

## Redes Domésticas

Alexandre Carreira, Vitor Canhão, João Nuno Matos e Vítor Ribeiro\*

\*PT Inovação

**Resumo** - Este artigo descreve o projecto de Redes Domésticas integrado no âmbito do projecto final de curso e insere-se no projecto mais amplo da “Casa do Futuro”.

Na primeira parte são descritos os actuais métodos/tecnologias de distribuição de sinal dentro de uma habitação. Neste estudo foram apenas considerados aqueles com débitos binários superiores a 10Mbps (débito mínimo para a implementação de um serviço de Triple Play numa habitação). Na segunda parte aborda-se o desenvolvimento duma aplicação de videovigilância construída em Java.

**Abstract** - This paper describes the Home Networks Project integrated on a final project for a degree in engineering and inserts itself in the wider project “Casa do Futuro”.

The first part shows the current approaches/technologies to distribute data within the home. Only binary debits over 10Mbps were considered (minimum speed for a Triple Play household implementation) on this study. The second part of the project consisted in development of a video surveillance application, built in Java.

### I. INTRODUÇÃO

Actualmente é consensual que entrámos na era da interligação de dispositivos. Essas grandes transformações já são hoje uma realidade universal na indústria automóvel, em que a “centralina” comunica com sensores e actuadores, existindo até protótipos em que automóveis comunicam entre si para otimizar o trânsito em engarrafamentos e prevenir acidentes.

A interligação de computadores e outros terminais informático (ex. impressora) tem vindo a aumentar esta necessidade de interfuncionamento de dispositivos domésticos. Neste documento são descritas algumas das tecnologias de rede doméstica que possibilitam a distribuição de serviços “Triple-Play” dentro da habitação.

A Domótica é o ramo tecnológico que se dedica à automação em habitações, criando redes em que electrodomésticos e outros dispositivos domésticos comunicam entre si para melhorar a qualidade de vida dos seus locatários, oferecendo mais conforto, segurança, e poupança energética.

A segurança das habitações (alarmística e televigilância) é uma das áreas do mercado que mais tem evoluído, quer em termos de qualidade quer em termos de custo.

A habitação é parte central das vidas de todos nós, e talvez por isso seja a parte mais tradicionalista, onde mais lentamente a tecnologia tem penetrado. Contudo a enorme expansão da electrónica e nomeadamente da oferta de dispositivos multimédia dedicados ao entretenimento, bem como a necessidade de empreiteiros e empresas imobiliárias de acrescentarem valor aos seus imóveis, faz com que a automação de habitações tenha finalmente descolado e progredido a bom ritmo.

### II. PROPOSTAS DE SERVIÇOS PARA RESIDÊNCIAS

O recente aparecimento de novas soluções de domótica e entretenimento abrem caminho a novas aplicações e especialmente ao controlo remoto. Todos os dias surgem novas ideias tais como:

- Reencaminhamento de som e imagem de um videoporteiro para um PC remoto, telemóvel 3G ou monitor;
- Reencaminhamento de sinais de alarme de sensores na residência via Ethernet/IP, para PC ou telemóvel;
- Reencaminhamento de chamadas telefónicas por VoIP para outro terminal exterior. Serviço de gravador de mensagens a partir de um PC;
- Personalização e criação de perfis familiares ou pessoais (e-mail, chamadas perdidas, agenda pessoal, registo de videoporteiro, temperatura, previsão do estado do tempo, etc.);
- Simulador de presença de pessoas em casa;
- Sistema de videovigilância;
- Intercomunicadores por VoIP nas divisões da casa;
- VoIP multimédia ou seja voz e vídeo tipo videoconferência;
- Serviço de videoclube a partir do servidor do ISP;
- Bloqueamento de conteúdos multimédia;
- Base de dados de filmes, músicas, jogos, imagens ou outros conteúdos software;
- Analisador de consumo energético;

- Identificação automática de pessoas na habitação;
- Abertura de portas automática;
- Robot mordomo com múltiplas funções: aspirador, corta-relva, etc.
- Fato confortável tipo pijama para usar em casa com body LAN embutido no tecido;
- Difusão do sinal de Internet por laser, fornecendo Internet a um anexo ou a um edifício com linha de vista.

