalado. Outros objectivos importantes da concepção actualmente em curso têm que ver com a minimização do custo dos diversos dispositivos, com a optimização das suas dimensões para aumentar a flexibilidade do seu posicionamento no ambiente doméstico, com a minimização do consumo próprio de energia e com a maximização da flexibilidade na programação das suas funções por parte do sistema global de gestão de energia.

Desenvolvimento de aplicação de aquisição e processamento de informação

Encontra-se também em desenvolvimento uma aplicação de recolha e tratamento de informação obtida através dos diversos nós sensoriais, actualmente em fase de teste, que implementa uma 'interface' amigável com o utilizador, em termos de programação e de visualização da informação adquirida. Esta aplicação, que é encarada como sendo o embrião da futura aplicação da unidade de controlo do sistema de gestão e controlo de energia em ambiente residencial, está a ser desenvolvida em ambiente Windows utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado 'Processing' [17,20]. Este ambiente de desenvolvimento disponibiliza um conjunto de ferramentas de programação em código aberto e orientado para os objectos e o recurso a uma vasta e diversificada livreria de funções e procedimentos. A aplicação permite a programação da aquisição de várias grandezas físicas e da detecção de eventos, com base nos diversos nós sensoriais já disponíveis, e pode ser integrada em 'browsers' de utilização comum, utilizando código Java acedido como um 'WebService', permitindo o acesso via Internet à informação adquirida (Fig. 3).

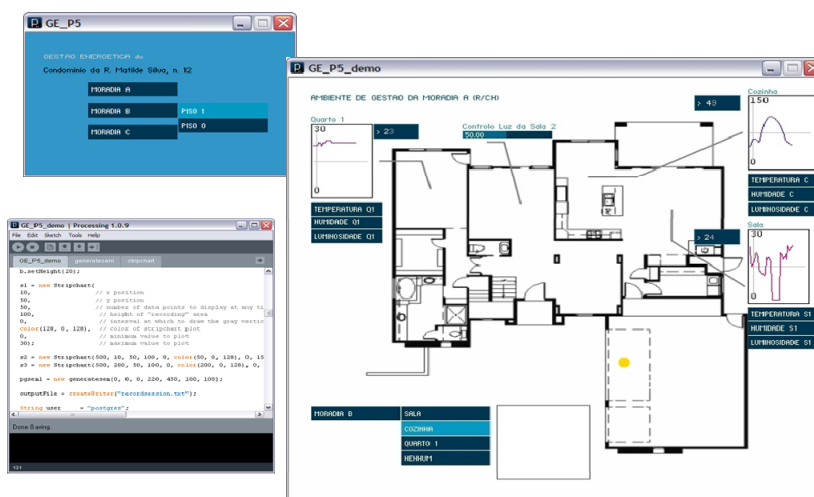


Figura 3: Aquisição e visualização de dados ambientais com a aplicação em desenvolvimento.

Através de comunicação utilizando protocolos de comunicação sobre IPv6, comuns às tecnologias Web mais recentes, esta aplicação permite interagir selectivamente com os vários nós sensoriais da rede e programar individualmente a informação a amostrar em cada nó, assim como o acesso em tempo-real à informação disponibilizada pelos mesmos, sendo a informação relativa aos vários eventos amostrados armazenada localmente numa base de dados do servidor/gestor do sistema de aquisição. Essa base de dados foi implementada usando 'PostgreSQL', um sistema de gestão de bases de dados em código aberto [18,21,22],

sendo os dados gravados em tempo real à medida que vão sendo amostradas as grandezas em causa ou que ocorrem determinados eventos (por exemplo, mudanças de estado de variáveis binárias) (Fig. 4).

