

CAIO AUGUSTUS MORAIS BOLZANI

Desenvolvimento de um Simulador
de Controle de Dispositivos Residenciais Inteligentes:
Uma Introdução aos Sistemas Domóticos.

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia

São Paulo

2004

CAIO AUGUSTUS MORAIS BOLZANI

Desenvolvimento de um Simulador
de Controle de Dispositivos Residenciais Inteligentes:
Uma Introdução aos Sistemas Domóticos.

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Sistemas
Eletrônicos

Orientador:
Prof. Dr. Marcio Lobo Netto

São Paulo

2004

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 24 de junho de 2004.

Caio Augustus Morais Bolzani – Autor

Prof. Dr. Marcio Lobo Netto - Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Bolzani, Caio Augustus Morais

Desenvolvimento de simulador de controle de dispositivos residenciais inteligentes: uma introdução aos sistemas domóticos, 2004.

115p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Elétrica.

1.Domótica 2.Ambientes Inteligentes 3.Residências Inteligentes
4.Dispositivos Inteligentes 5. Computação Pervasiva

I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos. II.t.

Aos meus pais, Elio e Beatriz
pelo apoio e amor incondicional

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcio Lobo Netto pelo apoio e
pela paciência durante todos estes anos.

RESUMO

Este trabalho realiza estudos sobre residências inteligentes, tema este que inclui sistemas eletrônicos voltados à aplicação domiciliar (sistemas domóticos), bem como descreve o método de desenvolvimento de um simulador computacional de dispositivos residenciais inteligentes. Neste projeto foram agregados vários conceitos de âmbito tecnológico, considerando suas relações com aspectos comportamentais humanos. O simulador permite manipular e visualizar as interações entre dispositivos eletrônicos e usuários da residência inteligente, possibilitando uma análise do comportamento de ambos e a descoberta de métodos efetivos de convivência entre homens e máquinas no ambiente doméstico.

O autor investiga e desenvolve representações computacionais de sistemas domóticos que sejam:

- ?? Eficientes: capazes de atingir metas sob restrições de tempo e recursos;
- ?? Autônomos: capazes de decidir e adaptar-se a mudanças;
- ?? Sociais: capazes de interagir com outros sistemas ou usuários presentes no ambiente.

O programa foi desenvolvido utilizando o paradigma da programação orientada a objetos, fazendo uso dos recursos disponíveis por meio de da linguagem Java, o que garante portabilidade e compatibilidade com diversos sistemas operacionais.

ABSTRACT

This work conducts studies about the broad theme Intelligent Homes, which include residential applications for electronic systems (domotics), and describes an intelligent appliances computer simulator developed to assist the design and analysis of such environments. In this project many technological concepts were analyzed, considering their relationship to human behavior in computer assisted automatic environments. The simulator allows the manipulation and visualization of the interactions between electronic appliances and users, promoting analysis of the behavior of both and discovering effective methods of living, between men and machines, in a domestic area.

The author investigates and develops computational representations of domotic systems that are:

- ?? efficient: able to reach goals under resource and time constraints;
- ?? autonomous: able to decide and adapt to changes;
- ?? social: able to interact with other systems or users in the environment.

The software was developed utilizing the object-oriented paradigm, making use of the Java language resources, which assures portability and compatibility on most operational systems.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Motivação.....	2
1.3 Trabalhos Correlatos.....	2
1.4 Conteúdo e Organização	3
2. RESIDÊNCIA INTELIGENTE.....	6
2.1 Princípios da Domótica	7
2.2 Computação Pervasiva	10
2.3 Organização da Residência Inteligente	11
2.4 Ambientes Inteligentes.....	13
2.5 Dispositivos Inteligentes	15
2.6 Sistemas Domóticos	20
2.7 Sensores e Atuadores	20
2.8 Modos de Interação e Percepção.....	22
2.9 Interface com o Usuário	29
3. REDE DOMÉSTICA.....	34
3.1 Tipos de Redes Domésticas	35
3.2 Compartilhamento do Acesso	36
3.3 Serviços e Aplicações	38
3.4 Questões Sobre a Rede Residencial.....	41
4. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	45
4.1 Histórico.....	47
4.2 Convergência de Padrões.....	49
4.3 Centralizando o Sistema	50
4.4 Integrador de Sistemas Residenciais.....	52
4.5 Readaptação de Ambientes	54
5. SISTEMAS DOMÓTICOS	57
5.1 Detecção e Controle Mecânico	58
5.2 Energia Elétrica.....	59
5.3 Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado (HVAC).....	61
5.4 Iluminação.....	63

5.5	Detecção e Combate de Incêndios	64
5.6	Segurança Patrimonial	65
5.7	Identificação e Automação de Acessos.....	67
5.8	Multimídia.....	68
5.9	Fluidos e Detritos.....	69
5.10	Monitoramento e Visualização	72
5.11	Auditoria e Otimização de Processos.....	73
5.12	Integração dos Sistemas.....	73
6.	PROPOSTA DE UM AMBIENTE INTEGRADO DE SIMULAÇÃO	77
6.1	Introdução ao Simulador	77
6.2	Arquitetura do Simulador.....	81
6.3	Criação dos Parâmetros Estruturais e Geométricos	84
6.4	Sistemas Domóticos	85
6.5	Dispositivos Inteligentes	94
6.6	Usuários	94
6.7	Desenvolvimento de Interface Gráfica	95
6.8	Cenários e Resultados	96
7.	TRABALHOS FUTUROS E CONCLUSÃO	100
7.1	Trabalhos Futuros	100
7.2	Considerações Finais	101
	APÊNDICE A – SENSORES E ATUADORES	104
	APÊNDICE B – ESTUDO DE CASO	109
	Gerador de Eventos	110
	BIBLIOGRAFIA	111
	Livros	111
	Artigos.....	111
	Teses.....	114
	Internet.....	114
	Bibliografia Complementar.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Interdependência entre sistema, usuário, tarefa e o ambiente	6
Figura 2 Residências Inteligentes	8
Figura 3 Rede Doméstica	9
Figura 4 Modelo global de residência inteligente	12
Figura 5 Interação da residência inteligente com o ambiente	13
Figura 6 Definição de vários ambientes em um mesmo espaço físico	14
Figura 7 Definição de um ambiente agregando vários espaços físicos	14
Figura 8 Evolução do número de dispositivos	16
Figura 9 Modelo de dispositivo inteligente	18
Figura 10 Utilização de interfaces de controle	20
Figura 11 Sensores e Atuadores.....	21
Figura 12 Informações de Caráter Geométrico.....	24
Figura 13 Sistemas de percepção e rastreamento.....	25
Figura 14 Smart Floor.....	27
Figura 15 Estereografia.....	28
Figura 16 Modelos de interfaces WIMP e tridimensional.....	32
Figura 17 Diagrama do <i>Everywhere Displays</i>	33
Figura 18 Exemplo de rede doméstica	35
Figura 19 Compartilhamento de acesso com <i>gateway</i>	37
Figura 20 Modelo de negócios do ITU	40
Figura 21 Convergência de padrões.....	49
Figura 22 Rack de equipamentos.....	51
Figura 23 Conceito de automação residencial	54
Figura 24 Sistema de controle de energia	60
Figura 25 Sistemas de Controle Integrados	74
Figura 26 Exemplo de arquivo descritor.....	79
Figura 27 Fluxo de funcionamento do simulador	81
Figura 28 Estrutura do simulador	82
Figura 29 Hierarquia do simulador	83
Figura 30 Coordenadas utilizadas no Java	84

Figura 31 Sistema de percepção atuando	87
Figura 32 Exemplo gráfico de janelas. Na sequência: fechada e aberta	89
Figura 33 Exemplo gráfico de portas. Na sequência: aberta e fechada	89
Figura 34 Representação gráfica do sensor de temperatura.....	90
Figura 35 Representação gráfica do sensor de presença atuando	91
Figura 36 Representação gráfica do sensor acústico	91
Figura 37 Representação gráfica do sensor de intensidade de iluminação	91
Figura 38 Representação gráfica do wattímetro	91
Figura 39 Representação gráfica do sensor de água	92
Figura 40 Representação gráfica do sensor de umidade	92
Figura 41 Representação gráfica do sensor de CO ₂	92
Figura 42 Representação gráfica do telefone	93
Figura 43 Representação gráfica do usuário	95
Figura 44 Painel principal do simulador.....	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Características dos principais sistemas de percepção e rastreamento	29
Tabela 2 Situação atual e proposta.....	46
Tabela 3 Prioridades dos sistemas domóticos.....	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
AMI	<i>Alternate Mark Inversion</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
CAP	<i>Carrierless Amplitude Phase</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection</i>
DS-CDMA	<i>Direct Sequence CDMA</i>
ETSI	<i>European Telecommunication Standards Institute</i>
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network (RDSI)</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
NAT	<i>Network Address Translator</i>
PCS	<i>Personal Communication Services</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
POTS	<i>Plain Old Telephone System</i>
PSK	<i>Phase Shift Keying</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RTPC	<i>Rede de Telefonia Pública Comutada</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>

GLOSSÁRIO

GATEWAY	Equipamento terminal que interliga duas redes de comunicação distintas.
HEADEND	Equipamento que captura ou gera sinais que são processados e amplificados para distribuição em um sistema de vídeo residencial.
HOME-OFFICE	Trabalho em casa . Escritório em casa.
HVAC	Sistema de ventilação, ar condicionado e aquecimento.
JINI	Protocolo utilizado em Automação Residencial.
LONWORKS	Protocolo utilizado em Automação Residencial.
MULTI-ROOM	Sistema de transmissão de áudio/vídeo unificado e que controla vários ambientes simultaneamente.
RG59, RG6	Tipos de cabos coaxiais que suportam alta capacidade de tráfego.
RS232, RS485	Protocolos de comunicação serial utilizados por PCs.
UTP	Unshielded Twisted Pair. Cabo utilizado em redes de dados e voz com 4 pares encapados e trançados (metálicos e não blindados)
WIRELESS	Sistema de transmissão sem fio.
X-10	Protocolo utilizado em automação residencial

I. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

1. INTRODUÇÃO

Residências inteligentes e sistemas domóticos têm atraído crescente interesse, uma vez que possibilitam a atuação supervisionada e não supervisionada de dispositivos eletrônicos em uma residência, exercendo tarefas complexas e interagindo com usuários e com o meio físico. A utilização de tais dispositivos no ambiente residencial deflagra uma série de discussões e questões em várias outras disciplinas, quando o comportamento humano é avaliado. Desta forma, o desenvolvimento de residências inteligentes reúne esforços de Engenharia, Ciência da Computação, Inteligência Artificial, Psicologia, Sociologia e Filosofia, caracterizando-se como uma área multidisciplinar.

A adoção de sistemas computacionais, redes de dados e dispositivos de automação em residências têm crescido muito nos últimos anos alavancada pela introdução da computação pessoal e do advento da Internet, mas ainda carece de muita pesquisa no sentido de torná-los onipresentes e transparentes ao usuário, aumentando os níveis de conforto e segurança.

Um simulador de sistemas domóticos e automação residencial permite antecipar e analisar o resultado das interações humanas com um ambiente computacionalmente ativo, bem como prever o comportamento dos dispositivos frente à essa forma de interação.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um *software* simulador de controle de dispositivos eletrônicos inteligentes em uma residência. Destacam-se ainda outros objetivos secundários que fornecem a estrutura para o desenvolvimento do objetivo principal mencionado, que seguem:

- ?? planejamento de residências inteligentes – necessidade dos usuários, estado da arte, desenvolvimento de interfaces, descrição dos sistemas;
- ?? descrição dos dispositivos inteligentes, denominados DIs – características físicas e funcionais, métodos computacionais, descrição de estados, interfaceamento com o meio, interligação dos dispositivos;

- ?? planejamento da rede doméstica – hierarquia do sistema, metodologia de interligação de dispositivos em redes heterogêneas, descrição de gateways;
- ?? maximização energética – controle ativo de consumo dos recursos energéticos, reutilização de recursos, controle remoto dos dispositivos.

1.2 Motivação

A motivação pela escolha do tema se dá pela necessidade de uma metodologia para a criação de um ambiente inteligente e de uma ferramenta que possibilite a visualização das características de novas implementações. Essa necessidade surgiu devido a uma falta de conformidade e padronização mundial no desenvolvimento de dispositivos inteligentes e na sua interligação em redes. Uma vez estabelecidas algumas normas, esta ferramenta age como fomentadora para o iminente crescimento do uso de tais dispositivos e serviços, voltados ao ambiente inteligente. Acredita-se a falta desta padronização se deva a uma combinação de uma pobre percepção dos benefícios da automação residencial com uma relutância por parte da indústria de produtos eletrônicos de consumo para não correrem riscos investindo em uma tecnologia em um mercado ainda desconhecido [Corcoran, 1997].

A utilização de um simulador computacional visa detectar possíveis problemas, tanto no âmbito social como no tecnológico, permitindo o aprimoramento de métodos pré-estabelecidos, bem como auxiliar na criação de novos ambientes e dispositivos. A utilização de um sistema computacional possibilitará ainda buscar melhorar a eficiência energética do conjunto, proporcionando uma redução do consumo de energia residencial aliado a um aumento da segurança e do conforto do usuário.

1.3 Trabalhos Correlatos

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos sob o tema de Residências Inteligentes. A grande maioria proveniente de países como os Estados Unidos, Japão e Comunidade Européia. É tímida, ainda, a participação do Brasil no número de artigos publicados e de projetos desenvolvidos. Algumas associações e entidades têm surgido reunindo profissionais e ministrando cursos sobre novos produtos e tecnologias, mas até a presente data, não foi encontrado pelo autor nenhum

laboratório de entidade pública ou privada envolvida no desenvolvimento de temas relacionados com residências ou ambientes prediais inteligentes no Brasil.

Um fator que motiva os países acima citados a desenvolverem sistemas inteligentes para residências tem sido a necessidade da economia de recursos naturais e energéticos. Eles acreditam que através da implementação de sensores, dispositivos inteligentes e sistemas de gerenciamento haverá uma significativa redução no consumo destes recursos, vitais para os seus contínuos processos de desenvolvimento.

Atualmente, a maioria dos estudos se concentra em duas grandes vertentes: a de redes domésticas e a de sistemas de controle. Muitos centros de pesquisa têm dispensado grandes esforços desenvolvendo redes de dados adequadas às necessidades e peculiaridades domésticas. Várias propostas têm inundado o mercado na tentativa de terem o padrão adotado mundialmente. Por outro lado, indústrias de eletro-eletrônicos ainda estão despertando para a criação de interfaces destinadas ao uso residencial esperando, talvez, uma determinação da indústria de redes.

A pesquisa relacionada aos ambientes inteligentes, bem como a interação com o usuário ainda é incipiente. Desta forma, este trabalho tem o objetivo de modelar os dispositivos e suas interações na tentativa de preencher uma lacuna no desenvolvimento de sistemas inteligentes residenciais.

1.4 Conteúdo e Organização

Esse texto está dividido em três partes:

- ?? **Parte I – Conceitos Fundamentais**, onde os fundamentos básicos da Domótica, Redes Domésticas e Automação Residencial são descritos e formalizados;
- ?? **Parte II – Pesquisa e Desenvolvimento**, onde são descritos a metodologia adotada e o processo de desenvolvimento do simulador;
- ?? **Parte III – Apêndices**, onde são apresentados os tipos de sensores e atuadores, bem como detalhes sobre a implementação do simulador gráfico.

A **Parte I** é composta por 5 capítulos:

O Capítulo 1 que constitui esta introdução.

O Capítulo 2 descreve os mais importantes conceitos de uma residência inteligente, introduzindo os dispositivos eletro-eletrônicos, os sistemas de rastreamento e percepção e os modelos de interfaces com o usuário. O desenvolvimento dos ambientes domésticos segundo o direcionamento da computação pervasiva também será abordado neste capítulo.

O Capítulo 3 aborda os tipos de redes domésticas, a necessidade do compartilhamento da rede pelos dispositivos inteligentes, a variedade dos serviços e aplicações que podem ser desenvolvidos, e por fim as dificuldades de implementação de um sistema de redes em um ambiente heterogêneo.

O Capítulo 4 introduz o conceito de automação residencial, bem como a função do integrador de sistemas residenciais, a readaptação de ambientes já construídos e sem infraestrutura e a importância da convergência dos padrões tecnológicos no desenvolvimento dos sistemas de automação.

O Capítulo 5 descreve os sistemas internos da residência, denominados sistemas domóticos, responsáveis pela gestão da casa inteligente. Ainda aborda os métodos de redução do consumo energético através da adoção de controle e monitoramento eletrônicos.

A Parte II é composta por 2 capítulos:

O Capítulo 6 descreve a proposta de desenvolvimento de um simulador de dispositivos de controle de residência inteligente, bem como a descrição do funcionamento dos sistemas domóticos e suas atuações frente ao sistema de gestão de uma casa inteligente. Ele ainda detalha e valida a implementação do projeto através da simulação de vários cenários que verificam a atuação dos dispositivos presentes na residência frente aos inúmeros eventos ocorridos.

O Capítulo 7 sugere alguns trabalhos que podem ser desenvolvidos futuramente tanto na área de Engenharia, como também na Ciência da Computação, Sociologia e Medicina. Ele ainda conclui a dissertação e avalia os resultados frente aos objetivos propostos.

A Parte III é composta por dois apêndices e a bibliografia.

O primeiro descreve os modelos de sensores e atuadores que podem ser utilizados em uma residência inteligente. O segundo apêndice descreve outros

cenários que foram criados e exemplificados a fim de se especificar novos padrões de comparação e validação do projeto.