### III TECNOLOGIAS DE REDE E BANDA LARGA

Nos dias de hoje existe uma necessidade crescente de maior largura de banda devido ao aumento de serviços sobre TCP/IP. Neste projecto estudou-se o estado da arte de várias tecnologias passíveis de aplicação residencial, tendo uma especial atenção no impacto dessas tecnologias na habitação.

Foram descartadas as tecnologias que não garantiam pelo menos 10Mbps de velocidade. Este valor foi escolhido por ser o mínimo necessário à implementação de um serviço de “Triple Play”, disponibilizando simultaneamente dois canais de televisão, duas comunicações VoIP e uma ligação de Internet com um débito superior a 1Mbps.

Da investigação efectuada obtiveram-se várias tecnologias:

- Powerline: Tecnologia emergente que permite utilizar a instalação eléctrica da residência para formar uma rede de comunicação entre diversos dispositivos. As duas empresas que mais têm investido nesta tecnologia são a Intellon e a DS2. Os equipamentos produzidos por estas empresas atingem débitos binários até 200Mbps, sendo as principais fornecedoras de integrados (“chips”) powerlines que podem ser encontrados no interior dos equipamentos existentes no mercado com este tipo de tecnologia. Estes equipamentos actualmente comercializáveis incluem: Adaptadores de rede, Access Points Wi-Fi, Routers com saídas powerline e filtros de rede.
- Phoneline: Esta tecnologia permite utilizar as instalações telefónicas já existentes numa residência de modo a distribuir os diferentes sinais (voz, dados e vídeo) pelas várias divisões com tomada. Uma rede típica Phoneline contém adaptadores de rede para converter o sinal fornecido pelo ISP num sinal de banda larga de alta frequência apropriado à linha telefónica. A nova norma HomePNA3.0 funciona não só nas linhas telefónicas mas também em cabo coaxial, alargando desta forma o número de divisões passíveis de interligar. De facto, na Europa a existência de tomadas telefónicas na habitação é em norma inferior ao número de tomadas coaxiais, complementando-se normalmente. A tecnologia HomePNA funciona no espectro dos 4 aos 21MHz sobre o cabo coaxial. Combinadores, podem interligar a rede HomePNA com a rede de cabo coaxial. O alcance do coaxial é de 2.5 a 3Km.
- Wi-Fi MIMO: As vantagens do MIMO (Multiple Input Multiple Output) em relação a WI-FI 802.11a/b/g advém do facto de que esta tecnologia utiliza como vantagem o problema multi-path das comunicações wireless, enquanto o Wi-Fi tenta combater este fenómeno. Os resultados são a eliminação de pontos mortos (dead spots), melhorias no alcance até 3 vezes e velocidades de transmissão até 8 vezes superior à 802.11g. Está em fase final de especificação uma nova norma, 802.11n, que teoricamente poderá chegar aos 600Mbps. Habitualmente a tecnologia MIMO, já referida, é chamada no seio da indústria como uma solução Pré-n.
- Gigabit Ethernet: Para esta norma já muitos fabricantes têm produtos comercializáveis. Trata-se duma tecnologia muito útil pois permite a todos os utilizadores que anteriormente possuíam uma infra-estrutura de 10/100BASE-T com cabos UTP cat.5e nas suas residências, mantê-la e dar-lhe a capacidade de transporte de 1Gbps. Contudo continua a ter a desvantagem de ter um elevado impacto numa habitação que não possua já uma rede estruturada de Ethernet.
- IEEE 1394-Optical: Mais conhecido como FireWire trata-se de uma conexão de alta velocidade na ordem dos 400Mbps. Devido à sua elevada velocidade e capacidade plug & play tornou-se popular para discos rígidos externos e câmaras de vídeo digitais (DV), entre outros. Actualmente a nova geração de FireWire 800 (IEEE 1394b) duplica a velocidade original para os 800Mbps. Utilizando o cabo FireWire apenas se conseguem distâncias de 4,5 metros, mas aplicando um adaptador e um repetidor óptico pode-se usar um cabo de fibra óptica para transportar a informação entre repetidores em distâncias até 1000 metros. Esta mistura de meios físicos permite a implementação uma rede estruturada numa habitação numa topologia “ad-hoc”.