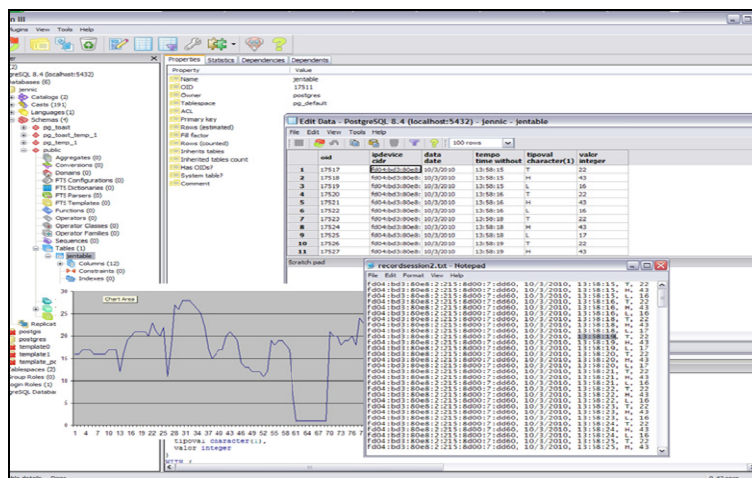


Figura 4: Gestão e processamento da informação adquirida em base de dados.

Actualmente, esta base de dados pode desde já ser consultada remotamente, podendo a informação obtida ser visualizada graficamente na própria aplicação ou ser exportada formatada como texto (num ficheiro do tipo “.csv”) ou usando o formato ‘standard’ XML (com os dados organizados de forma hierárquica) para ser processada por outras aplicações, nomeadamente quando se pretenda aceder aos dados através de outras aplicações Web.

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Pretende-se que o sistema actualmente em desenvolvimento venha a servir como plataforma tecnológica de apoio a futuros projectos, a iniciar a médio prazo, que partilhem do mesmo objectivo de promoção da eficiência energética e da minimização do consumo no ambiente residencial construído. No seguimento das actividades de desenvolvimento agora em curso, pretende-se, por isso, promover um conjunto de projectos de colaboração com outras entidades de I&D e com empresas, para desenvolvimento de ‘software’ aplicacional de gestão e controlo, seguindo as principais metodologias associadas aos conceitos computacionais de Inteligência Ambiente em três áreas consideradas fundamentais:

- Gestão de funcionamento de electrodomésticos no espaço doméstico;
- Gestão de equipamentos de climatização, iluminação e de equipamentos em ‘stand-by’;
- Disponibilização de informação ‘on-line’ sobre os consumos efectuados e actuação remota no ambiente doméstico;

Considera-se que uma das funcionalidades mais importantes de um sistema de gestão de energia doméstica é a possibilidade de gestão interactiva dos períodos de funcionamento de electrodomésticos, que permite auxiliar o consumidor doméstico a tirar partido das melhores tarifas de fornecimento de energia eléctrica (e, eventualmente, de água e/ou gás), com o objectivo de minimizar a respectiva factura energética. Esta funcionalidade é especialmente interessante se for possível interligar o sistema de gestão com sistemas de telecontagem inteligentes (‘smart meters’), a instalar pelos fornecedores de energia junto dos consumidores domésticos, e se estes fornecerem informação em tempo-real sobre tarifários ou sobre outros parâmetros relevantes para a gestão da procura energética por parte dos consumidores finais. Outras três áreas importantes de desenvolvimento são as da gestão de equipamentos de climatização (aquecimento/arrefecimento), da iluminação ambiente e dos diversos equipamentos em ‘stand-by’ presentes nas diversas dependências da habitação.

É o facto de uma parte cada vez mais significativa do consumo residencial advir da necessidade de climatização, tanto em termos do aquecimento da habitação durante o Inverno, como, eventualmente, do seu arrefecimento durante o Verão e os meses mais quentes, que torna muito importante o desenvolvimento de algoritmos que permitam um controlo e gestão mais inteligente dos equipamentos de climatização (aquecedores, ar condicionado ou outros), tendo em conta o comportamento dos utilizadores domésticos e as características térmicas dos

espaços residenciais em causa, de modo a promover uma diminuição do consumo energético, mantendo condições pré-definidas de conforto nas diversas dependências da habitação.