2. RESIDÊNCIA INTELIGENTE

Muitos usuários não imaginam, mas já possuem diversos computadores em suas casas. Aparelhos como geladeiras, microondas, televisores, videocassetes e aparelhos de som têm *microchips* embutidos realizando inúmeras funções. Hoje ainda, muitos destes aparelhos não conversam entre si e tem inteligência limitada. Atualmente, por exemplo, se o usuário programar o temporizador do forno de microondas de forma inadequada, com a possibilidade de torrar o alimento, ele não será avisado do problema e o forno, por si só, não abortará a programação. Se a geladeira for programada para degelo e não for religada após um certo tempo, um sistema de controle que comanda a operação poderia avisar o usuário que a comida poderá estragar e se tiver autonomia para tal, poderia religá-la evitando prejuízos.

Dessa forma, o comportamento de uma residência inteligente não pode ser avaliado independentemente da tarefa que está executando ou do ambiente que está imerso. O funcionamento e operação de um sistema domótico são definidos pelo comportamento do próprio sistema, pelo usuário, pelo ambiente específico e pela tarefa específica. Somente a descrição simultânea de todos estes aspectos pode definir o comportamento de uma residência inteligente (Figura 1) (Adaptado de COSTA, 2003).

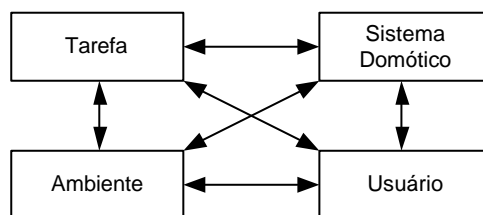


Figura 1 Interdependência entre sistema, usuário, tarefa e o ambiente

Adaptada de [COSTA, 2003]

O ambiente é responsável pela geração de eventos naturais como mudanças de temperatura, luminosidade, umidade, etc. Outro gerador de eventos é o usuário; caminhando pela residência, ele dispara vários eventos indiretamente (através da detecção da sua posição pelos sensores) ou diretamente, agindo sobre a interface (acendendo ou apagando uma lâmpada por meio do painel de toque, por exemplo). O sistema observa todas estas variações e eventos e executa suas tarefas a que foi

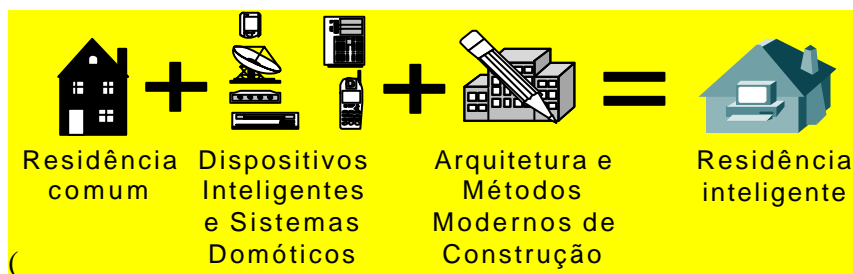
programado, essas tarefas podem ser o ajuste da temperatura de um cômodo, o disparo de mensagens frente a uma emergência, etc.

Com a adição de “inteligência” em todos os equipamentos espalhados pela casa, e não centralizado no PC como acontece atualmente, consegue-se uma transformação radical na vida do morador de uma casa inteligente. É como se a casa inteligente cooperasse com a sua própria gestão, desafogando o usuário. Um exemplo seria uma casa de campo ou de praia onde houvesse a possibilidade de verificação e controle dos equipamentos remotamente por parte do usuário como, por exemplo, abrir as janelas para arejar os cômodos e fechá-las mediante a possibilidade de chuva ou por meio de uma programação executada pelos próprios eletrodomésticos e outros diversos tipos de atuadores. Estes sistemas são atualmente denominados *sistemas inteligentes*.

2.1 Princípios da Domótica

A palavra domótica originou-se do latim *domus* que significa casa. É a técnica moderna de engenharia dos sistemas prediais e equipamentos a eles ligados. Com a utilização de novas tecnologias pretende-se criar sistemas de controle automático de uma residência ou edifício, automatizando os processos repetitivos, tornando as residências inteligentes. Uma residência inteligente difere das usuais por dois motivos:

?? utilizam dispositivos que desenvolvem funções extras contribuindo para a sua própria gestão e para a gestão da residência, substituindo ou complementando os tradicionalmente usados



?? Figura 2).

?? utilizam conceitos modernos de arquitetura e de construção, possibilitando o uso mais apropriado de fontes naturais de energia, reduzindo a taxa de

utilização de equipamentos de iluminação, ventilação, aquecimento e esfriamento, reduzindo, por consequência, o consumo de energia elétrica.

Os dispositivos inteligentes (DIs) são a parte fundamental de uma residência inteligente. São equipamentos eletro-eletrônicos que além de exercerem as funções para as quais foram concebidos, agregam hardware e software adicionais que lhes provém recursos extras, permitindo o controle e gerenciamento remoto e sua interconexão em rede.

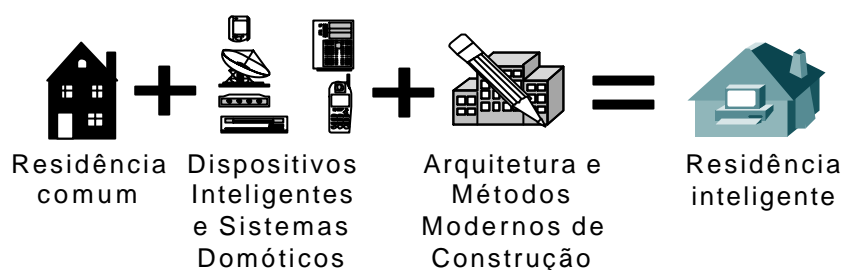


Figura 2 Residências Inteligentes

O termo “inteligente” é utilizado neste trabalho como diferenciador entre o estado mais simples do sistema em questão e o seu estado de valores agregados ou evoluído. No momento que o dispositivo é construído com a possibilidade de se auto gerir ou gerir outros equipamentos, acredita-se que o termo “inteligente” possa ser empregado sem restrições. No entanto não se quer fazer qualquer menção à capacidade humana, e nem mesmo ferir fortes conceitos definidos em áreas como inteligência artificial ou ciência cognitiva. O termo é apropriado para descrever uma capacidade dos dispositivos e do próprio sistema, que por combinar em algum grau autonomia, tomada de decisão e inferência, podem ser chamados de inteligentes.

Vale ressaltar que o termo tem sido muito utilizado comercialmente e com fins publicitários para enaltecer novas funcionalidades de equipamentos, dispositivos, sistemas ou serviços. Porém, na verdade, muitas vezes não desempenham efetivamente uma capacidade de aprender, compreender, interpretar ou desenvolver alguma forma de intelecto ou perspicácia [AURÉLIO, 1999].

Os eletro-eletrônicos inteligentes são capazes de comunicação, interoperabilidade e controle remoto através de uma rede de dados, aqui denominada “rede doméstica”. Estes dispositivos podem ser fixos, como caixas acústicas ou móveis, como telefones portáteis. Em residências onde existe uma conexão de banda

larga presente, eles poderão se comunicar com a Internet possibilitando o surgimento de aplicações como administração remota e automação residencial.

A utilização do PC como controlador corresponde a uma possível forma de implantação do sistema. Porém, uma visão mais abrangente permite uma implementação descentralizada, ao invés de focalizar sua atuação no *desktop*. Para suportar uma grande variedade de atividades, surge a necessidade de uma computação descentralizada baseada em uma rede de dados heterogênea, a rede doméstica (figura abaixo).

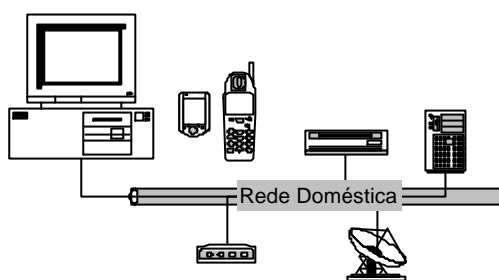


Figura 3 Rede Doméstica

Outro fator importante é a possibilidade de utilização de vários outros dispositivos de entrada e saída além do mouse, teclado, alto-falantes e displays. O sistema, no entanto, deve ter uma percepção mais profunda do espaço físico tanto no âmbito sensorial como no de controle. Dispositivos de entrada poderiam incluir uma diversidade enorme de sensores, câmeras ou interfaces biométricas enquanto que os de saída incluiriam sistemas de entretenimento, de iluminação e telas/displays diversos.

A necessidade de informação perceptual sobre o estado e a localização de pessoas e de DIs diferencia a criação dos ambientes inteligentes dos ambientes estáticos suportados pela computação tradicional. Assim, um modelo acompanhado de uma descrição geométrica do ambiente, suas características de construção e que represente a relação física entre as entidades deve ser produzido. Os diversos sensores permitirão que o sistema tenha informação sobre os parâmetros do ambiente, posicionamento dos DIs e localização de pessoas ou coisas. Esta percepção introduz complicações como a utilização de modelos dinâmicos, análise de dados provenientes de fontes e sensores diversos em tempo real.

Devido ao alto custo da mão de obra especializada e a falta de padronização nas instalações elétricas residenciais, a diversidade de soluções encontrada ainda é

grande e, na sua maioria, precária. Este fator gera confusão para o usuário no momento da compra de um novo equipamento para a sua residência. Com a utilização de sistemas inteligentes, espera-se uma uniformização das instalações residências e uma porta aberta ao crescimento dos negócios no setor, por meio da distribuição de conteúdo digital diretamente ao dispositivo eletrônico. As residências se tornarão então, palco dos novos meios de comércio e marketing.

2.2 Computação Pervasiva

Ao contrário dos PCs domésticos de uso geral, os dispositivos embutidos nos eletrodomésticos são pequenos, baratos e otimizados para executarem funções bem específicas. Eles tendem a ser mais confiáveis, mais fáceis de usar e mais robustos. Devido à rápida miniaturização dos componentes eletrônicos, não haverá mais uma parafernália composta de fios e circuitos. Células eletrônicas de tamanhos microscópicos já realizam tarefas diversas e complicadas com um custo relativo baixo. Necessita-se, no entanto, de uma padronização no diálogo entre estes dispositivos. A computação pervasiva¹ pode ser então definida como a utilização de sistemas computacionais em um amplo espectro. Isto acarreta em:

- ?? Uma interconexão de DIs integrados em uma rede de dados universal.
- ?? Uma interface amigável - dispositivo/usuário - que irá mascarar a complexidade da tecnologia. As interfaces devem estender o corpo físico do usuário, hoje por meio de botões e em breve, por meio de biosensores.
- ?? Um sistema digital com manutenção e administração simples. Uma conta única exemplificando todos os serviços requeridos pelo usuário deve ser o grande atrativo nos próximos anos. Os incentivadores dessa unificação deverão ser os provedores de conteúdo e acesso que terão uma conexão direta com o usuário e sua residência.

¹ O termo “pervasiva” é um neologismo utilizado com o sentido de ubíqua ou onipresente. Advém de uma tradução direta do termo *pervasive computing* encontrado no trabalho de Gerard O’Driscoll [O’Driscoll, 2001]. Acredita-se que seja um termo consagrado nas discussões técnicas referentes.

?? Um sistema que se auto descobre. Eles devem descobrir uns aos outros e observar o meio que se encontram. Um exemplo seria descobrir que na TV está passando um filme que o usuário gostaria de ver e programar o VCR para gravá-lo.

As pessoas investem uma grande quantidade de tempo, energia e dinheiro em suas casas para moldá-las conforme seus gostos e suas necessidades. Parte dos gastos se dá com equipamentos de segurança, iluminação, ar condicionado, áudio e vídeo. No entanto, a maioria das casas não oferece espaço para a introdução de sistemas mais complexos de automação e controle. Muitos proprietários normalmente acreditam que dispositivos assim tornam a vida mais complexa e frustrante e não trazem o conforto e a relaxamento a que se propõe [Intille, 2002]. Pesquisadores do *MIT Home of the Future Consortium* têm investigado como a tecnologia e novos produtos e serviços poderiam melhor se ajustar às necessidades do futuro. Eles acreditam que a casa do futuro não usará a tecnologia para automatizar as tarefas, mas sim a usará para ajudar o usuário a controlá-la de acordo com a sua vontade. A automação deve ser utilizada para ajudar o usuário a cumprir suas tarefas diárias mas não a pensar por ele. As informações devem estar precisamente dispostas no tempo e no lugar necessários auxiliando na tomada de decisões; e o sistema, por meio de aprendizado e adaptação, deve fornecer sugestões para o gerenciamento de todo o ambiente residencial. A retirada do controle por parte do usuário mostra uma sensação de impotência psicológica e física [Rodin, 1977]. Esse novo foco acarreta várias mudanças no processo de desenvolvimento da tecnologia, dos produtos, dos processos e da criação do ambiente.

2.3 Organização da Residência Inteligente

O modelo de residência inteligente apresentado (Figura 4) agrega vários sistemas de controle, *gateways*, sensores, atuadores, DIs, etc. Este modelo será utilizado durante todo o trabalho como base para a exposição dos diversos sistemas e no desenvolvimento do simulador.

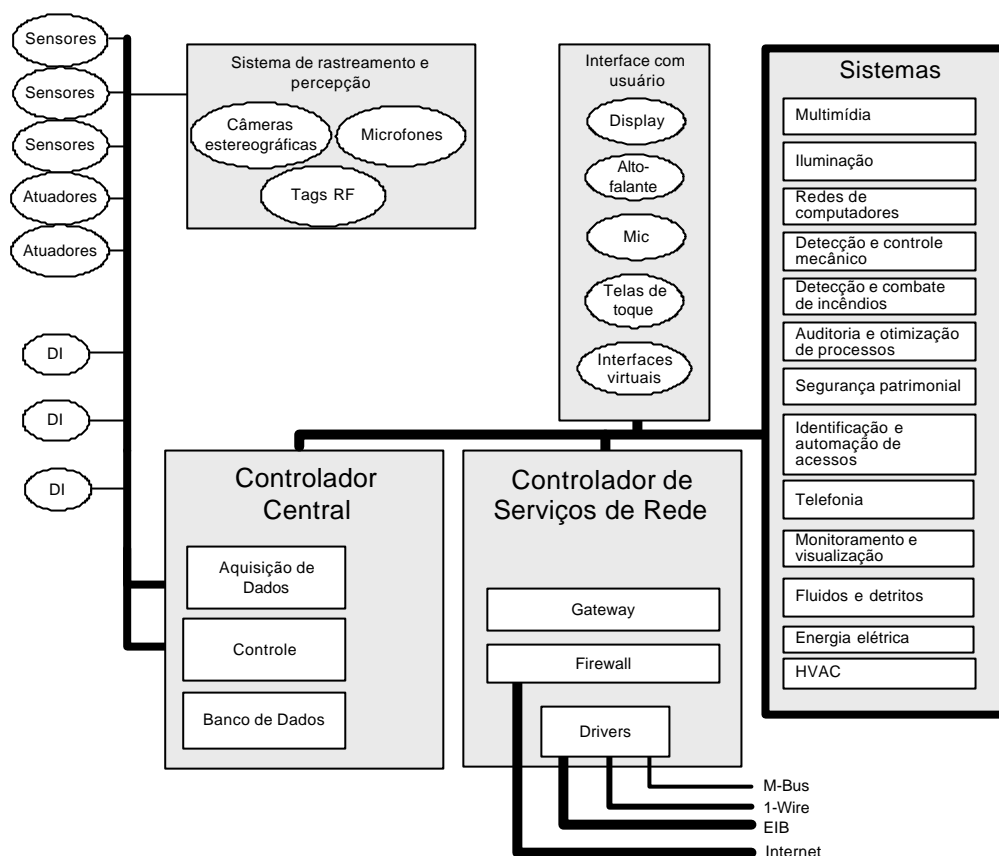


Figura 4 Modelo global de residência inteligente

Uma residência inteligente pode extrair informações sobre as condições físicas do ambiente por meio da utilização de sensores e detectores. Pode interpretar tais informações, planejar ações e realizar inferências utilizando a capacidade de raciocínio embutida no controlador central ou nos DIs. Finalizando o ciclo, pode executar ações por meio dos atuadores, afetando as condições do ambiente, produzindo novas situações.

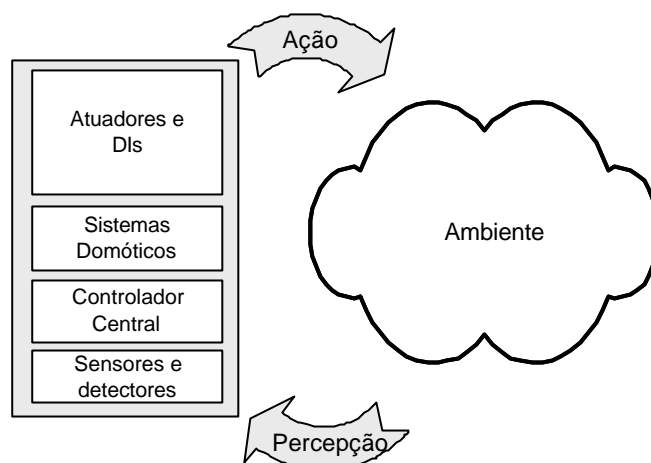


Figura 5 Interação da residência inteligente com o ambiente

Adaptada de [COSTA, 2003]

O fato de ser inteligente indica que os sistemas da residência realizam uma decisão de forma racional, isto é, selecionam as ações que maximizam a probabilidade de alcançar o sucesso desejado na execução da tarefa a eles designada, dado o que foi por eles percebido do ambiente. Isto não significa que devam ser puramente reativos, mas sim que eles devem ter a habilidade de combinar as circunstâncias imediatas com suas metas de longa duração, de tal forma que ajustem continuamente seus comportamentos de modo apropriado frente às situações externas e internas [COSTA, 2003].

2.4 Ambientes Inteligentes

Uma residência inteligente agrega vários ambientes inteligentes. Eles não necessariamente correspondem ao espaço físico delimitado pelas paredes que cercam o ambiente em si. Sala de estar, quartos, cozinha e sala de jantar, por exemplo, são ambientes que promovem muita interação pois têm alto tráfego de pessoas e agregam muitos sensores e DIs. Desta forma, para se otimizar a relação entre usuário e equipamentos, é importante dividir o espaço físico em subespaços proporcionando setores diferenciados com relação ao controle dos sistemas e padrões de sensoriamento (Figura 6).