### IV. GATEWAYS RESIDENCIAIS

As *Gateways* residenciais ou *Media Gateways*, são dispositivos que permitem difundir os diferentes sinais/serviços pela casa, provenientes da rede do provedor de serviços ou de servidores residentes no interior da habitação, através de distintos meios físicos e tecnologias, constituindo uma só rede virtual.

Deste modo permitem utilizar as diversas redes já existentes na habitação reduzindo o impacto que teria a construção de uma rede estruturada de raiz.

As *gateways* residenciais tornam-se assim o dispositivo chave por onde flui toda a informação interna e para fora da rede doméstica.

Existe já alguma resposta da indústria na criação destes equipamentos donde se salientam:

- 2700SGV da empresa 2WIRE
- F@st 3302/3304 da Sagem
- WMG120 da Viewsonic
- tecStream 2500 da tecStream

Podem ainda compor-se *gateways* residenciais mais complexas, que incluam mais tecnologias de transporte sobre outros meios físicos. Uma outra abordagem é a introdução de adaptadores no meio da rede doméstica para tecnologias de transporte não suportados pela *gateway* residencial (ex. ver na figura seguinte o adaptador USB/Phoneline).

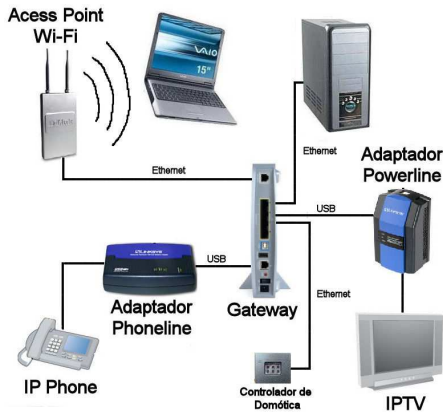


Figura 1: Gateway composta por diversos equipamentos

## V. VIDEOVIGILÂNCIA

A gestão do sistema de videovigilância, construído em Java, utiliza câmaras IP, câmaras USB e sensores de movimento, permitindo a visualização das imagens captadas pelas câmaras e o registo em formato vídeo dos eventos que despoletam o sistema. Oferece um ambiente gráfico amigável e intuitivo que simula uma habitação e apresenta a localização tanto das câmaras como dos sensores sobre a planta da habitação.

### A. Especificações do sistema

Idealmente qualquer equipamento, câmara ou detector, deveria integrar-se facilmente no sistema de videovigilância. No entanto devido ao avanço da tecnologia e da política de competitividade entre empresas esse sistema não é realizável actualmente. Algumas soluções mais dispendiosas, orientadas ao mercado empresarial permitem algum grau de automatismo, embora limitem o conjunto de equipamentos a utilizar.

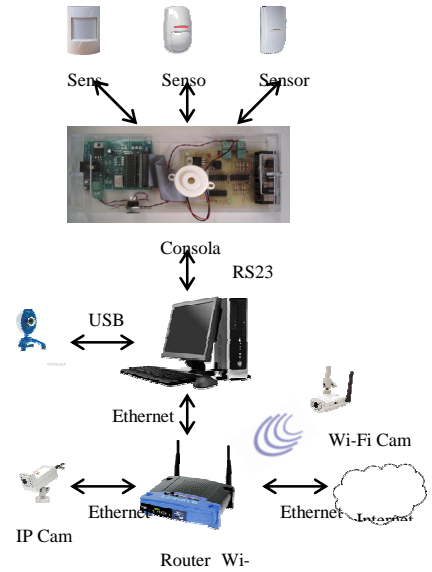


Figura 2: Sistema de videovigilância

No sistema proposto e desenvolvido (**Figura 2**), foram utilizados:

- Sensores de movimento:

São baseados em detectores PIR (pyroelectric) sensíveis a infravermelhos (IR).