Tendo em vista a promoção da poupança energética, a unidade de controlo do sistema de gestão deverá também possibilitar no futuro a gestão interactiva da iluminação e de equipamentos em 'stand-by', de modo a otimizar e minimizar os respectivos consumos de energia. Neste âmbito, deverá ser analisada a comutação deste tipo de equipamentos em função dos diversos contextos de utilização, que podem ser inferidos a partir da interacção dos utilizadores domésticos com a rede sensorial na sua actividade diária. Tendo em conta os perfis de utilização dos equipamentos e dos espaços habitacionais detectados, o sistema deverá ser capaz de tomar a decisão de desligar automaticamente equipamentos em modo de espera e alterar a iluminação ambiente de modo a minimizar o consumo de energia, sem degradar as condições de conforto ou contrariar as preferências dos utilizadores para um determinado contexto de utilização. Para isso, embora deva possuir modos de controlo automatizado pré-programados, a aplicação de gestão e controlo deverá permitir a sua alteração com base numa acção directa dos utilizadores, através de uma interacção simples como, por exemplo, um gesto.

Finalmente, e não menos importante, há que referir a importância de disponibilizar aos utilizadores domésticos informação em tempo real sobre os consumos efectuados, uma funcionalidade essencial para tentar induzir alterações em alguns dos seus comportamentos diários. O 'software' a desenvolver neste domínio deverá fornecer informação em tempo real sobre os consumos energéticos, desagregados por função (por exemplo: iluminação, aquecimento/arrefecimento, etc.), por dependência, por equipamento, etc., de acordo com as preferências dos utilizadores. A informação disponibilizada poderá incluir não só os consumos de energia eléctrica (incluindo os relativos a fontes alternativas de energia disponíveis) como também de água e gás, fornecendo dados que permitam modificar os hábitos de consumo dos utilizadores, com vista à sua minimização ao longo do tempo. O acesso a esta informação poderá ser também disponibilizado em dispositivos de comunicação/computação pessoal (SmartPhones, PDA's, Netbooks, computadores portáteis, etc.) que poderão ser utilizados como 'interface' alternativa para programação remota de várias funcionalidades e para visualizar informação relevante disponibilizada pelo sistema de gestão.

CONCLUSÕES

Foi apresentado um projecto em curso no LNEG cujo objectivo é o desenvolvimento de um sistema de gestão energética flexível e de baixo custo, destinado a ser aplicado no segmento residencial, que se pretende vir a servir como plataforma tecnológica de apoio a futuros projectos, a iniciar a médio prazo, cujo objectivo seja a promoção da eficiência energética e da minimização do consumo no ambiente residencial construído.

O sistema apresentado possui uma infraestrutura tecnológica de suporte baseada em dispositivos sensoriais inteligentes integrados em redes 'wireless' e usa a sua capacidade de interacção com os utilizadores nas suas tarefas quotidianas para promover ganhos de eficiência e minimizar os consumos energéticos. Algumas das tecnologias e metodologias usadas poderão também ser facilmente incorporadas em novas construções e noutros sectores habitacionais, como por exemplo no sector dos serviços e escritórios.

Foram apresentadas as características dos dispositivos sensoriais e de actuação em desenvolvimento assim como as da aplicação de recolha e tratamento de informação obtida através dos diversos nós da rede sensorial que está a ser desenvolvida, tendo em conta a sua futura evolução para uma aplicação integrada num sistema de gestão e controlo de energia em ambiente residencial.

Finalmente foram apontadas as áreas consideradas mais importantes para as actividades de desenvolvimento futuro do 'software' aplicacional do actual sistema, que se pretende sirvam de tema a projectos de colaboração com outras entidades de I&D e com empresas.