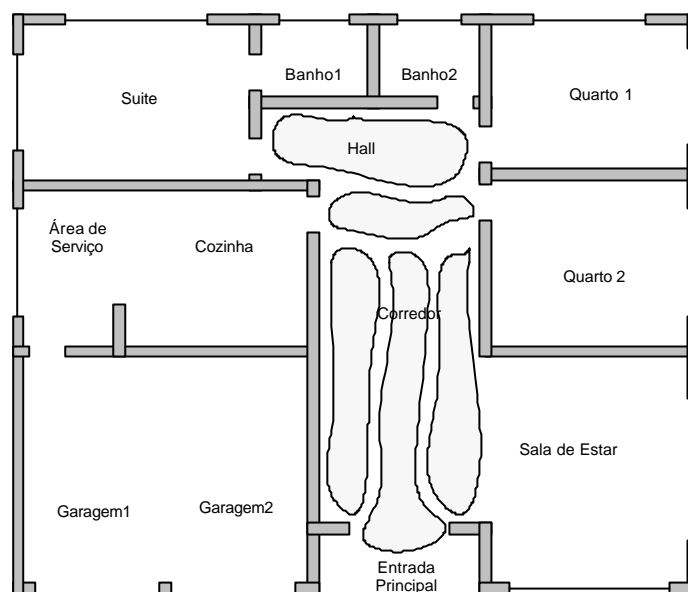


Figura 6 Definição de vários ambientes em um mesmo espaço físico

Por outro lado, muitas vezes, espaços físicos inteiros ou parte de regiões limítrofes utilizam o mesmo padrão de controle. Neste caso, o ambiente inteligente pode ampliar sua área de atuação para mais de um cômodo. Sistemas de apoio a crianças, idosos ou portadores de deficiência utilizam este conceito criando áreas seguras ao longo de espaços físicos distintos (Figura 7).

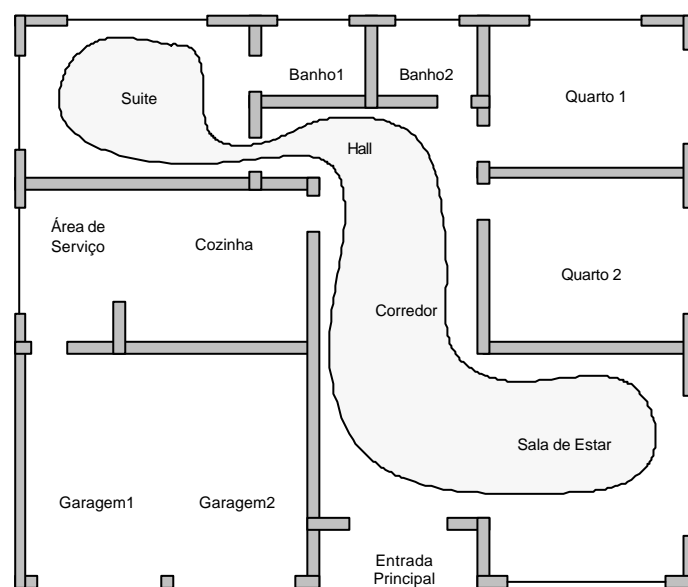


Figura 7 Definição de um ambiente agregando vários espaços físicos

Um ambiente inteligente é então um espaço virtual definido pelo propósito que se pretende desempenhar e não necessariamente pelo espaço físico estabelecido. Ambientes inteligentes podem se sobrepor, seguindo, no entanto, uma hierarquia

bem definida de ações e propósitos sempre direcionada à segurança dos ocupantes e ao estabelecido em padrões vigentes.

A definição do espaço virtual ocupado por um ambiente inteligente está também diretamente ligada ao modelo utilizado do sistema de percepção. Mais a diante ele será detalhado mas no momento é definido como um sistema que provê informação de posição de pessoas e coisas como também visa prever as ações do usuário. Se ele for unidimensional, a acuidade é reservada a dois semiplanos divididos por um segmento de reta. Se for bidimensional, obtém-se a noção de posicionamento em duas direções sem, no entanto, definição de altura. Se o sistema de percepção possibilitar uma acuidade tridimensional, determina-se a localização completa de um ponto no espaço, maiores graus de acuidade ou multidimensionais possibilitam a criação de subespaços inteligentes de formatos tridimensionais e ainda provêm informações adicionais do usuário como postura, movimentos de face ou das mãos.

Ambientes inteligentes contêm uma diversidade de sensores, atuadores e DIs que, quando conectados de forma pertinente possibilitam o desenvolvimento de inúmeros serviços, sistemas e métodos de gestão da residência. Tais dispositivos trocam informações entre si e com outros grupos de dispositivos inseridos em outros ambientes. Nem toda a forma de comunicação, no entanto, deve ter um aval de um gerenciador central, o que tornaria o sistema lento e hierarquicamente dependente. Portanto, a troca de informações entre DIs é permitida mas desde que seja de informações de curta duração, rápido acesso e não traga nenhum risco ao usuário ou à residência. Mas esta forma de comunicação e controle tem que estar prevista no modelo de gerenciamento e operação do sistema, que deve ser projetado para ser distribuído, ou seja para suportar tomada de decisões sem a participação de um organismo centralizador.

Independente do modelo de gerenciamento adotado, a vontade do usuário é a que deve prevalecer. Por isso, é possível ao usuário atuar explicitamente para abrir portas e janelas, ou controlar a temperatura; isto pode ser feito por meio da interface do usuário que o sistema proporciona.

2.5 Dispositivos Inteligentes

Dispositivos inteligentes são o tema central na construção de ambientes e residências inteligentes. Qualquer equipamento que tenha autonomia para desenvolver uma tarefa básica, efetuar troca de informações com outros dispositivos, possibilitar comando remoto e ter capacidade de tomada de decisão pode ser considerado um dispositivo inteligente.

Os consumidores irão experimentar uma invasão de novos eletro-eletrônicos com a capacidade de se comunicarem entre si e com a Internet que agregarão um valor surpreendente em equipamentos e serviços ao mercado. A seguir (Figura 8) é apresentada a evolução no número de dispositivos existentes ao longo dos anos, acompanhando assim as sucessivas ondas tecnológicas.

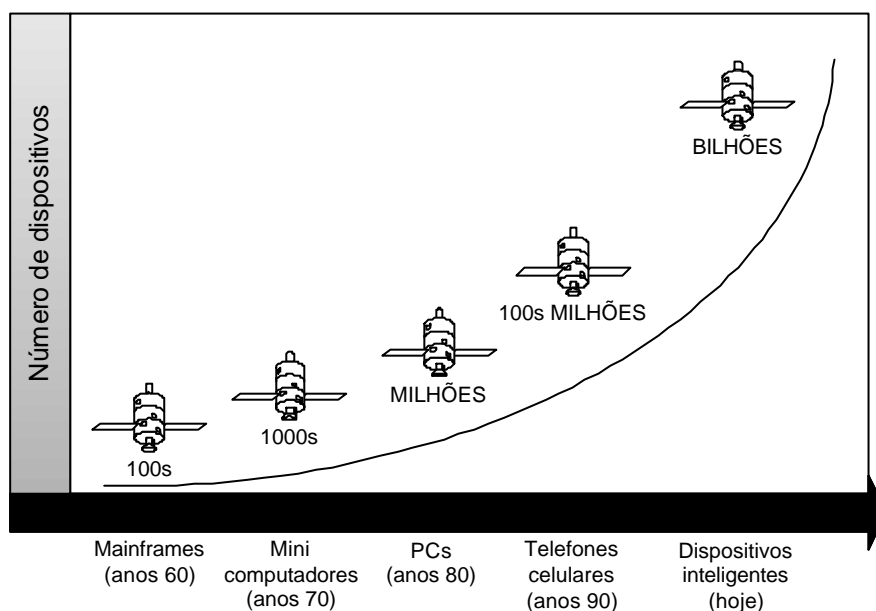


Figura 8 Evolução do número de dispositivos

Fonte: [O'DRISCOLL, 2001]

Podemos apresentar duas classes de componentes, os que apresentam inteligência nativa, ou seja, já neles inserida, e aqueles que requerem sub-sistemas complementares de controle, nos quais se encontra tal capacidade.

Os sub-sistemas auto-contidos são fabricados com todos os componentes de software e hardware necessários para o desenvolvimento das operações básicas de comando remoto, interligação em rede, autonomia e tomada de decisão que um DI deve estar capacitado. Caso, o dispositivo não apresente inteligência nativa ele pode se utilizar da integração de outros sub-sistemas para desenvolver as mesmas funções

dos DIs nativos. Por exemplo, um equipamento multimídia como um DVD poderia se utilizar de sensores, atuadores e interfaces de rede e de usuário para a introdução de novas funções como o controle remoto, controle de mídia, troca de mensagens, comando por voz, etc.

Num passado recente, alguns acontecimentos levaram ao desenvolvimento do dispositivo inteligente: a miniaturização dos componentes eletrônicos, o vertiginoso crescimento da interligação de computadores em rede, a necessidade da automação de tarefas e a busca por equipamentos de uso pessoal. Telefones celulares, computadores de bolso, relógios de pulso e até mesmo aquecedores de água e geladeiras já sofrem modificações, ampliando suas funcionalidades, poupando tempo do usuário comum.

Em um cenário residencial, dois possíveis modelos podem ser utilizados:

?? periféricos em comunicação com um computador central;

?? DIs em comunicação direta com a rede doméstica.

Se forem periféricos, não existirá um custo adicional elevado na implantação, porém, se o computador central parar de funcionar, os periféricos também deixarão de operar. Os DIs, no entanto, possibilitam uma arquitetura distribuída, efetiva e muito mais poderosa e robusta (Figura 9). Eles são o cerne da computação ubíqua ou pervasiva e muitos outros projetos [Coen, 1999], [Dey, 1999], [Minar, 1999] e [Brumitt, 2000] têm adotado e utilizado este mesmo princípio. Para uma maior facilidade na análise e desenvolvimento, dispositivos dinâmicos como os DIs motivam um desmembramento das funções de hardware e da lógica interna em diversas camadas mais simples permitindo a análise e a modificação de algumas funções sem alterar todo o seu funcionamento. Assim, os DIs são compostos por cinco partes essenciais:

?? Núcleo básico;

?? Interface de rede;

?? Software de aplicação e controle;

?? Entradas e saídas de dados;

?? Interface com o usuário.

O núcleo básico corresponde ao conjunto hardware / software do dispositivo que desempenha as funções principais a que ele foi destinado. Qualquer outro recurso secundário não pertence ao conjunto de funções de responsabilidade do núcleo. Um núcleo de um aparelho de TV teria como funções básicas sintonizar um canal e mostrá-lo na tela. Essencialmente, são as duas funções que qualquer TV deve poder realizar. O núcleo básico é, de um modo simples, um eletro-eletrônico sem a adição de recursos que lhe possibilitariam uma interconexão em rede ou controle e verificação de estado remoto.

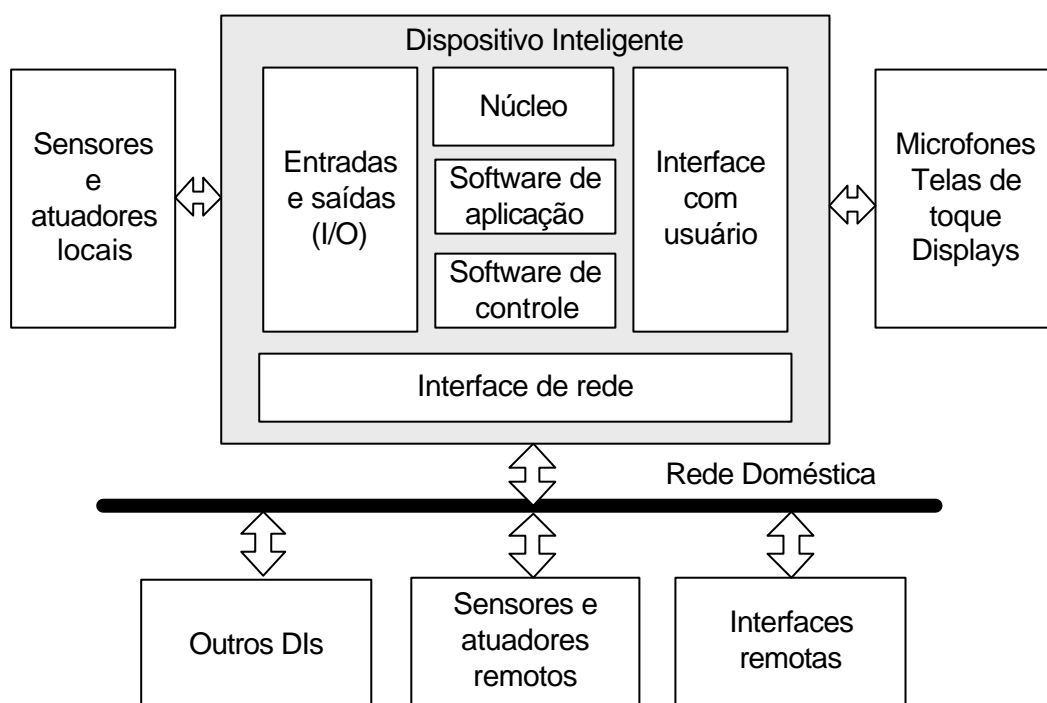


Figura 9 Modelo de dispositivo inteligente

Devido às características de inteligência distribuída dos DIs, existe a necessidade de um mecanismo que possibilite a comunicação entre máquinas. A interface de rede permite ao dispositivo inteligente trocar dados com outros dispositivos da rede doméstica como gerenciadores ou outros DIs. Não existe qualquer restrição quanto ao tipo de rede adotada, podendo inclusive ser usada mais do que uma (por exemplo: rede de controle de baixa velocidade e rede de dados multimídia de alta velocidade). O sistema, no entanto, deve prover algum modo de identificação ao dispositivo na rede.

Apesar de todo o complexo sistema de hardware, circuitos, placas e *microchips* que envolvem um dispositivo inteligente, a maioria das funções de controle e entrada e saída é comandada por uma lista de códigos contendo instruções e parâmetros. O software de controle é então este conjunto de instruções que define seu funcionamento básico. No entanto, camadas mais altas como o modo de operação, entrada e saída de informações e mensagens para o usuário são controlados pelo software de aplicação.

É grande a responsabilidade dos códigos inseridos nos dispositivos no propósito de torná-los mais amigáveis, impulsionando o mercado de DIs e por consequência possibilitando a criação de ambientes inteligentes. Quanto mais desenvolvido é o software, melhores são as funcionalidades disponíveis, menor é a quantidade de recursos gastos e maiores são os benefícios alcançados em projetos de residências inteligentes [Van Harmelen, 1994].

Qualquer que seja o DI utilizado, ele deve disponibilizar canais de entrada e saída de dados. Através deles, o DI se comunica diretamente com sensores e atuadores e, indiretamente, por meio da interface de rede, com outros dispositivos, com redes de dados globais (Internet, etc.) permitindo o controle e a visualização remota de estados. Mais a diante, verificar-se-á que existem dois modos básicos de troca de dados: entre DIs e entre um DI e o controlador central. Cada um desempenha um papel importante, ora aumentando a velocidade na tomadas de decisão, ora centralizando o controle no gerenciador, onde se estabelece a maior inteligência do sistema.

Qualquer equipamento eletrônico precisa de uma interface para se comunicar com o usuário, seja ela real ou virtual, local ou remota. Com os DIs não é diferente. É através da interface que o usuário interfere na sua programação e visualiza o estado de funcionamento. A interface deve permitir uma interação rápida, fácil e sempre presente. Em conjunto com o sistema de percepção (detalhado mais a diante), a interface deve utilizar as informações geométricas do ambiente para disponibilizar telas (*displays*) e comandos de uma forma confortável e ubíqua. A tendência das interfaces é que se tornem cada vez mais naturais e propícias para uma interação com os usuários de uma forma não intrusiva (Figura 10).

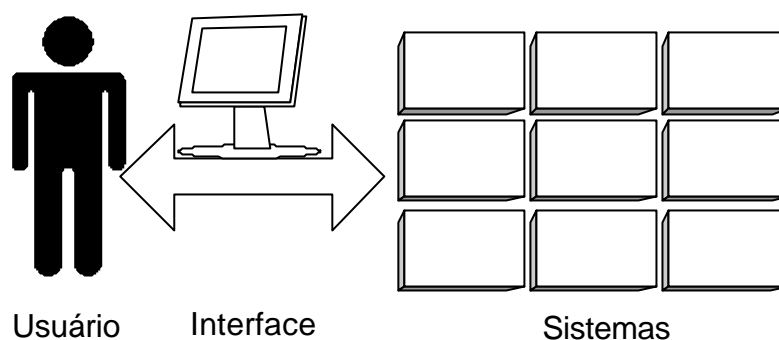


Figura 10 Utilização de interfaces de controle

Dependendo do tipo de dispositivo e da complexidade das funções que realiza vários tipos de interface podem ser utilizadas: real ou virtual, local ou remota. Interfaces reais são implementadas por meio de componentes físicos como botões, alto-falantes, etc. Caso estejam no mesmo invólucro onde se encontra o hardware principal, ela será local, caso contrário, ela será remota. Interfaces virtuais utilizam informações do sistema de percepção para controlar os DIs por meio de movimentos da face, postura ou teclados luminosos virtuais [Pinhanez et al, 2001]. Se o DI exerce funções onde não há a necessidade de uma interação direta, pode-se implementar uma interface real porém remota agrupando várias interfaces em apenas uma tela de toque, por exemplo. Um tocador de DVD pode disponibilizar vários tipos de interface como uma real e local (no próprio aparelho) e uma real e remota, em uma tela sensível ao toque.