O seu princípio físico de funcionamento baseia-se no facto da radiação infravermelha se situar no espectro electromagnético bastante perto da luz visível. Por isso, apesar de não ser visível, é facilmente detectada. O uso desta banda para a detecção de movimento advém do facto de que os corpos tanto de humanos como de animais (mamíferos) gerarem calor e emitirem IR num comprimento de onda típico de 9,4µm.

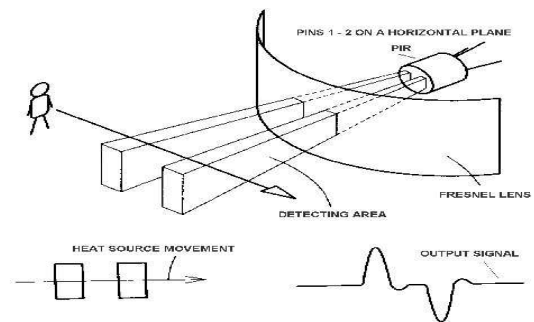


Figura 3: “Campos de visão”

Possui algumas características interessantes com o facto de ser opaco ao vidro transparente, o que é muito útil para que os sensores não disparem com movimento do lado de fora de janelas e propaga-se em germânio ou silício.

Como se pode observar na figura 3 é comum usar-se uma arquitectura de dois detectores PIR para efectuar a

detecção de movimento. Tendo cada detector um “campo de visão”, é possível efectuar a detecção de movimento por comparação entre os campos térmicos que cada um detecta. Esta configuração é também bastante eficaz porque reduz bastante a existência dos “falsos positivos” ou seja uma falsa detecção de movimento, causada por vibrações, mudanças de temperatura e a luz solar.

Estes “falsos positivos” tendem a acontecer em ambos os campos de visão dos PIR’s simultaneamente, muito diferente da situação da figura em que um corpo se desloca ao longo da área de detecção do sensor. A electrónica adicional de cada sensor permite pois ignorar as situações de alterações simultâneas em ambos os PIR’s.

A electrónica do sensor apenas comanda a posição da patilha de um Relé, tal como se fosse um interruptor. Este interruptor recebe um sinal DC e está fechado em caso de não detecção. No caso de uma detecção de movimento o Relé abre o circuito e o sinal DC deixará de chegar à consola. Esta situação, como é óbvio, elimina a tentação de cortar o fio que liga o sensor à consola.

Os sensores utilizados neste sistema são todos baseados em tecnologia PIR, no entanto diferem nas características. Assim, foi usado um sensor baseado num dual PIR simples, um sensor de PIR duplo que permite evitar o disparo accidental pela presença de animais e um sensor PIR com microondas. A utilização de três sensores distintos permitiu aumentar o leque de testes ao sistema, tornando o sistema mais aberto e consequentemente mais interessante.

- Consola:

É constituída por duas placas separadas, uma que alimenta e faz a aquisição dos sinais provenientes dos sensores, encaminhando esses sinais para uma placa DETPIC 18F258 que processa esses sinais e disponibiliza a informação via RS232 para um PC.

A placa DETPIC 18F258 é uma placa utilizada no Departamento de Electrónica Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro que implementa um microcontrolador PIC 18F258 da Microchip. Apresenta uma frequência de relógio de 20MHz imposta por um cristal piezoeléctrico permitindo a ligação a um PC via porta série através de um controlador MAX232. Esta placa liga-se à placa de aquisição e alimentação dos sensores.