Bibliografia

1. European Commission DG INFSO Smith, *Impacts of Information and Communication Technologies on Energy efficiency (Final Report)*, (September, 2008).
2. Commission of the European Communities, *Addressing the challenge of energy efficiency through Information and Communication Technologies*, Communication From the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels, (2008)
3. European Commission - Directorate-General Information Society and Media, ICT for Sustainable Growth Unit, *ICT for a Low Carbon Economy - Smart Buildings (Findings by the High-Level Advisory Group and the REEB Consortium On the Building and Construction sector)*, (July 2009)
4. European Commission –Information Society, *ICT4EE: The Key Event on ICT for Energy Efficiency*, Brussels, (23-24 February 2010)
http://ec.europa.eu/information_society/events/ict4ee/2010/index_en.htm (em Julho, 2010)
5. European Commission - Information Society and Media Directorate General, *Internet of Things: an early reality of the Future Internet*, Workshop Report, Prague (May 2009)
6. Project AIM, *A novel architecture for modelling, virtualising and managing the energy consumption of household appliances*, <http://www.ict-aim.eu/home.html> (em Julho, 2010)
7. Project IntUBE, *Intelligent Use of Buildings' Energy Information*, <http://www.intube.eu> (em Julho, 2010)
8. BeAware, *Boosting Energy Awareness*, <http://www.energyawareness.eu/beaware> (em Julho, 2010)
9. REEB, *The European Strategic Research Roadmap to ICT enabled Energy-Efficiency in Building and Construction*, <http://www.ict-reeb.eu> (em Julho, 2010).
10. CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, <http://international.cstb.fr> (em Julho, 2010)
11. Juan C. Augusto and Paul McCullagh, *Ambient Intelligence: Concepts and Applications*, Invited Paper by the International Journal on Computer Science and Information Systems, Volume 4, Number 1, pp. 1-28, June 2007
12. Friedwald, M. et al., *Perspectives of ambient intelligence in the home environment*, Telematics and Informatics, Volume 22 , Issue 3, pp. 221-238 (August 2005)
13. Shelby, Z., Bormann C., *6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet*, John Wiley & Sons Ltd. (2009)
14. ArchRock Corp., *ArchRock IP/6LoWPAN Overview: An IPv6 Network Stack for Wireless Sensor Networks*, <http://www.archrock.com/technology/resources.php#whitepapers> (em Julho 2010)
15. Titus J. , *Embedded Systems: 6LoWPAN Goes Where ZigBee Can't*, Ecnmag.com - March 10, 2009, <http://www.ecnmag.com/Articles/2009/03/6LoWPAN-Goes-Where-ZigBee-Can-t> (em Julho 2010)
16. Hui J., Culler D., Chakrabarti S., *6LoWPAN: Incorporating IEEE 802.15.4 into the IP architecture*, IPSO Alliance White Paper (January 2009), <http://www.ipso-alliance.org/Pages/GetWhitePaper.php?file=IPSO-WP-3> (em Julho 2010)
17. *Processing* (Programming Language), <http://www.processing.org> (em Julho, 2010).
18. *PostgreSQL* (Object-Relational Database System), <http://www.postgresql.org> (Julho, 2010).
19. Fry, Ben, *Visualizing Data* (1st. ed.), O'Reilly Media (2008)
20. Reas, C. et al., *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists* (1st. ed.), The MIT Press (2007)
21. Worsley, John C., Drake, Joshua D., *Practical PostgreSQL*, O'Reilly Media (January, 2002)
22. Matthew, N., Stones, R., *Beginning Databases with PostgreSQL (2nd. Ed.)*, APress. (April, 2005)
23. Jennic, *JN5139 6LoWPAN Evaluation Kit*, http://www.jennic.com/products/development_kits/jn5139_6lowpan_evaluation_kit (em Julho, 2010)
24. Sensinode, *Development Kits*, <http://www.sensinode.com/EN/products/development-kits.html> (em Julho, 2010)