2.6 Sistemas Domóticos

Em uma residência inteligente existem inúmeros fatores que devem ser analisados e complexas tarefas devem ser realizadas a fim de promover a gestão suave e contínua dos dispositivos e atuadores. Implementar todos os métodos de percepção, planejamento e atuação em um só sistema é um trabalho árduo e que reúne várias desvantagens, dentre elas a manutenção, a dificuldade em inserir novas operações e a busca de erros. Deste modo, a gestão da residência inteligente é dividida em vários sub-sistemas responsáveis cada um por operações bem específicas e gerenciados por um controlador central, correspondendo portanto a uma estrutura hierárquica.

2.7 Sensores e Atuadores

O sensores e atuadores são a interface da residência inteligente com o meio físico. Os sensores transformam parâmetros físicos (temperatura, umidade, etc.) em sinais elétricos apropriados para que os sistemas domóticos possam analisá-los e tomar decisões.

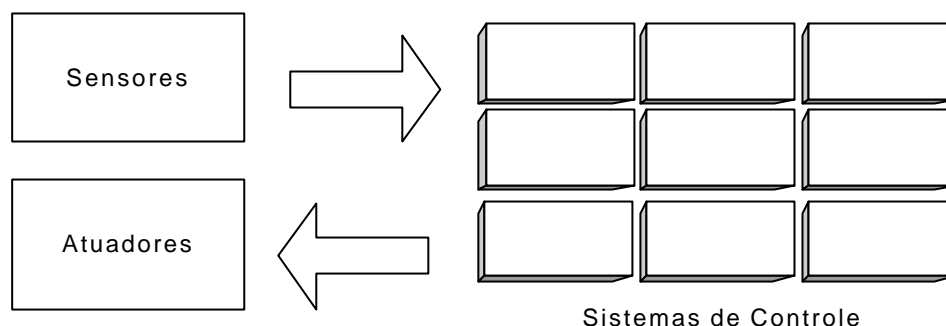


Figura 11 Sensores e Atuadores

Os atuadores são componentes eletro-mecânicos que têm suas características alteradas conforme os impulsos elétricos recebidos. Eles podem ser interligados diretamente aos dispositivos inteligentes ou ser conectados por meio de pequenas interfaces a uma rede de dados para que possam ser utilizados por qualquer sistema domótico.

As características dos sensores e atuadores são importantes, uma vez que deles dependem diretamente as capacidades de uma residência inteligente. Uma lista com os principais tipos de sensores e atuadores é apresentada no Apêndice A.

No mercado de automação existe uma variedade muito grande de sensores que possibilitam o monitoramento de inúmeras grandezas físicas e eventos. Basicamente, são os sensores que retornam a informação de um evento permitindo que o controlador saiba se uma ação enviada foi executada com sucesso ou não. Uma bomba d'água, por exemplo, só para de funcionar quando o sensor de nível retorna a informação de cheio para o controlador local que é quem efetivamente controla a bomba. Pode-se, no entanto, enviar tal informação para uma central com propósitos diversos, como um meio de informação aos moradores que há água suficiente ou não para todos tomarem banho. O mesmo acontece com um aquecedor que liga ou desliga a chama dependendo da temperatura acusada por um sensor.

Uma falha na detecção ou mesmo o mau posicionamento do sensor pode ocasionar um erro de leitura causando uma situação de risco. Os sistemas de controle devem ser projetados sempre pensando na segurança do usuário. No caso de uma

pane ou mau funcionamento, eles devem sempre tender ao nível de menor energia e maior segurança.

Os detectores de incêndio, por exemplo, são os aparelhos do sistema de detecção que registram, comparam e medem automaticamente a presença e as variações dos fenômenos do fogo — fumaça, calor, chamas — e que transmitem em seguida estas informações, em forma de sinais, a uma central que os interpretam.

Os diversos tipos de detectores de incêndio intervêm quando se manifestam as condições de desencadear o alarme. A fase do incêndio que determina o ponto de intervenção do detector depende de sua característica construtiva. Neste caso, a escolha deve ser conduzida pelo projetista de forma a especificar o detector mais adequado para o ambiente onde vai ser instalado. O tipo potencial de combustão que ali possa se produzir também deve ser analisado, de modo a combinar os detectores para atingir um melhor ponto de equilíbrio entre a rapidez de intervenção com um menor número de falsos alarmes.

Com a evolução e miniaturização destes equipamentos, um número maior de sensores e atuadores devem ser usados para adquirir informações pertinentes do usuário ou do ambiente monitorado sem, no entanto, interferir demasiadamente na decoração ou na fachada arquitetônica. A evolução tecnológica destes componentes normalmente acarreta também em uma diminuição dos custos de produção e comercialização ampliando a adoção em ambientes residenciais.

Mesmo para tarefas de pouca complexidade, geralmente um único sensor não é suficiente para se formar um único modelo do ambiente. Recorre-se então a uma fusão sensorial², isto é, a utilização da informação captada por vários sensores. Devido às diferentes características dos diversos sensores, suas vantagens e desvantagens, a tarefa de fusão sensorial é extremamente difícil e a informação advinda nem sempre é consistente. Hipóteses devem ser feitas sobre o modelo e os resultados analisados posteriormente a fim de validar o comportamento do sistema. [Adaptado de COSTA, 2003].

2.8 Modos de Interação e Percepção

² O termo fusão sensorial é comumente utilizado na bibliografia referente à Robótica.

Um dos objetivos de um projeto de uma casa inteligente é manter um nível adequado de conforto, economizando ao máximo os recursos energéticos e monetários. Um gerenciador central se utiliza, então, de diversos algoritmos simultâneos no controle dos diversos sistemas com o intuito de determinar uma estratégia e o ponto ótimo de funcionamento dos equipamentos. No entanto, mesmo em um cenário de climatização simples, composto pelo ar condicionado, janelas e persianas, confronta-se com uma grande diversidade de situações quando são analisadas as vontades dos usuários. Não interessa quão sofisticado seja o programa para atender todas as necessidades, ele, de alguma forma, em alguma ocasião, vai agir de forma inesperada e indesejada, frustrando os ocupantes. Um algoritmo de auto-aprendizagem teria dificuldades também visto a impossibilidade de se criar um sistema de treinamento com todas as possíveis situações do dia a dia. Cria-se um outro problema: quanto maior a complexidade dos algoritmos na tomada de decisões, menor será a transparência destas decisões para o usuário [Edwards, 2001].

Assim sendo, será introduzido a seguir o conceito de sistemas não coercitivos que, além de serem menos intrusivos, são implementados mais facilmente em relação aos apresentados até então.

2.8.1. Sistemas Não Coercitivos

Os sistemas sem coerção diferem dos mencionados anteriormente pelo fato que sinalizam uma estratégia de mudança para o usuário, mas não efetuam tal mudança pró-ativamente. Uma luz piscando é um exemplo de sinalização não intrusiva. Uma vez que o usuário a percebesse, ele seria informado sobre as condições atuais e lhe seria proposta uma forma de alteração do funcionamento a fim de economizar energia e dinheiro. . Este método tem muitas vantagens em relação ao modo pró-ativo:

- ?? A informação é colocada à disposição do usuário sem interrompê-lo, permitindo uma argumentação da proposição apresentada pela máquina.
- ?? As decisões são tomadas pelos ocupantes baseadas em informações parciais sem confundí-los.
- ?? Utilização de interface computacional simples.

?? A computação pervasiva pode não apenas motivar um comportamento como também instruir o usuário no momento que o comportamento é assimilado.

2.8.2. Informações de Caráter Geométrico

A utilização de informações de caráter geométrico é de grande valia em sistemas onde as interfaces com o usuário não são fixas como o teclado, o mouse e a tela em um PC convencional. A informação sobre a geometria da residência permite que o sistema acione diversas interfaces, cada uma para uma particular interação. Por meio dos parâmetros geométricos de cada ambiente é possível também estabelecer fronteiras delimitando o campo de atuação de sensores e atuadores e eliminando os pontos cegos, ou seja, espaços sem monitoramento (Figura 12).

Outros sistemas mais complexos, conhecidos como sistemas de percepção (descritos adiante), além de rastrear pessoas e objetos dentro da casa, também prevêm o comportamento do usuário dependendo da sua posição e movimentação. Acredita-se que com o passar do tempo os computadores irão interagir mais naturalmente com as pessoas [Demirdjian, 2001]. Assim, no ambiente residencial, a interação não mais será por chaves, botões ou outros meios convencionais, mas sim entendendo outras ações humanas como a voz, postura, movimentos e expressões faciais.

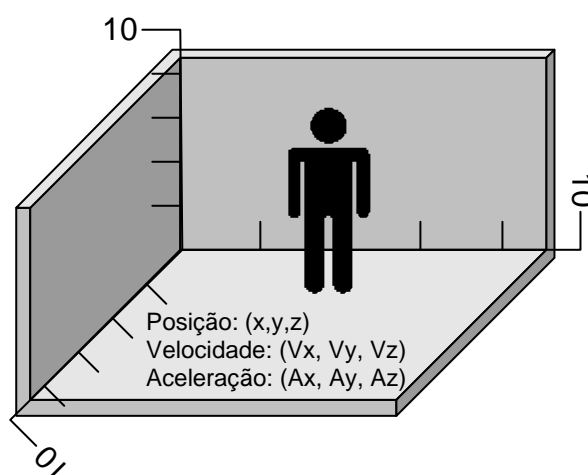


Figura 12 Informações de Caráter Geométrico

O desenvolvimento de sistema residencial inteligente deve prover algum mecanismo de informação geométrica que possibilite a implementação de dispositivos que possam usufruir deste tipo de informação e, por ventura,

disponibilizar um maior conforto ao usuário. Dentre as características mais convenientes que devam ter tais mecanismos, pode-se listar:

- ?? Parâmetros físicos para as interfaces com o usuário: quando o usuário se move dentro da casa, o sistema deve ser capaz de segui-lo e transferir as informações necessárias para a interação para a próxima tela e botões de comando.
- ?? Sistema simplificado de controle de dispositivos: o sistema deve, baseado nas informações geográficas do ambiente e na posição do usuário, selecionar todos os componentes necessários para a realização de um processo. Isso deve ser transparente ao usuário.
- ?? Interfaceamento simples: o sistema deve prover uma interface simples, abstraindo a aplicação, escondendo endereços e nomes de dispositivos. Nomes configuráveis (“alias”) e imagens devem ser utilizados permitindo uma interação mais natural.

2.8.3. Sistemas de Rastreamento e Percepção

Muitos cientistas têm direcionado seus esforços no desenvolvimento de sistemas que possam rastrear pessoas e prever a intenção humana. Permitir uma interação mais natural entre o homem e o computador não só desencadeia uma enormidade de aplicações comerciais, como também reduz a distância no processo de aproximar a máquina do homem.

Tais aplicações baseiam-se no disparo de eventos dependentes das diretrizes físicas do usuário. Essas diretrizes podem ser a posição (longe da porta, a 2 metros da TV, etc.), postura (sentado, deitado, etc.) ou mesmo o movimento facial (rindo, chorando, etc.). Os eventos podem, por exemplo, auxiliar o usuário baseado no entendimento do seu comportamento, invocar suas preferências de áudio/vídeo em uma sala ou permitir que a residência inteligente encontre o meio mais próximo de divulgar uma informação (e-mail, mensagem de voz, etc) (Figura 13).

Error! No topic specified.

Figura 13 Sistemas de percepção e rastreamento

Adaptada de [Pinhanez, 2001]

O termo “percepção”, assim como o já mencionado termo “inteligente”, sofre de uma utilização demasiadamente comercial, na tentativa de enaltecer as funcionalidades de simples sistemas sensoriais ou que têm a capacidade de prever ações. Neste trabalho, a palavra “percepção” é utilizada como uma capacidade da residência em se sensibilizar com tênues mudanças das características do ambiente ou dos usuários e promover modificações baseadas em seu próprio histórico de funcionamento e gestão. Estas características da residência aqui propostas, permitem o uso do termo assim como em [COSTA, 2003].

O sistema de percepção aliado a um algoritmo de Inteligência Artificial pode construir um sistema capaz de prever as ações dos usuários. Em um primeiro momento pode parecer que o número de possibilidades de ações seja tão grande que seria muito difícil que o sistema de predileção acertasse algum ato futuro. Mas, por meio de avaliações de pós-ocupação, são encontrados padrões de comportamento baseados em fatores como renda mensal e idade dos usuários [Abiko, 2002] que podem reduzir drasticamente o domínio das atuações e facilitar o processo de predileção. A avaliação de pós-ocupação compara usos e preferências dos residentes com as diretivas prévias adotadas para a construção dos ambientes inteligentes e auxilia na readequação e na reprogramação dos sistemas domóticos e DIs a fim de equalizar e personalizar ainda mais a interação entre os usuários e os ambientes inteligentes.

Uma residência é um ambiente favorável ao desenvolvimento de tais sistemas pois é um espaço onde se prioriza o conforto. A possibilidade de ter a casa trabalhando para o usuário e ainda prevendo suas intenções é altamente interessante, propiciando negócios lucrativos em relação ao desenvolvimento de sistemas e dispositivos.

Alguns sistemas de rastreamento externos como o GPS (*Global Positioning System*) e sistemas de telefonia celular têm sido utilizados em vários cenários, possibilitando um grande número de serviços baseados na informação de latitude, longitude e elevação ou através do posicionamento em células, respectivamente. Os módulos que utilizam a rede de telefonia celular provêm informações de posicionamento com precisão na ordem de dezenas de metros impossibilitando sua

utilização em residências. Mesmo o GPS, que, normalmente, tem uma precisão da ordem de unidade do metro não proveria a acuidade necessária.

Outros equipamentos como os transceptores ultra-sônicos ou infravermelhos podem determinar a presença e por ventura a localização de pequenos identificadores (*tags*) presos a pessoas ou objetos de interesse. Esses sistemas permitiriam representar os alvos de forma planificada, como em um mapa por exemplo. Alguns empecilhos podem ser notados quanto à adoção deste sistema: haveria também a necessidade de prender o identificador em cada equipamento, pessoa ou objeto, dificuldade em integrar com outros sistemas de posicionamento devido à incerteza gerada pelo processo planificado e a falta de informação geométrica (altura, rotação).

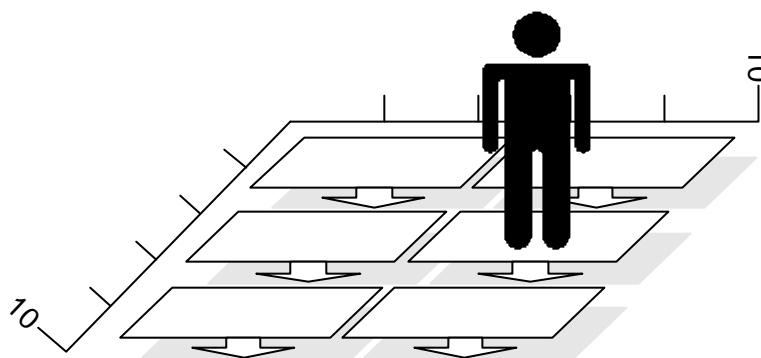


Figura 14 Smart Floor

Outros sistemas utilizam curiosas maneiras para rastrear o usuário. É o caso do *Smart Floor* [Orr, 2000] que identifica o usuário e seu posicionamento por meio da análise das forças empregadas pelas suas pegadas no chão de uma sala impregnada de sensores de pressão (Figura 14). Ele, segundo seus autores, tem uma grande margem de acerto na identificação, por volta dos 93%, porém, tal solução disponibiliza pouca informação para a análise de postura e predileção e é até mesmo inviável para a utilização em equipamentos.

Diante destes problemas, várias outras técnicas têm sido pesquisadas com o intuito de superar tais dificuldades e prover um sistema de rastreamento e predileção confiáveis e comerciais. Surgiram então alguns sistemas de rastreamento baseados na análise de sinais provenientes de dois ou mais sensores, comumente chamados de *Stereo Tracking*. Alguns sistemas [Demirdjian, 2001], [Krumm, 2000] analisam as imagens de duas câmeras instaladas em um mesmo cômodo, bem como as diferenças

entre as imagens por elas captadas, revelando a posição dos usuários, objetos, distâncias, pontos geométricos e até reconhecimento de faces e posturas (Figura 15). É a utilização do mecanismo de imagens estereográficas. Essas informações são atualizadas automaticamente em um banco de dados que guarda todas as posições e geometria dos objetos/pessoas presentes em um ambiente.

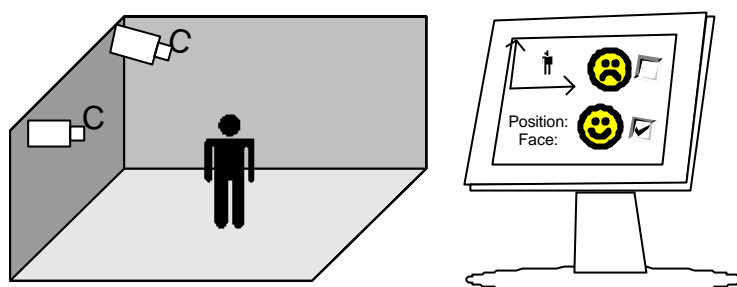


Figura 15 Estereografia

Adaptada de [Pinhanez, 2001]

Outros sistemas se baseiam tanto na aquisição de imagens estereográficas como também na análise de sons [Checka, 2001]. Um rastreador multi-modal que explora as duas modalidades (imagens e áudio) é mais robusto e alcança maior performance em comparação com os modelos que utilizam apenas um único tipo de sensoramento. Cada sistema compensa uma fragilidade do outro. Por exemplo, um rastreador de imagens pode se confundir dependendo da imagem de fundo ou perder o rastro devido à oclusão. O sistema multi-modal poderia continuar rastreando o objeto baseado no padrão de som emitido por ele. Por outro lado, a análise da imagem poderia auxiliar no rastreamento uma vez que o objeto pode parar de emitir sons ou for mascarado por ruído. Esses sistemas têm inúmeras vantagens como:

- ?? Não existe a necessidade da implantação de *tags* (transpônderes agregados ao corpo do usuário permitindo sua identificação).
- ?? Permite não só descobrir o posicionamento de pessoas como também imaginar sua intenção dependendo do seu movimento (andar ou sentar, por exemplo).
- ?? Pode identificar os ocupantes reagindo conforme suas preferências
- ?? Pode ser utilizado para achar objetos em uma sala.