Todos os detectores de movimento utilizados funcionam com o mesmo princípio básico. Quando alimentados, têm um sensor PIR que detecta radiação infravermelha. O sensor quando não detecta radiação coloca na saída dos terminais de alarme 5V e quando detecta, o seu relé interno abre, ficando na saída 0V (circuito aberto).

O “Alarm” e o “Tamper” servem como ligações para verificar a ocorrência de detecção de um evento. Como são duas ligações independentes, devem-se monitorizar as duas. No entanto, neste sistema é indiferente qual a origem do disparo, já que ambas resultam num evento de alarme.

De modo a que qualquer um dos alarmes dos sensores faça despoletar um evento na aplicação, o circuito

desenvolvido além de alimentar os sensores, monitoriza as ligações “Alarm” e “Tamper” de todos os sensores ligados. O circuito baseia-se no seguinte esquema:

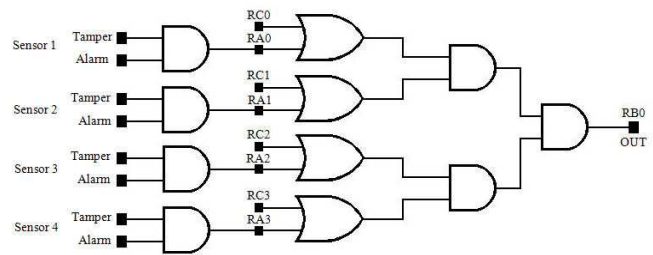


Figura 4: Circuito Lógico da Consola

As entradas RA’s, RC’s e RB0 são portas do PIC18F258 usados para a detecção dos sensores pela consola.

- Câmaras de vídeo:

Foram utilizadas câmaras IP (incluindo uma câmara Wi-Fi) e uma Webcam USB.

As câmaras IP têm ligação Ethernet e contêm embutido um mini-servidor Web com múltiplas capacidades. Das características principais, pode-se referir que a nível da imagem, é possível alterar as resoluções de 320x240 a um máximo de 30fps e de 640x480 a 15fps. Podem ter um módulo Wi-Fi implementado permitindo assim mais um método de ligação. Este suporte vem dotado das tradicionais características Wi-Fi, nomeadamente a encriptação WEP KEY até 128 bits, podendo funcionar no modo de infra-estrutura ou no modo “ad-hoc”.

O sistema é complementado com um PC, um router Wi-Fi e possivelmente por um adaptador RS232-USB na falta de uma porta série no PC utilizado.

Note-se que se poderia pensar em utilizar a tecnologia X10, com sensores e receptores RF, uma vez que é uma tecnologia muito popular e de simples utilização. A não adopção da tecnologia X10 como meio de comunicação entre sensores e consola e entre a consola e o PC, deve-se principalmente à lentidão do protocolo X10, que necessita de cerca de 1seg. (940ms a 50Hz) para cada comando, ao que se tem de somar o overhead computacional da execução das ordens despoletadas pelo comando em si. Para além disso, é um protocolo que não garante com uma boa margem de segurança na recepção de comandos e é habitualmente preterido para sistemas de vigilância. Está mais vocacionado para controlo de iluminação e outros sistemas domóticos não críticos em termos de tempo de resposta.

## B. Software

O software desenvolvido para este sistema de videovigilância divide-se em duas partes:

- Software para a consola baseada no micro controlador PIC18F258.
- Software da aplicação Java.

O software da consola foi adaptado para o hardware desenvolvido. Está preparado para monitorizar os canais de “alarm” e “tamper” de um máximo de quatro sensores. O programa na consola fornece à aplicação em Java dados acerca do estado dos sensores.

O princípio geral de funcionamento do programa é bastante simples, resumindo-se a escutar os canais de “alarm” e “tamper” de cada sensor e a enviar pela porta série um código ASCII correspondente, “A,B,C,D” conforme o sensor “1, 2, 3, 4” despoletado.