?? Pode ser utilizado para construir um mapa tridimensional do ambiente.

?? Tem precisão menor que um metro.

?? Pode ser utilizado para identificar um objeto, botão ou alto-falante mais próximo do usuário.

No entanto, esses sistemas ainda funcionam com muitas restrições, em ambientes preparados (laboratórios) e são muito caros devido à grande carga computacional que necessitam. Outro grande problema é a intrusão imposta pelas câmeras na vida dos ocupantes da residência inteligente. Uma tabela comparativa dos principais sistemas pode ser visualizada abaixo.

Tabela 1 Características dos principais sistemas de percepção e rastreamento

Sistema de Rastreamento	Precisão	Complexidade	Custo	Predileção	Utilização de tags
GPS	Muito baixa	Baixa*	Baixo	Não	Sim
Celular	Muito baixa	Baixa*	Baixo	Não	Sim
Smart Floor	Alta	Alta	Alto	Não	Não
Stereo Tracking	Alta	Alta	Muito Alto	Sim	Não

(*) Quando considerada para o propósito de localização num ambiente interno. Vale lembrar que foram desenvolvidas com outros propósitos.

2.9 Interface com o Usuário

A infraestrutura de uma residência inteligente consiste em uma grande variedade de sensores, atuadores, DIs, equipamentos de controle e áudio e vídeo (A/V) que interoperam de múltiplas maneiras. Deste modo, com o crescimento da complexidade do sistema como um todo, uma interface de fácil utilização, fácil compreensão e que permita controlar e supervisionar cada equipamento tem adquirido grande importância. A interface entre o homem e os equipamentos é uma das áreas mais sensíveis no que diz respeito à aceitação do conceito de residências inteligentes. Daí, a necessidade do desenvolvimento de uma interface ideal para alavancar a construção das residências inteligentes. Uma interface ideal para o controle doméstico deve ter algumas propriedades inerentes, entre elas [Borodulkin, 2002]:

- ?? Interação em tempo real.
- ?? Manipulação direta de objetos virtuais.
- ?? Capacidade de interoperação com sistemas de percepção multi-modais.
- ?? Senso de presença e de situação.
- ?? Reconfigurabilidade.
- ?? Possibilidade de aprendizado e adaptação.

É muito importante que a interface com o usuário seja de fácil entendimento e que proveja acesso a todos os DIs de uma residência moderna. Isso requer um grau de flexibilidade e interoperabilidade que não é encontrado em um computador pessoal, por exemplo. Por outro lado, interagir com os dispositivos inteligentes deve ser uma tarefa que não necessita de grandes conhecimentos sobre redes de dados e lógica computacional. O primeiro motivo seria por muitos usuários não saberem operar um computador. O segundo seria a necessidade comercial de se produzir equipamentos do tipo ligue e use (*plug & play*), prontos para serem usados pelo usuário comum.

Os maiores problemas encontrados na concepção de interfaces são o posicionamento da mesma, a quantidade de informação apresentada ao usuário e a extensibilidade dos comandos. Em uma residência inteligente, os usuários não devem ir a um lugar especial, por exemplo, a sala de controle para interagir com o computador. O “controle casual” significa que as interfaces devem estar sempre ao alcance do usuário, prover todas as informações relevantes e permitir o controle dos equipamentos sem complicações. Microfones, câmeras, bem como displays, alto-falantes e outros dispositivos de saída especiais, devem permitir o acesso rápido e fácil aos controles da residência. O sistema também deve ser escalável permitindo o crescimento das funções de software e hardware. Se uma TV é colocada na cozinha, o sistema deve ser capaz de utilizá-la como um novo meio de apresentar informação e automaticamente tirar as vantagens que ela proporciona.

O posicionamento das interfaces, quer sejam elas botões, *joysticks*, telas de toque, *pads*, alto-falantes, *displays* ou mesmo botões virtuais, devem sempre estar próximas ao usuário promovendo um maior nível de conforto, porém de modo não

intrusivo. Outra razão seria a de facilitar a interação de pessoas idosas ou portadoras de deficiência [Dewsbury, 2001]. Para isso, o sistema de interfaces deve poder utilizar as informações geométricas e de percepção comentadas anteriormente.

A quantidade de informação disponível e a extensibilidade dos comandos em uma interface devem ser ajustadas dependendo do tamanho e do tipo da interface utilizada. Uma interface localizada em um banheiro, por exemplo, pode conter o controle da temperatura da água para o banho, da música ambiente, pode prover canais da TV em baixa resolução ou mensagens de voz e até mesmo enviar um sinal de áudio avisando que o sistema de segurança está sendo ameaçado. No entanto, acesso rápido à Internet, vídeo de alta qualidade ou um menu completo com acesso a todos os equipamentos da casa talvez não fossem necessários. O excesso de informação prejudica a interação confundindo e retardando a tomada de decisões. O excesso de informação e o controle deliberado podem ser desastrosos na mão de pessoas não habilitadas como empregados, crianças ou visitantes. Por outro lado, a escassez pode impossibilitar o controle eficiente dos dispositivos inteligentes.

Cada dispositivo de entrada e saída deve ser cuidadosamente projetado para permitir uma interação apropriada com o computador mas de um modo não intrusivo. Os fatores que definem se uma mensagem de voz ou e-mail deve poder acordar o usuário no meio da noite devem ser estipulados pelo próprio usuário, usando desde palavras chaves, nos sistemas mais simples, até agentes, em sistemas mais complexos. Por exemplo, o remetente (pai, mãe, filho) pode ser uma característica necessária e suficiente para transpor o filtro de intrusão. Num outro caso, o agente de controle de mensagens deve saber que se qualquer pessoa do trabalho entrar em contato, ela deve ser direcionada para a caixa de mensagens de voz.

2.9.1. Estado da Arte

Interfaces gráficas têm tido um apelo comercial maior do que interfaces que utilizam somente texto. As interfaces de texto normalmente operam por meio de linhas de comando contendo ações e parâmetros cujas funções e valores devem ser digitados em todos os momentos que se deseja executar um procedimento. Essas interfaces tendem a cair em desuso devido à grande complexidade dos sistemas atuais e a falta do senso de situação que estas promovem. As interfaces gráficas

utilizadas atualmente são em sua maioria do tipo WIMP (*windows, icons, menus e point and click*). Este tipo de interface, planejada e dividida em níveis, apesar de ser mais amigável ainda não proporciona um sentimento que remete o usuário para dentro do ambiente. Clicar em um ícone para acender uma lâmpada é melhor que escrever comandos em uma tela do tipo, *set on lamp34*, mas devido ao grande número de dispositivos, torna-se complicado o gerenciamento de tantos ícones situados em níveis e sub-níveis.

Em um terceiro nível, mais sofisticado, encontram-se as interfaces virtuais multi-dimensionais. São interfaces destinadas também para serem utilizadas em monitores de PC ou telas de toque, nas quais o usuário pode percorrer virtualmente os ambientes da residência desenhada em três dimensões e comandar remotamente cada equipamento como se estivesse na frente do mesmo. Deste modo, basta caminhar pelos diversos cômodos, apontar para o dispositivo que se deseja interagir e configurá-lo. Alguns modelos têm sido desenvolvidos [Borodulkin, 2002] e o suporte das atuais linguagens de programação tem tornado tal tarefa simples facilitando também um ajuste ou modificação da interface em casos particulares (Figura 16).

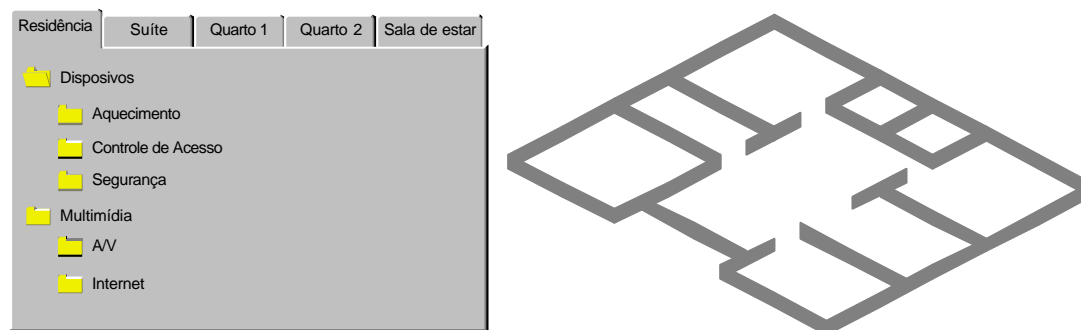


Figura 16 Modelos de interfaces WIMP e tridimensional

Um outro modelo de interface que utiliza o conceito de computação pervasiva é o *Everywhere Displays* [Pinhanez, 2001]. Consiste de um espelho giratório que reflete em qualquer ponto do ambiente a imagem de um projetor. Aliado ao sistema de rastreamento multi-modal, com câmeras e microfones, permite projetar em qualquer superfície informações provenientes da residência inteligente. Esta imagem se move conforme o posicionamento do usuário. Este sistema também é utilizado como interface pois pode projetar também uma sequência de botões luminosos e virtuais em uma superfície, cujo toque pode ser detectado pelas câmeras e utilizado

como disparo de um evento qualquer [Pinhanez et al, 2001]. Esse sistema permite que haja interação sem que o usuário precise se movimentar. Em particular, ele pode facilitar o acesso a computadores para pessoas com alguma deficiência. Em um hospital, o paciente pode controlar a altura da cama, mudar o canal da TV, chamar médicos e enfermeiras sem nenhum contato com qualquer aparelho e sem a necessidade de se mover, bastando apenas interagir com a imagem da interface refletida na parede ou na própria cama. No entanto, esse tipo de interface ainda é cara (câmeras e projetores), requer uma calibração demorada e consome muito recurso computacional para análise das imagens em tempo real (Figura 17).

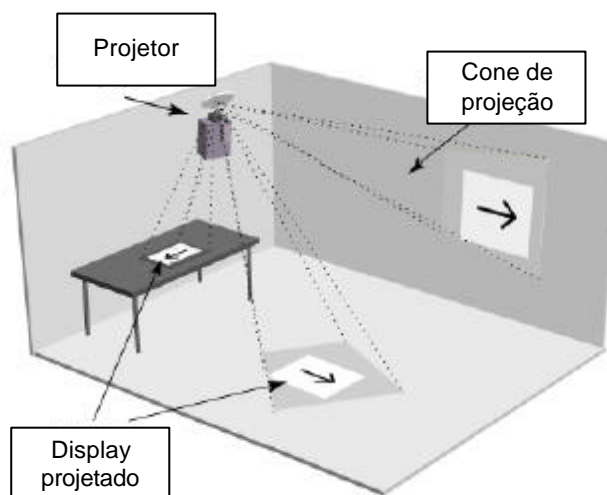


Figura 17 Diagrama do *Everywhere Displays*

Adaptada de [Pinhanez, 2001]

O tipo de interface que se deseja adotar neste trabalho é do tipo bidimensional, porém que utilize as informações geométricas da planta residencial a fim de prover ao usuário, mesmo sem os recursos computacionais de síntese tridimensional de imagens, uma sensação de presença e de situação.

3. REDE DOMÉSTICA

Entende-se como rede doméstica aquela que provê a interligação entre os equipamentos do assinante, como computadores, DIs e o *gateway* residencial, como o *cable modem* ou *modem ADSL* (Figura 18). A rede doméstica e os dispositivos inteligentes representam a nova onda de serviços e equipamentos digitais dos próximos anos. Eles serão os responsáveis por uma grande mudança na vida de todos pois possibilitarão o acesso instantâneo a qualquer informação digitalizada do planeta. Muitas empresas do setor de telecomunicações, automação, computadores e chips estão se organizando em fóruns e associações para estabelecer uma tecnologia de redes e protocolos, a fim de suprir as necessidades do uso doméstico. A velocidade com que esta tecnologia chegará nas mãos dos usuários, talvez seja o fator decisivo para torná-la um padrão mundial e atender esse imenso mercado. Dentre os diversos fóruns existentes criados por empresas e instituições interessadas no assunto, algumas propostas têm sido comuns a todos. Dentre elas destacam-se:

- ?? Permitir o compartilhamento do acesso à rede do provedor de serviço de acesso.
- ?? Permitir a utilização de múltiplos equipamentos.
- ?? Ser de administração e gerência fácil e simples.
- ?? Isolar o tráfego interno à residência da rede de acesso.
- ?? Oferecer suporte a diferentes protocolos de nível superior.
- ?? Permitir o acesso a diferentes provedores de serviços de acesso.
- ?? Implementar diferentes classes de qualidade de serviço.

Nos dias atuais, o uso de uma infra-estrutura de rede em um ambiente doméstico passa mais por uma questão de mudança de hábitos e de interesses do que de impossibilidades técnicas.

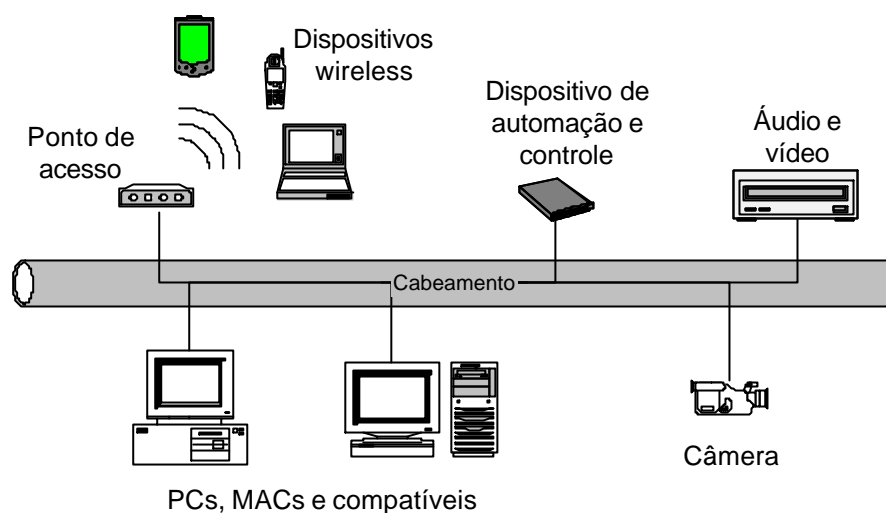


Figura 18 Exemplo de rede doméstica

3.1 Tipos de Redes Domésticas

A tecnologia que envolve o mundo das redes domésticas é nova se comparada com as redes de computadores que já passam dos trinta anos de idade. Porém o desenvolvimento de equipamentos e padrões atingiu uma velocidade tão surpreendente, que muito em breve teremos sistemas robustos e eficazes. A maior parte da tecnologia das redes atualmente utilizadas em residências advém da experiência adquirida no mundo corporativo com algumas adaptações. As redes cabeadas são ainda mais baratas e seguras que as sem fio mas esse panorama tem mudado gradativamente com o surgimento de novos equipamentos sem fio mais confiáveis e robustos. As redes sem fio são muitas vezes utilizadas no ambiente residencial pelo fato de não promoverem quebra de paredes e outros transtornos. Mas requerem um maior controle por parte do usuário com relação à intrusão e esquemas de segurança.

3.1.1. Topologia

No sentido mais amplo, redes domésticas são interconexões de equipamentos eletro-eletrônicos de uso residencial por um meio que possibilite a troca de dados entre eles. As redes domésticas permitem a troca de informações, acesso a recursos computacionais e disponibilizam a comunicação on-line. A estrutura típica de uma

rede é hierárquica e baseada em *clusters*³, sendo que em uma residência pode-se ter mais de um *cluster* por andar ou até mesmo um por ambiente.

3.1.2. Heterogeneidade

Em um ambiente doméstico, diferentemente do mundo corporativo, existem diversos sistemas interagindo diretamente com o usuário com o propósito primordial de satisfazer as suas necessidades e preferências. Esses inúmeros formatos de comportamento também se refletem nos diversos modelos de redes que compõem a rede doméstica. Sistemas integrados de áudio e vídeo requerem transmissões de alta velocidade com controle de qualidade de serviço. Já os dispositivos de controle não necessitam de redes tão velozes, mas que sejam confiáveis e robustas.

Ainda é longo o caminho que levará à utilização de apenas um modelo de rede universal que cumpra todos os requisitos de funcionalidade, velocidade, segurança, robustez e custo. Por outro lado, a utilização de diversos modelos de redes de transmissão de dados em um único ambiente encarece a instalação de novos sistemas e introduz a necessidade de *gateways* que possibilitem o interligamento e a troca de dados entre as redes. Todos estes entraves diminuem a velocidade na adoção dos sistemas de controle e entretenimento doméstico e no desenvolvimento dos dispositivos inteligentes.

No entanto, de uma forma ainda incipiente, muitas companhias que atuam no ambiente corporativo estão redirecionando suas forças para o imenso mercado residencial que cresce a cada dia. Em breve, com a introdução dos DIs, haverá uma grande demanda por transmissão de dados entre estes componentes fomentando o desenvolvimento de sistemas de transmissão especialmente dedicados a eles e ao ambiente residencial.

3.2 Compartilhamento do Acesso

A rede doméstica não deverá operar de forma isolada do resto do mundo, muito pelo contrário. No entanto, em um futuro próximo, as redes domésticas ainda não estarão ligadas diretamente nas redes WANs (*Wide Area Network*) como a

³ Cluster é o termo em inglês mais usado no meio técnico, representando a idéia de “conjunto de equipamentos interconectados”. A tradução direta seria “agrupamento”.

Internet. Um aproveitamento maior e mais seguro desta interconexão se dará por meio de *gateways* operados por agentes inteligentes administrando conteúdo, automação e tráfego com o mundo externo. O real benefício de tal integração, além da habilidade de acessar remotamente as funcionalidades da casa, é a habilidade da casa em acessar serviços e informações que melhorem seu próprio funcionamento através da cooperação dos inúmeros dispositivos inteligentes nela instalados.

O provedor de serviço constantemente estará enviando e recebendo dados da rede doméstica efetuando, por exemplo, o *download* de músicas, filmes, controlando os DIIs, realizando a leitura de água, gás, telefone e energia *on-line*, etc. Porém, não seria seguro, nem prático permitir o acesso de todos os dispositivos à rede de dados externa. Imaginando-se que, em breve tenha-se um grande número de dispositivos em uma residência, há a necessidade de se estabelecer uma identificação para cada um, globalmente. Sendo assim, a porta de entrada para todos estes dados seria composta por um *gateway* residencial cuja função pode ser realizada por um *cable modem*, um roteador, etc. (Figura 19). Esse fato, além de não divulgar o tráfego interno da residência do usuário, viabilizando possíveis quebras de sigilo, não sobrecarrega a rede de acesso com tráfego que deveria ser apenas interno às residências.

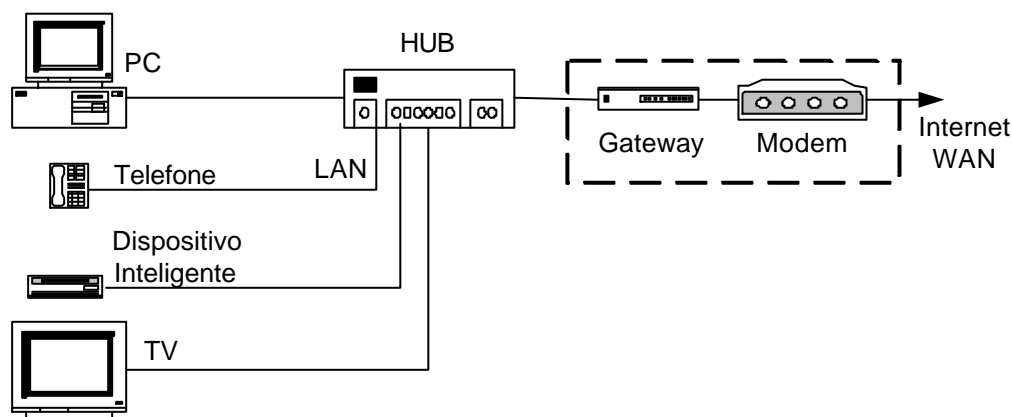


Figura 19 Compartilhamento de acesso com *gateway*

O *gateway* faz o roteamento para a rede de acesso apenas do tráfego que deve necessariamente ser para ela encaminhado. Caso o usuário tenha adquirido apenas um acesso (ou um único endereço IP), outros computadores da rede interna também possam se comunicar com a rede externa. Já existem produtos disponíveis no mercado que, além de implementarem esse serviço de compartilhamento de acesso,

disponibilizam outras funcionalidades de segurança, proteção contra intrusos e antivírus, etc.

3.3 Serviços e Aplicações

Embora o ITU defina serviço e aplicação separadamente, sua caracterização é muito voltada para o ambiente de redes de computadores. Neste trabalho, a palavra “serviço” é utilizada de modo mais amplo estendendo-se a todos os processos que viabilizam os sistemas domóticos. O setor de serviços engloba dois diferentes níveis [O’Driscoll, 2001]:

- ?? Serviços de rede;
- ?? Serviços agregados.

O primeiro trata dos serviços reais que podem ser prestados ao usuário final e que dependem da tecnologia adotada, da necessidade e das pré-disposições financeiras. São eles que geram riquezas, movimentam o mercado de tecnologia e provêm conforto e status:

- ?? Internet de alta velocidade e segura, transferência de arquivos, e-mail;
- ?? Telefonia comum com a possibilidade de envio e recebimento de mensagens de fax e videotelefonia;
- ?? Automação predial: manutenção, controle e vigilância remotos de sistemas incluindo eletro-eletrônicos (refrigeradores, ar-condicionado, aquecedores, etc.), detectores de fumaça e enchentes e alarmes de incêndio;
- ?? Segurança patrimonial: sistema completo de vigilância com câmeras, controles de acesso, mensagens de alarme e gerenciamento remoto;
- ?? Saúde: monitoramento de pessoas doentes, deficientes, crianças ou qualquer outra que necessite de cuidados regulares, telemedicina;
- ?? Medições diversas (gás, água, luz) em tempo real, contas detalhadas, controle de cargas, cortes de energia remotos e utilização racional da energia;
- ?? Serviços de informação pública: procura, organização e filtragem de conteúdo específico para o perfil do usuário (jornais, classificados);

- ?? Serviços de informação segura: documentos *on-line*, *home-banking*, transferência de dinheiro digital, registros médicos, comércio eletrônico;
- ?? Serviços de entretenimento: transmissão digital de TV, vídeo sob demanda, áudio sob demanda, música, jogos;
- ?? Trabalho em casa, educação à distância.

Os **serviços agregados** são serviços de apoio ao funcionamento da rede como um todo e podem ser prestados pela companhia que implementa a rede física, pela provedora de serviço ou por terceiros conforme as regulamentações do setor (Figura 20). Pode-se destacar três protagonistas destes serviços:

- ?? Agentes;
- ?? Integradores;
- ?? Administradores.

Os protagonistas são essenciais devido às funções que exercem na cadeia de serviços e agregam os recursos necessários para a execução de tais funções. Dentre eles os recursos humanos, computacionais e corporativos.

3.3.1. Agentes

Os agentes aumentam a eficiência dos serviços prestados pelos diversos provedores de conteúdo, personalizando e agregando valor ao mercado. São inúmeras as maneiras com que estes agentes podem agir, oferecendo uma maior variedade de produtos a preços menores, devido ao contato direto com os fornecedores. Os agentes funcionam como “clube de descontos”: paga-se uma quantia mensal e obtém-se uma linha de “produtos” mais adequadas ao perfil do usuário. De certa forma, as companhias de TV por assinatura e os grandes portais de compras realizam esta função atualmente.

3.3.2. Integradores

Esta categoria de serviço agrega valor às funções da rede doméstica e seu controle e gerenciamento de modo remoto. Gerencia a automação dos DIs e o controle ou supervisão das pessoas. Por exemplo, a companhia fornecedora de gás

poderia ter acesso ao medidor em tempo real e vender um serviço de gerenciamento de energia ou detecção de vazamentos on-line como atrativo de mercado.

Serviços prestados pelos integradores:

- ?? Autenticação e segurança da rede;
- ?? Automação de dispositivos;
- ?? Telemetria,;
- ?? Detecção de status da rede e de dispositivos;
- ?? Gerenciamento de energia.

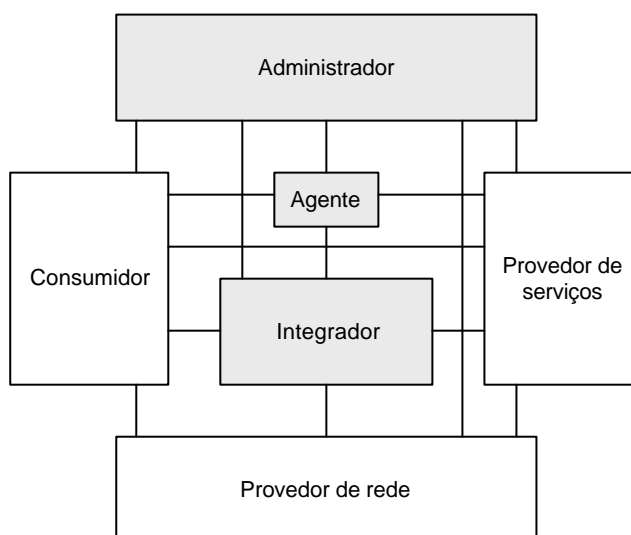


Figura 20 Modelo de negócios do ITU

Fonte: [O'DRISCOLL, 2001]

3.3.3. Administradores

Os serviços dos administradores incluem qualquer atividade de manutenção e gerenciamento que facilitem a vida do usuário. A primeira função é de mascarar a complexidade da tecnologia da rede doméstica e de toda a manutenção desta rede. Os integradores e os administradores irão compor a plataforma de serviços necessários à nova geração de casas inteligentes. A seguir, a lista de serviços prestados pelos administradores:

- ?? Administração operacional e suporte técnico;

- ?? Manutenção dos dispositivos e serviços;
- ?? Otimização da rede e gerenciamento de banda;
- ?? Configurações remotas e manutenção de rede.

3.4 Questões Sobre a Rede Residencial

A arquitetura de uma rede residencial apresenta novos desafios que a indústria de redes ainda não teve que enfrentar. Quatro vertentes direcionam a aplicação desta arquitetura:

- ?? Variância de estrutura;
- ?? Variância de uso;
- ?? Sistema cliente-servidor dinâmico;
- ?? Necessidade dos consumidores.

3.4.1. Variância de Estrutura

Enquanto a tecnologia da rede de acesso pode variar entre poucas soluções, os dispositivos, serviços e tipos de rede interna irão variar conforme a necessidade do usuário. Por isso, a padronização se torna tão latente. É importante se estabelecer sistemas robustos e ao mesmo tempo flexíveis do ponto de vista de interoperabilidade e interconectividade, pois irão conviver em ambientes diversos e numa infinidade de combinações e configurações.

3.4.2. Variância de Uso

Não apenas o número e o tipo de dispositivos vão variar, mas também o modo como a residência inteligente vai se comportar é muito particular. Ambientes comerciais têm um padrão de utilização para o meio digital. Normalmente, são pesquisas na Internet, acesso a bancos de dados, e-mails e compartilhamento de arquivos.

No entanto, a próxima geração de redes domésticas terá o seu padrão de uso muito mais complexo e imprevisível. Várias empresas terão acesso à rede do usuário, atualizando os softwares dos dispositivos, diagnosticando o sistema remotamente,

recebendo dados dos equipamentos, transferindo conteúdo digital como um filme para a HDTV. Acima disso tudo, deve haver uma aplicação que gerencie todas as conexões, identificando-as, criando um histórico das autenticações, impedindo ataques e infiltrações indesejadas.

3.4.3. Sistema Cliente-Servidor Dinâmico

A estrutura da rede doméstica é composta por diversos tipos de dispositivos com diferentes níveis de inteligência . Uma primeira estrutura cliente-servidor é notada: o servidor de aplicações e o *gateway* residencial como cliente. As relações cliente-servidor são particulares para cada conexão. Alguns dispositivos podem desempenhar as funções como o *gateway*, recebendo o conteúdo do servidor de aplicações, memorizando-as, tratando-as e repassando-as aos outros DIs. Quando o sistema está em modo de funcionamento horizontal, as informações são trocadas dentro da rede interna, comportando-se como um ambiente *peer-to-peer*. A topologia vai ser definida pelo integrador do sistema que analisará a melhor configuração para a necessidade do usuário.

A fim de se criar um sistema redundante com uma arquitetura multi-nível, deve-se separar a informação da mídia, a fim de torná-la disponível em qualquer ambiente distribuído. Neste caso, este tipo de arquitetura é mais eficiente porque reduz o tráfego desnecessário, desafogando um possível gargalo na Internet ou mesmo na infra-estrutura residencial. Várias arquiteturas estão sendo propostas, mas ainda não há um *layout* definitivo. Todavia, com o surgimento de ferramentas analíticas de desempenho, é possível criar um esboço de arquiteturas adequadas para estes sistemas.

3.4.4. Necessidades dos Consumidores

A rede residencial deve assumir alguns conceitos pré-existentes na vida de cada usuário em particular. Não existe uma lei que defina como uma rede deverá trabalhar e quais serviços irá desempenhar. A rede residencial tem como premissa auxiliar as tarefas do *home office* e também prover a arquitetura necessária para o entretenimento, sendo de fácil uso e baixa complexidade. Com o contínuo e crescente processo de digitalização de informações referentes ao usuário, de caráter privado ou não (fotos de família, documentos, agendas, imagens das câmeras de

segurança, programação dos equipamentos de automação, arquivo de músicas, filmes, etc.), a rede deve se mostrar segura e confiável, provendo mecanismos de controle de acesso, identificando e diferenciando cada membro da família, permitindo a implementação de diversos níveis de gerenciamento e controle.

Existe uma preferência do mercado por sistemas *plug and play*, escaláveis e compatíveis com os padrões industriais. A possibilidade de integração de qualquer dispositivo à rede, independente da marca, modelo ou fornecedor, é um grande apelo de mercado. Conforme mencionado anteriormente, sistemas sem fio (*wireless*) são sempre bem vistos mercadologicamente. Apesar das restrições de segurança, eles agregam valor aos sistemas mais antigos, não adicionam novos cabeamentos e garantem mobilidade ao usuário. Estas são algumas vertentes que estão delineando a criação das redes domésticas segundo as maiores empresas mundiais especializadas em marketing digital.

No entanto, muitas dúvidas sobre o funcionamento das redes domésticas e dos DIs ainda estão para serem respondidas. Algumas delas são:

- ?? Compartilhamento do acesso: não serão poucas as residências que terão mais de um equipamento ligado à rede de acesso. Deverão fazer parte dessa rede mais de um aparelho telefônico, possivelmente mais de um computador, diversas televisões e eletrodomésticos inteligentes. Os equipamentos poderão ter mais de um endereço na rede? Uma residência poderá também disponibilizar serviços na Internet?
- ?? Compartilhamento de dados e periféricos: quais dispositivos deverão ser compartilhados na rede interna? Como será a troca de dados entre eles?
- ?? Repetidores e cabeamento: qual é o cabeamento mais discreto possível?
- ?? Utilização de sistemas *wireless*: o custo dos aparelhos compensa a redução da mão de obra de instalação? E quanto à segurança?
- ?? Existe uma arquitetura que disponibilize todos os serviços de redes, automação e áudio/vídeo? Os diversos sistemas adotados são interoperáveis?
- ?? Como deverá ser o controle de acesso ao meio? Como estipular um parâmetro razoável para a qualidade de serviço (QoS) que vem a ser necessária para

determinadas aplicações, como, por exemplo, distribuição de vídeo digital, videoconferência e telefonia?

- ?? Pilha de protocolos: que protocolo será necessário? Como interligar diversos modelos de redes?
- ?? Taxa de transmissão disponível: como deve ser o cabeamento e o controle de acesso ao meio para viabilizar as taxas necessárias às aplicações?
- ?? Complexidade de instalação e administração: a maioria dos usuários não disporá de conhecimentos técnicos necessários às complexas tarefas de instalação, gerência e administração dos equipamentos. O fato de o hardware ser *plug and play* é suficiente?

A utilização de processos de simulação computacional visa esclarecer algumas dessas dúvidas. Em uma primeira etapa, a interação homem-simulador fornecerá meios para que seja possível o estabelecimento dos pontos críticos, permitindo aos desenvolvedores de equipamentos e serviços observar previamente o comportamento das residências inteligentes tanto no âmbito humano como no tecnológico.

4. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A automação residencial, através da utilização de dispositivos eletrônicos e redes de dados, possibilita o controle remoto de equipamentos e a automatização de processos em uma residência. Ela é capaz de melhorar o estilo de vida dos moradores aumentando o conforto, segurança e eficiência energética. A automação residencial engloba iluminação, entretenimento, segurança, telecomunicações, climatização e sistemas de áudio e vídeo. Pode-se dizer que a automação residencial e a Domótica estão interligadas assim como a automação industrial está com a Robótica (Figura 21).

Error! Not a valid link.

Figura 21 Conexão entre Robótica e Domótica

Construir uma residência inteligente pressupõe o planejamento de temas que até hoje não se observavam. Muitas variações de projetos têm surgido, considerando a otimização do consumo de recursos energéticos ou as novas tendências arquitetônicas. Mas, as perspectivas oferecidas pelas novas tecnologias da informação são as que realmente têm proporcionado mudanças efetivas no modo de projetar e construir as casas do futuro. Dentre essas mudanças, destacam-se:

- ?? Organização dos sistemas de informática;
- ?? Gerenciamento dos sistemas de controle da residência;
- ?? Configuração das redes interna e externa de comunicações;
- ?? Integração dos novos serviços de valor agregado;
- ?? Adaptação da rede aos vários moradores;
- ?? Conexão aos serviços públicos de telecomunicações;
- ?? Possibilidade de grande flexibilidade nas mudanças;
- ?? Organização do espaço interno e externo com a introdução de novos equipamentos e dispositivos.

O fator econômico pode marcar o limite da sofisticação a atingir. Paralelamente, pode ocorrer desperdício quando não há adequação entre a tecnologia

e o problema que se pretende resolver. A introdução de sistemas de automação residencial visa trazer mais conforto ao usuário com significativa redução do consumo de energia e recursos naturais. Assim sendo, cada ambiente deve ser projetado com o intuito de promover uma convivência natural e pacífica entre o usuário e a tecnologia, sem imposição. A tabela abaixo mostra de uma forma coerente a situação atual e a proposta, com os resultados que se pretende obter:

Tabela 2 Situação atual e proposta

Situação atual	Situação proposta
instalações independentes: multiplicidade de redes e cabos	integração dos serviços: redução no custo de equipamentos e processos
redes não compatíveis: manutenção cara e complicada	centralização de sistemas: melhoria no controle e administração da residência
falta de uniformidade: impossibilidade de automatização global	automação de residências: maior conforto e segurança, mecanização de serviços
equipamentos limitados: dificuldade para integrar novos serviços e interligar redes, dependência do fornecedor, ampliação do uso de "adaptadores" e obsolescência a curto prazo	eletrodomésticos inteligentes: acesso à informação de qualquer ponto da casa, economia de energia, simplificação da rede, melhoria em manutenção
	monitoramento remoto de pessoas e equipamentos: diminuição do tempo de resposta à avaria ou alarme
	auditoria e controle de gastos: constante supervisão do conjunto

Com o controle programado da iluminação e de todo o funcionamento da casa, obtém-se o uso eficaz e racional dos equipamentos, sem o comprometimento do conforto dos usuários da residência. O sistema de gerenciamento condiciona de forma muito abrangente a residência, permitindo o controle e a coordenação dos diversos serviços. A organização da casa inteligente permite vantagens consideráveis para enfrentar uma situação atual muito diferente dos tempos em que os baixos

custos e alta disponibilidade da energia permitiam uma atividade descuidada em relação ao consumo.