O software da aplicação Java (figura 5) foi construído para processar as imagens de câmaras IP e USB, receber as informações enviadas pela consola e disponibilizar ao utilizador um ambiente gráfico, amigável e intuitivo que simule uma habitação. Um dos outros objectivos foi a visualização das imagens das câmaras e o estado dos sensores em tempo real.

Esta aplicação permite configurar os seguintes parâmetros:

- Estado do sistema (ON/OFF para captura de vídeo)
- Mudança de password
- Escolha de porta COM
- Duração de captura de vídeo
- Tabela de ligação entre sensores e câmaras
- Acesso directo aos vídeos capturados
- Uma página Web de ajuda (“HELP”) com o manual de instalação e de operação do sistema, tanto de hardware como software.

O sistema dispõe ainda de algumas mais valias onde se destacam:

- Buffer de vídeo das câmaras IP
- Acesso directo às páginas Web contidas nos servidores das câmaras
- Método avançado de validação por login/password, dando apenas quatro hipóteses para uma validação correcta
- Registo de log com a hora e data das detecções dos sensores.



Figura 5: Aplicação Java do sistema de videovigilância

O software em Java foi dividido em várias classes de modo a facilitar futuros desenvolvimentos da aplicação. Grande parte das classes Java utilizadas partiram de

código “open-source” que foram modificadas para o sistema implementado.

Para resumir a programação em Java, expõem-se os vários tópicos abordados no software:

- Processamento de imagem USB:

Aquisição e captura de vídeo de webcam’s USB em formato Quicktime.

- Processamento de imagem IP:

Aquisição e captura de vídeo de câmaras IP em formato Quicktime. Por norma, as câmaras IP têm dois mecanismos de aquisição de imagem, um método vídeo (video.cgi) e um método fotografia (still.jpg). Este último adquire um quadro (“frame”) e mantém-no até se voltar a aceder à câmara. Para conseguir identificar o endereço completo da localização destes mecanismos, foi necessário utilizar um sniffer enquanto se acedia ao servidor web implementado nas câmaras. O resultado mostrou que o modo vídeo é realizado através do envio de sucessivas tramas que formam uma imagem JPEG. Este procedimento é repetido um número de frames por segundo estabelecido pelo utilizador no configurador web da câmara.

Estabelecimento de um buffer de vídeo com cerca de 5 segundos, através da sucessiva actualização da escrita de imagens JPEG para o disco. Este FIFO permite capturar os eventos ocorridos antes do disparo do sensor. O sistema quando detecta um evento inicia durante um tempo pré-estabelecido pelo utilizador a escrita automática de imagens JPEG para o disco, as quais são posteriormente convertidas num ficheiro de vídeo no formato Quicktime.

- Comunicação IO RS232:

O sistema de videovigilância, comunica através da porta série, para transmitir e receber caracteres referentes à actuação dos sensores e para a activação/desactivação da sirene. Esta comunicação ocorre entre um PC e a consola.

- GUI (Graphical Unit Interface):

O GUI representa a parte gráfica da aplicação e é o principal meio de interacção com o utilizador, onde se pode visualizar as imagens das câmaras, o estado dos sensores, os vídeos capturados e a configuração da aplicação.

### C. Resultados da aplicação

No processamento de imagem IP, foram analisados e testados os métodos de aquisição de imagens nos formatos “video.cgi” e “still.jpg”, dos quais se concluiu que o método de aquisição por fotografia (“still.jpg”) das câmaras é mais rápido. Nos testes executados resultaram valores de aproximadamente 12 frames por segundo para o video.cgi e de cerca de 19 frames por segundo para o still.jpg. Estes valores, representam a capacidade que a classe respectiva tem de capturar e salvar no disco as imagens adquiridas pela câmara IP, quando é a única classe a ser executada. Existe, no entanto um problema, derivado do facto de cada marca de câmaras IP poder ter um endereço diferente até ao ficheiro still.jpg, sendo necessário utilizar um sniffer para descobrir o endereço.