4.1 Histórico

A noção de automação para prédios e residências inicialmente foi baseada na industrial, bem conhecida e difundida a mais tempo. Porém, em virtude da diferente realidade entre o uso dos dois tipos de arquiteturas, têm sido criadas tecnologias dedicadas para ambientes onde não se dispõe de espaço para grandes centrais controladoras e pesados sistemas de cabeamento. Em uma residência, no entanto, não são necessárias as complexas lógicas e dispositivos que controlam pesados processos de produção, mas em contrapartida surgem diversos tipos de interfaces, equipamentos, configurações e a necessidade de gerenciamento de tráfego como o multimídia (centenas de Mbps, em rajadas) até o tráfego de telemetria (dezenas de bps, constante).

O desejo de automação em projetos de pequeno e médio porte com características comerciais ou residenciais começou a surgir na década de 80 quando companhias como a Leviton e X10 Corp. começaram a desenvolver sistemas de automação predial já no ano de 1996. Com o grande número de aplicações e oportunidades geradas pelo computador pessoal, pelo surgimento da Internet e pelo barateamento do *hardware*, criou-se uma nova cultura de acesso à informação digitalizada. Esses fatores permitiram elevar o projeto elétrico de seu nível convencional para um nível onde todas as suas funções desenvolvidas estejam integradas e trabalhando em conjunto. Por mais moderno que possa ser um sistema de iluminação, aquecimento ou um eletrodoméstico, se ele trabalha sem se integrar com o restante, ele é apenas mais um equipamento dentro de casa.

Existem hoje no mercado, sistemas que oferecem uma gama completa de recursos e cada usuário pode escolher a programação que atenda melhor às suas necessidades. Agregar e alterar funções aos equipamentos de segurança, de *home theater* e todos os eletrodomésticos da casa são algumas dessas programações. Todos os dispositivos podem ser acionados pela mesma interface, seja ele um controle remoto, telefone ou voz. Podem também, ativar a programação assim que identificarem o usuário ou receberem ordens pelo telefone simulando alguém em

casa, acendendo uma luz ou abrindo as persianas. O equipamento de segurança pode emitir avisos sonoros e visuais ou discar os números dos serviços de emergência quando detectar algum intruso ou qualquer outro tipo de perigo.

As características fundamentais que devemos encontrar num sistema inteligente são:

- ?? Capacidade para integrar todos os sistemas – os sistemas interligados por meio da rede doméstica devem possibilitar o monitoramento e o controle externos, bem como atualização remota de software e detecção de falhas.
- ?? Atuação em condições variadas – o sistema deve ser capaz de operar em condições adversas (clima, vibrações, falta de energia) e prover múltiplas interfaces para os diferentes usuários, segundo o entendimento tecnológico, idade, etc., bem como auxiliar portadores de deficiência.
- ?? Memória – o sistema deve ser capaz de memorizar suas funções principais mesmo em regime de falta de energia, deve possibilitar a criação de um histórico das últimas funções realizadas e prover meios de checagem e auditoria destas funções.
- ?? Noção temporal – o sistema deve ter a noção de tempo, bem como dia e noite e estações climáticas a fim de possibilitar a execução de processos e atividades baseadas nestes aspectos.
- ?? Fácil relação com o usuário – o sistema deve prover interfaces de fácil acesso e usabilidade pois os usuários detém diferentes níveis de instrução e entendimento sobre novas tecnologias.
- ?? Facilidade de reprogramação – o sistema deve permitir a fácil de reprogramação dos equipamentos e prover ajustes pré-gravados em casos de falha ou mau funcionamento.
- ?? Capacidade de autocorreção – o sistema deve ter a capacidade de identificar uma seleção de problemas e sugerir soluções.

Automatizando os sistemas, consegue-se um aproveitamento melhor da luminosidade ambiente, controlando luzes e persianas e mantendo sempre a temperatura ideal, mas sem desperdício. Por controlar corretamente o funcionamento

dos equipamentos da residência, obtém-se uma redução no consumo de energia. Um ambiente inteligente é aquele que otimiza certas funções inerentes à operação e administração de uma residência ou edifício. Estabelecendo uma analogia com um organismo vivo, a residência moderna parecerá ter vida própria, com cérebro e sentidos.

4.2 Convergência de Padrões

A convergência dos diversos sistemas inteligentes permite tornar a residência um centro de lazer e entretenimento. Onde antes existiam apenas uma TV e um videocassete, hoje há elaborados sistemas de automação residencial, que estão ficando cada vez mais acessíveis. Iluminação e sonorização de diversos ambientes podem ser controladas por um número crescente de dispositivos, tais como controles remotos e painéis de embutir, muitas vezes equipados com vistosos *displays* coloridos. Estes controles possuem interfaces que vêm se tornando progressivamente mais amigáveis, permitindo que todos em casa operem o sistema. Os equipamentos atuais possuem dezenas de conexões de áudio e vídeo, dos mais variados tipos: RCA para áudio, vídeo composto, vídeo componente, mini-DIN para S-Vídeo, conectores óticos para áudio e vídeo e muitos outros. Porém, na hora de conectar os novos aparelhos inteligentes, para que haja transferência de dados entre os aparelhos, utiliza-se uma conexão padrão, apenas uma.

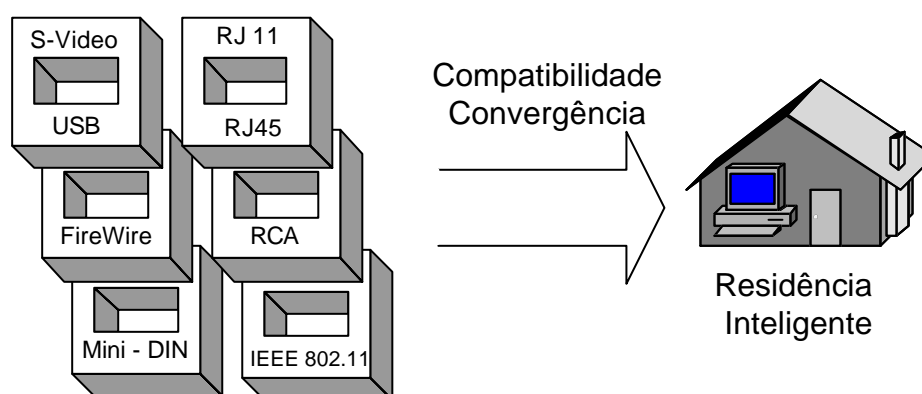


Figura 22 Convergência de padrões

Nos sistemas de automação, nos quais há mais interação entre os equipamentos, as conexões seriais se fazem presente. Os fabricantes vêm se preocupando em lançar equipamentos que tenham conexões seriais para integração

com sistemas de automação. Muitos modelos de receptores (*receivers*), processadores e projetores têm conexões deste tipo, permitindo a execução de comandos conjuntos. O avanço das soluções multi-sala (*multiroom*) e automação abriu espaço para outros padrões de tráfego de dados, mais rápidos e eficientes. Alguns componentes podem ser conectados com o sistema USB e outros com o padrão *Ethernet*, que tem sido bastante usado por equipamentos de automação doméstica. Muitos projetistas já planejam novas instalações utilizando conectores RJ-45 (presente em conexões de rede de computadores) e cabos do tipo par trançado (UTP-5) que permitem o tráfego de uma quantidade maior de informação, incluindo vídeo e áudio, o que é perfeito para o processo de convergência.

4.3 Centralizando o Sistema

Um fator a ser considerado quando se decide instalar um sistema de automação residencial é designar um espaço para absorver todo os equipamentos e prover o cabeamento adequado a todos os pontos da residência. Um ambiente de 2 metros quadrados, conhecido como sala de controle (*central wiring closet*), seria ideal para acomodar tudo, mas muitos não têm condições de reservar um espaço destes para tal função. Deste modo, pode-se utilizar um *rack* para acomodar os equipamentos e uma caixa, semelhante à de disjuntores, com todos os conduítes para distribuição dos cabos. Com isso, *modems*, *hubs*, moduladores de vídeo, amplificadores de áudio, sensores e emissores de infravermelho, acopladores de impedância, equipamentos de segurança e de automação e controle ficarão organizados e dispostos em um único local.

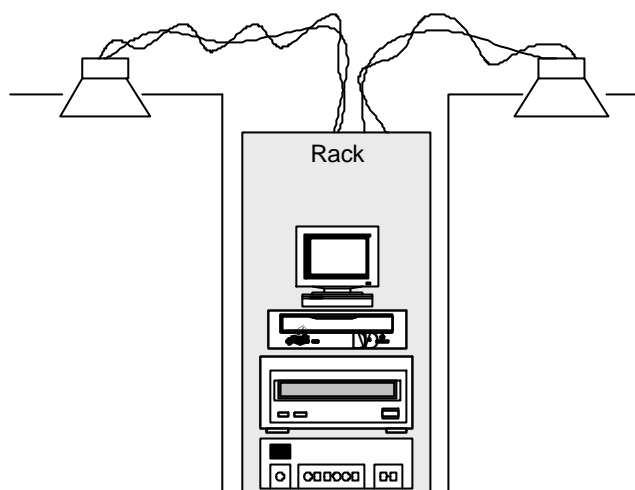


Figura 23 Rack de equipamentos

Qualquer que seja o local escolhido, este deve ter iluminação e ventilação adequadas, longe de pó e umidade, com tomadas para a alimentação dos aparelhos e ligação com a caixa externa por onde entrarão os cabos de telefone, TV a cabo, etc. Alguns sistemas como os de alarme, áudio e controle remoto ainda não são fáceis de se integrar com o resto dos equipamentos. O sistema de segurança normalmente utiliza sua própria fiação, possibilitando apenas uma integração com o sistema telefônico para monitoramento. Muitos equipamentos de áudio não vêm com um sistema de distribuição de caixas acústicas para que se possa ouvir o som em todos os ambientes. Em relação ao sistema de infravermelho, poucos são os aparelhos que permitem o transporte do sinal de IR por cabos coaxiais ou fios de telefone para o comando remoto dos equipamentos situados no *rack* central.

Dos sistemas domésticos, os sistemas mais suscetíveis à integração são o telefônico e o de redes de computadores. Os sistemas telefônicos permitem que o usuário acesse várias linhas telefônicas de qualquer aparelho da casa, tenha diferentes toques para cada membro da família, utilize o viva-voz, etc. Funcionam também como intercomunicadores, porteiro eletrônico integrado e podem transferir a chamada para outros ambientes ou para a secretária eletrônica silenciosamente.

Uma casa inteligente permite que você tenha acesso a todos os sistemas mencionados em qualquer ponto da casa, controle as luzes, realize o agendamento de tarefas, assista a programas de vídeo em qualquer cômodo, visualize as crianças brincando enquanto assiste à TV ou navega pela Internet, não tendo a necessidade de comprar um conjunto de equipamentos para todos os ambientes.

4.4 Integrador de Sistemas Residenciais

Com o advento das redes domésticas e dos inúmeros sistemas de controle residenciais, houve a necessidade da qualificação de um profissional que atendesse as exigências do novo mercado possibilitando a criação, o desenvolvimento e a implantação dos sistemas domóticos. Em muitos casos, esse profissional iniciou sua carreira trabalhando em automação industrial desde o *hardware* básico até o gerenciamento de projetos e implantação de sistemas. A entrada no setor predial foi motivada pela necessidade de definir um nicho de mercado em que pequenas empresas pudessem atuar sem enfrentar a concorrência das grandes firmas de engenharia. O mercado de automação predial, carente de projetos e mão de obra especializada, abria espaço apenas para tecnologia vinda do exterior e específica para o setor hoteleiro e de centros de compras (*shopping centers*). Os sistemas e equipamentos utilizados até então, provenientes do ambiente industrial, eram adaptados para o setor predial. Com o crescimento do mercado de automação residencial surgiram os sistemas dedicados e a necessidade da qualificação de um novo segmento de profissionais: o integrador de sistemas residenciais.

Os profissionais envolvidos em um projeto variam conforme o que se deseja alcançar. Caso o usuário deseje obter informações sobre um equipamento de *home theater*, um especialista no assunto pode auxiliá-lo, mas muitos não necessitam ou não querem se valer desta ajuda. Mas para projetos maiores envolvendo novas construções e reformas é indispensável e às vezes obrigatório, por imposição de leis locais, a presença de um profissional qualificado. Devido à enorme gama de tecnologias, marcas e modelos, a adoção e implantação do sistema de automação e redes residenciais se tornam complexas. Neste momento, é necessária a participação do integrador de sistemas residenciais, que deve estar presente desde a concepção da nova moradia até o ajuste final e equalização de todo o sistema. É ele quem projeta, coordena os outros profissionais, auxilia na escolha dos equipamentos, acompanha a instalação e até mesmo presta serviços de manutenção e atualização. Para projetar de maneira eficiente, o profissional precisa conhecer toda essa gama de opções disponíveis, identificando as necessidades e limitações do usuário e agregando todos os elementos para um projeto de sucesso.

Existem quatro regras a serem seguidas para o sucesso dos candidatos a integrador de sistemas residenciais:

- ?? Assimilar os requisitos e objetivos a atingir: o integrador deve conhecer as pessoas envolvidas na execução da obra: o usuário, o mestre de obra, os fornecedores de materiais, a empresa responsável pelos equipamentos e demais profissionais que podem causar um entrave na execução do projeto. Cada um destes grupos tem necessidades conflituosas. É da responsabilidade do integrador identificar todas as necessidades e limitações, de forma a otimizar as relações, integrando-os na gestão e no processo de desenvolvimento do projeto. As novas tecnologias e os novos métodos de trabalho causam muitas divergências no dia-a-dia de uma obra;
- ?? Compreender a tecnologia: o integrador deve conhecer todas as tecnologias disponíveis e estar atualizado. Isto é um processo sem fim, pois surgem novos conceitos e equipamentos a cada minuto. Atualmente, existem vários sistemas inteligentes disponíveis para serem utilizados em residências e edifícios comerciais e é função do integrador aplicar o equipamento adequado à necessidade do cliente;
- ?? Pesar os prós e os contras: o integrador deve basear a sua escolha em critérios pré-estabelecidos tais como limitações de custo e necessidades. Deverá ser capaz de compreender as tendências da tecnologia e reconhecer quando um sistema se torna obsoleto ou inflexível ao longo do tempo;
- ?? Identificar as escolhas tecnológicas criativas: o integrador deve direcionar seu projeto a fim de criar ou aumentar as perspectivas e oportunidades a todos aqueles que o irão utilizar.

A Figura 24 exemplifica como as camadas de uma rede doméstica trabalham conjuntamente. No centro, o integrador de sistemas residenciais é o responsável pela harmonia e interoperabilidade de todo o conjunto.

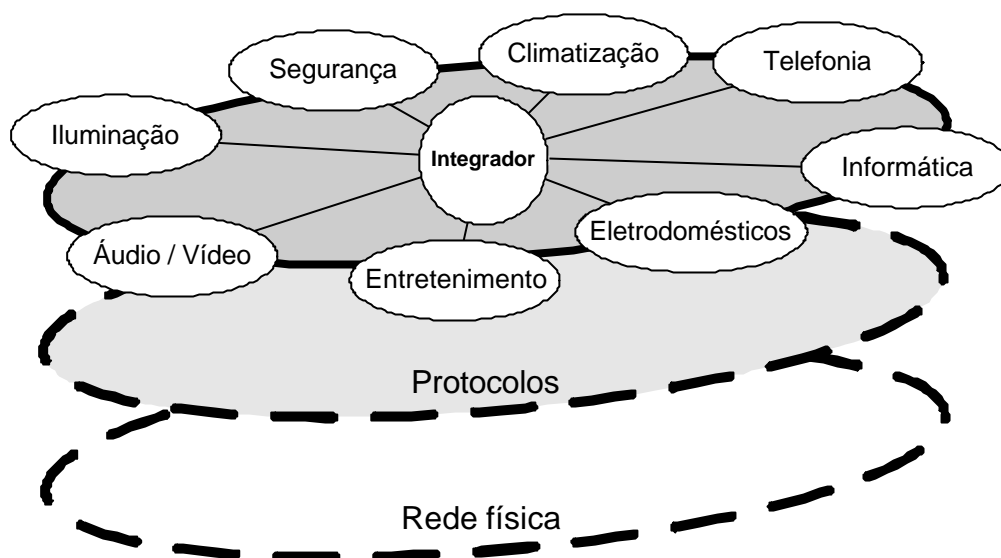


Figura 24 Conceito de automação residencial

Fonte: [AURESIDE, 2004]

4.5 Readaptação de Ambientes

Um projeto de automação pode ser melhor dimensionado e aproveitado quando previsto na fase inicial da construção do imóvel. No caso de reformas, equipamentos sem fio e um bom planejamento permitem que várias funções sejam implementadas com o mínimo de cabeamento possível. Com um projeto bem feito, residências e prédios antigos podem atingir condições de supervisão e controle, otimizando recursos e consumo de forma similar aos empreendimentos novos.

Hoje em dia, observa-se uma forte tendência à reabilitação de velhas edificações, algumas de caráter histórico, introduzindo-lhes sistemas de dados e telecomunicações avançados. Entretanto, se compararmos com o tipo de intervenção realizada nas construções mais recentes, as antigas edificações necessitam de um grande conjunto de mudanças para integrar os novos equipamentos. Um dos problemas é que as novas instalações requerem espaços que não foram previstos na maioria destas edificações, obrigando o integrador a procurar soluções para integrar estas instalações sem aumentar muito o custo da implantação e sem alterar o estilo arquitetônico local.