No processamento de imagem USB verifica-se um problema em experiências com múltiplas Webcam's e múltiplas classes, em que a aplicação apenas se liga à primeira câmara USB dando um erro de I/O para a segunda. Este erro reside no Java Multimedia Framework (JMF), devido à forma como interage com o controlador USB do PC. Cria-se deste modo, uma limitação do sistema a uma única câmara USB.

O GUI apresenta um problema referente à modificação de imagens: quando um sensor detecta, a aplicação modifica a imagem do sensor para vermelho, mas se entretanto outro sensor detectar movimento, a imagem permanece igual, ou seja, a verde. Isto acontece, devido a um problema de concepção do algoritmo da aplicação, em que a aplicação fica 'presa' a fazer o processamento do primeiro carácter recebido até acabar. A solução necessária para corrigir este problema, envolve alterar várias classes, tornando apenas as imagens dos sensores numa classe independente que seria controlada através de outra classe.

Em termos globais, é possível constatar que o sistema de videovigilância funciona apesar de ter alguns problemas que não foram resolvidos. Relativamente aos resultados finais, o sistema captura vídeos das câmaras IP a uma taxa de 13fps. Embora fosse de esperar que a classe IPCamera conseguia capturar 19fps, a verdade é que com todo o sistema de videovigilância em pleno funcionamento, o máximo possível é de 13fps. Resta referir que testes executados à gravação de vídeo simultâneo em câmaras diferentes, resultaram positivos caso sejam as duas câmaras IP. No caso de ser uma câmara IP e uma USB, a classe responsável pelo processamento da Webcam 'congela' a aplicação, não permitindo efectuar a captura da câmara IP. Isto resulta do facto da classe responsável pelo processamento USB não ser uma "thread", logo é processada sequencialmente e não paralelamente.

## VI CONCLUSÕES

Concluiu-se que no âmbito das tecnologias com aplicação doméstica, a Phoneline e Powerline estão mais avançadas e prontas para a massificação que o coaxial, embora uma aliança de grandes empresas, MoCA, tenha sido criada para num futuro próximo inverter esta tendência. É ainda de referir o novo protocolo HOME PNA 3.0 que funciona não só nas linhas telefónicas mas também em cabo coaxial, fornecendo assim meios adicionais para o transporte de sinal para as empresas de telecomunicações.

Da pesquisa das Gateways residenciais ou Media Gateways, verificou-se que apesar de já haver alguns produtos no mercado, como a 2700SGV da 2Wire ou a F@st 3302/3304 da Sagem, ainda está para vir uma resposta mais forte da indústria nesta área. Há que notar que entre a altura da investigação e a escrita deste artigo, há um período de tempo em que podem ter surgido mais ofertas nesta área.

O sistema de videovigilância por IP criado de raiz, que inclui hardware de uma consola de segurança baseado num microcontrolador PIC 18F258 e o software tanto para o PIC, como o de uma aplicação em Java garantiu um sistema de videovigilância real, dirigido a utilizadores que não necessitem de ter muitos conhecimentos técnicos. Embora não seja um produto acabado, o sistema foi testado com sucesso dentro dos limites possíveis.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a colaboração da Micro IO, na pessoa do engenheiro Fernando Santos, na disponibilização de alguns dispositivos e nos seus muito úteis esclarecimentos.

## REFERÊNCIAS

- [1] "The Home Networking Revolution – A Designer's Guide ", Amit Dhir, Xilinx
- [2] "The Evolution of the U.S. Telecommunications Infrastructure Over the Next Decade", Chiddix, Boyer, Darcie, Werner, and Vecchi
- [3] "HomePNA Multimedia home networking status over coax", [www.homepna.org](http://www.homepna.org)
- [4] "Learning Java, 3rd Edition", Jonathan Knudsen, Patrick Niemeyer, O'Reilly
- [5] "Thinking in Java, 2<sup>nd</sup> Edition, Release 11", Bruce Eckel, MindView, Prentice-Hall, 2000