Alguns conceitos básicos de readaptação⁴ para implantação de automação, segurança e cabeamento são descritos a seguir:

- ?? Levantamento - No início das atividades deve ser efetuado um estudo detalhado da casa ou do prédio, avaliando todos os equipamentos e sistemas instalados. Com base nos levantamentos efetuados e nas funções definidas para serem automatizadas, define-se para cada item o nível de automação, a segurança a ser implementada e as condições a serem obedecidas pelo sistema de informações.
- ?? Comunicação entre subsistemas - É necessário que sejam definidas as interfaces entre os vários subsistemas a serem implantados, especificando sistemas baseados em padrões internacionais e nacionais e, sobretudo, na linha de ação usualmente adotada no setor predial ou residencial.
- ?? Interface com os equipamentos existentes – O processo de readaptação engloba o estudo da necessidade e a execução da alteração dos quadros de comando dos equipamentos já instalados para que possam ser conectados aos novos controladores e integrados ao sistema. No caso de controle por PCs, deve-se indicar no processo de readaptação as necessidades de *hardware* e *software* para a integração destes dispositivos ao sistema de automação.
- ?? Documentação do novo sistema - Todas as modificações, seja no processo de planejamento, seja após a finalização da obra, devem ser descritas em um memorial descritivo detalhado com diagramas em bloco, listas completas de pontos de supervisão e controle, funcionamento dos sensores e atuadores, funcionamento do sistema de incêndio e segurança e descrição da interligação com os sistemas antigos.
- ?? Plantas e desenhos – Detalhamento técnico, se possível, evidenciando por meio de desenhos e plantas a arquitetura utilizada, o mapa do cabeamento, detalhes da sala de controle (*wiring closet*) e *racks*, os subsistemas específicos (detecção de fumaça, circuito fechado de televisão) e a conexão com equipamentos de supervisão e controle.

⁴ Existe o termo em inglês, *retrofitting* que é muito utilizado nas diversas bibliografias consultadas.

A grande maioria das residências já construídas não costuma ter forros removíveis, o que dificulta bastante a passagem dos cabos, ainda que não o impossibilite. Deste modo, devem ser estudadas todas as alternativas possíveis, como forros de gesso, pisos elevados, canaletas, que se constituem numa solução eficaz, mas que nem sempre se confundem com a decoração existente. Quanto ao efeito das interferências eletromagnéticas, deve-se observar que a falta de aterramento adequado ou a proximidade de cabos de distribuição de energia com os de telecomunicações pode interferir no funcionamento e na taxa de transmissão das redes de dados.

5. SISTEMAS DOMÓTICOS

Uma residência inteligente contém vários subsistemas que gerenciam todos os aspectos físicos pertinentes, permitindo um maior conforto com menor gasto de energia. Os modernos sistemas de segurança, HVAC (*Heating, Ventilation & Air Conditioning*) – aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e entretenimento são mais facilmente implementáveis nas novas construções, mas os projetos de reforma também podem contemplar estas novas tecnologias. A centralização dos sistemas de controle, devido à sua própria arquitetura unificada, diminui o tempo gasto com o projeto e o retorno do investimento em equipamentos mais modernos se dá a médio prazo. O cabeamento e acessórios são instalados de uma só vez e não em separado para cada aplicação. A manutenção se torna mais fácil e a busca de erros, mais rápida, assim como o disparo das ações necessárias. Como resultado final, consegue-se atingir altos níveis de conforto e segurança a custos relativamente baixos.

Os condomínios inteligentes tendem também a serem monitorados e controlados por um sistema centralizado. Contudo, os subsistemas deverão ter as suas próprias estações de controle, onde possam ser monitorados os desempenhos referentes a cada um. Os subsistemas listados abaixo compreendem a totalidade das necessidades encontradas em uma residência inteligente atualmente, que são:

- ?? Sistema de detecção e controle mecânico – determina a função e posicionamento de sensores, detectores e atuadores. É o sistema mais básico de uma residência inteligente e de presença constante.
- ?? Sistema de energia elétrica – analisa a qualidade da energia recebida, e na sua falta exerce rotinas alternativas, como uso de baterias e geradores, além de controlar o consumo de todos os outros sistemas.
- ?? Sistema de ventilação, aquecimento e ar-condicionado – controla todo o sistema de HVAC.
- ?? Sistema de iluminação – exerce controle sobre todas as lâmpadas da residência, possibilita a realização de cenas de iluminação, auxilia o sistema de segurança e provê meios para de redução do consumo de energia.

- ?? Sistema de detecção e combate de incêndios – monitora fogo e fumaça em todos os cômodos e executa funções de alerta e evacuação, atuando em portas e janelas.
- ?? Sistema de segurança patrimonial – exerce monitoramento contra intrusos, e executa funções de alerta.
- ?? Sistema de identificação e automação de acessos – exerce controle de portas, realiza processos de identificação, gerencia níveis de acesso.
- ?? Sistema multimídia – controla todas as funções relativas a áudio e vídeo, realiza *downloads*, e controla listas de execução e preferências.
- ?? Sistema de fluidos e detritos – gerencia o sistema de abastecimento de água potável. Controla a liberação de dejetos e esgotos, saída de lixo e reciclagem de material.
- ?? Sistema de monitoramento e visualização⁵ – gerencia todo o sistema de interface com o usuário, provê personalização de funções e telas, e exerce monitoramento sobre as atividades da residência possibilitando a aprendizagem e melhoria sobre as funções da casa.
- ?? Sistema de auditoria e otimização de processos⁶ – baseado nos dados provenientes do sistemas de monitoramento, verifica o funcionamento de todos os outros sistemas, gera relatórios temporais, indica falhas e sugere otimizações.

Todos estes itens constituem as principais abordagens na implementação da automação residencial e serão abordados com mais detalhes ao longo deste trabalho.

5.1 Detecção e Controle Mecânico

Em uma residência inteligente, a utilização conjunta de sensores e atuadores permite que se obtenha informações sobre o funcionamento dos diversos sistemas,

⁵ Também classificado como meta sistemas, pois não contribuem diretamente para a gestão da residência, mas atuam sobre todos os outros sistemas domóticos. São sistemas que controlam outros sistemas.

⁶ Idem.

“enxergando” e “manipulando” eletronicamente todos os seus pontos vitais. Por meio do sensoriamento remoto é que se torna possível a automatização de tarefas pelos gerenciadores e DIs. A escolha do sensor/atuador por parte do integrador de sistemas residenciais deve ser muito criteriosa, pois cada tipo tem uma finalidade bem peculiar. Um sensor de temperatura, por exemplo, pode não ser veloz o suficiente para detectar o início de um incêndio ou não ter a precisão necessária para o controle de uma caldeira. No Apêndice A, estão descritos alguns tipos de atuadores / sensores para que se possa verificar a variedade e a abrangência destes dispositivos.

5.2 Energia Elétrica

Com o intuito de projetar e avaliar um sistema de controle de energia, muitos processos devem ser implementados e integrados. Estes processos incluem aquisição e tratamento de dados, processamento digital de sinais provenientes de sensores ou de uma simulação computacional (dados estatísticos), implementação e avaliação de simulações de dispositivos de forma independente, bem como implementações em diversas topologias. No entanto, a avaliação destas diversas topologias de controle energético de dispositivos não tem se mostrado economicamente viável [Van Harmelen, 1994]. Desta forma, a utilização de ferramentas computacionais é de extrema valia para o desenvolvimento de sistemas de controle de energia em residências inteligentes. Usando os procedimentos computacionais, é possível se obter resultados práticos de topologia e operação antes mesmo da implementação prática. Para isso, deve-se ter a certeza que a simulação retornará resultados práticos, utilizando a calibração adequada e os parâmetros práticos. A implementação prática deverá ser uma comprovação dos resultados obtidos computacionalmente e servirá para melhorar a interação com o usuário, bem como para otimizar os algoritmos operacionais. Um diagrama representando um modelo de sistema de controle de energia é observada na figura abaixo.

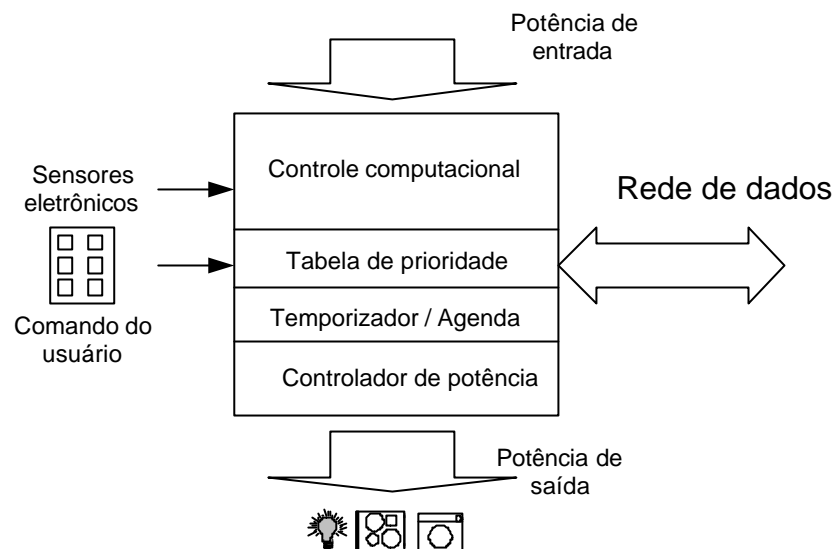


Figura 25 Sistema de controle de energia

5.2.1. Redução do Consumo de Energia

A redução do consumo de energia elétrica em uma residência pode ser alcançada por meio da utilização de DIs e programas de gerenciamento de energia. Parece contraditório reduzir o consumo de energia instalando novos eletroeletrônicos e *softwares*, mas não é. Um programa gerenciador de energia aliado a sensores e atuadores pode otimizar a utilização de equipamentos de alta potência, permitindo um uso mais racional e inteligente da energia. A ativação de equipamentos de grande porte como sistemas de HVAC em horários pré-determinados é um primeiro passo na racionalização. Controle de portas, janelas e persianas permitem uma maior utilização da luz natural, mas balanceando a incidência direta do sol para não sobrecarregar o ar-condicionado.

Em breve, a medição de energia pela concessionária levará em conta o horário do uso da energia como acontece com o sistema telefônico, a partir daí, será interessante programar a lava louça ou a máquina de lavar roupa para operar em horários de menores taxas. Os programas de gestão de energia podem incluir sistemas capazes de técnicas de auto-aprendizagem temporal, ou seja, ele pode memorizar o esquema de ligações de aparelhos tais como climatizadores e iluminação e com o decorrer do tempo criar bases de dados para calcular o tempo necessário de inicialização de um determinado sistema para obter um conforto adequado. Durante um período de não utilização, o sistema deverá ser capaz de

alterar a iluminação e climatização para parâmetros definidos como noturnos ou de não funcionamento. Durante o período de utilização, o sistema deve ser capaz de conservar energia e otimizar o uso de energia elétrica ligando e desligando o sistema de climatização, encontrando-se sempre dentro de limites pré-definidos de conforto. As tarefas de manutenção podem ser programadas diariamente ou semanalmente segundo planilhas de manutenção preventiva ou planos de reparação.

5.2.2. Sistema de Fornecimento de Energia

Em qualquer residência inteligente, é imprescindível a instalação de um sistema de alternativo (*backup*) de energia para manter pelo menos as centrais de controle e de alarmes funcionando. Um gerador de energia elétrica é mais adequado para longos períodos de queda, mas deve se prover uma proteção contra faltas repentinas ou surtos por meio de sistemas rápidos como os baseados em bateria (*no-breaks*). Esta energia de emergência terá como função o fornecimento de corrente elétrica que garanta o funcionamento dos sistemas de segurança mínimos, tais como luzes de emergência, serviços de detecção de incêndio, fechaduras automáticas, assim como todo o equipamento ligado ao PC (*Master*) da gestão da residência ou equipamentos de cuidado médico (*homecare*) em áreas pré-determinadas. Os equipamentos geradores, devido ao longo tempo sem uso, têm seus componentes danificados pela corrosão do diesel ou gasolina ou do ácido das baterias de chumbo. Assim, um cuidado especial deve ser dedicado a estes equipamentos para que não falhem em uma situação de emergência.

5.3 Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado (HVAC)

O sistema HVAC pode consistir de trocadores de calor externos, caldeiras de água, condicionadores de ar, ventiladores, aquecedores e controle de umidade. O sistema central deverá controlar e gerir a energia dos equipamentos a ele conectados por meio dos dados enviados pelos sensores de temperatura, umidade e ventilação. A facilidade de gestão, manutenção e monitoramento do sistema de HVAC é diretamente relacionada ao nível de detalhamento da planta da residência e seus componentes. Deve-se permitir, por meio de controles locais, a alteração das

decisões tomadas pelo controlador central, mas sempre baseado na redução de custos e segurança do usuário.

Existem no mercado diversos equipamentos condicionadores de ar, com várias aplicações dependendo do tamanho do ambiente e do número de pessoas que costuma frequentá-lo. A maioria dos aparelhos para residências consiste em apenas uma unidade integrada. Num único elemento ficam os controles do usuário, a saída de ar, o motor e o compressor. Esses são os modelos de parede ou janela convencionais. A grande vantagem desse tipo de equipamento é o custo inicial, inferior ao dos demais sistemas. Porém, uma das desvantagens é o elevado nível de ruído ambiente.

Já as centrais de água gelada são usadas em grandes edifícios comerciais e áreas comuns. Trata-se de uma grande unidade condensadora (*chiller*), onde ficam o motor e o compressor, que esfria a água que alimenta dutos ao longo de todo o prédio, com saídas (*fan-coils*) nos ambientes. Nesse caso, a água é resfriada e depois refrigera o ambiente, por isso é denominado sistema de expansão indireta. Apesar dos altos custos de instalação e manutenção, o ruído é praticamente zero. Isso porque o barulho gerado pelo motor da unidade condensadora, geralmente instalado numa marquise ou em outra área afastada, não alcança os ouvidos dos usuários. A desvantagem é o gasto de energia, pois esse sistema permanece ligado, independente do seu uso. Um modelo doméstico também é fabricado com o motor separado do painel de controle (modelo *split*), com a vantagem de afastar o ruído do ambiente a um custo mais baixo do que as centrais de água gelada.

De acordo com a Abrava (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento), esses aparelhos respondem por 25% a 40% da eletricidade consumida em um edifício comercial. Para amenizar isso, a indústria tem investido no aperfeiçoamento desses condicionadores, colocando no mercado equipamentos que reduzem, sensivelmente, esses gastos. Em termos comparativos, os aparelhos atuais chegam a ser 60% mais eficientes e, alguns, ainda permitem o controle por meio de sistemas de automação predial.

Alguns equipamentos de HVAC como atuadores, flanges e válvulas já são passíveis de serem controlados remotamente. Além de controlarem a temperatura e a função de liga-desliga, estes controladores eletrônicos permitem alterar as funções de

aquecimento, umidade, purificação e renovação do ar. Porém, ainda, a maioria dos aparelhos de ar-condicionado que são vendidos nas lojas brasileiras de eletroeletrônicos não permite o controle centralizado. Normalmente, o controle remoto independente é o máximo em sofisticação. Deste modo, o integrador deve optar por sistemas centralizados que provêm o controle unificado ou utilizar equipamentos de controle liga-desliga adicionais para controlar o sistema HVAC.

5.4 Iluminação

A iluminação pode ser controlada remotamente, ou por meio do interruptor convencional de parede. Sistemas inteligentes de iluminação podem acentuar os detalhes arquitetônicos de uma sala ou criar ambientes especiais para a utilização do *Home Theater* ou para leitura, por exemplo. Ligando e desligando automaticamente as lâmpadas dos cômodos, o controlador de iluminação pode proteger uma casa de intrusos, fazendo-a parecer ocupada na ausência de seus proprietários. Economia de eletricidade é outra vantagem, pois a intensidade de luz é regulada conforme a necessidade e as lâmpadas não precisam ficar totalmente acesas como acontece normalmente.

Parte da iluminação poderá ser gerenciada pelo sistema de gestão de energia. A automatização da iluminação pode ser feita por meio de uma programação com a ajuda de sensores de luminosidade e ocupação integrados. Com o controle e automação da iluminação podemos obter diminuição do consumo de energia entre 30% e 50%. As luzes acendem-se e apagam-se segundo horários previstos e programáveis conforme a estação do ano, o tipo de ambiente, a previsão de horas de ocupação, etc. Em modo automático, as luzes acendem-se à entrada de um indivíduo onde a iluminação não é suficiente e apagam-se de forma temporizada quando não detectam a presença de alguém. Esta temporização pode ser programada a qualquer momento e independe do compartimento ou do cômodo.

Um sistema simples requer pouco mais que módulos liga-desliga controlados por sinais enviados pelos próprios cabos da rede elétrica.. Os controladores têm uma gama maior de estilos podendo variar de interruptores simples até complexos teclados de parede ou consoles de mesa. Cada botão deste console pode enviar sinais

de comando do tipo: ligar/desligar e/ou regular (aumentar/diminuir) a intensidade da potência luminosa, aos vários módulos espalhados pela residência.

Outros sistemas mais sofisticados operam através de seu próprio cabeamento dedicado, podendo gerenciar outros sistemas eletrônicos como o de segurança, de ar-condicionado/aquecimento e de entretenimento. O usuário pode programar um sistema de iluminação de tal forma que o toque de um interruptor instrua o sistema de segurança a ser armado e acender certas luzes. Os mais recentes sistemas de controle de iluminação não utilizam fios. Os interruptores se comunicam com as lâmpadas por radiofrequência. São sistemas que podem ser instalados e expandidos com mais facilidade.

5.5 Detecção e Combate de Incêndios

Além dos sistemas convencionais de detecção e extinção como difusores (*sprinklers*), extintores e hidrantes, existem outras formas baseadas em processos integrados e automáticos. Por meio de sinais enviados pelos sensores e detectores, o controlador central deverá proceder e cumprir um programa preestabelecido, assim como executar medidas adicionais que são possíveis graças à integração entre os sistemas de gerenciamento das instalações e o de segurança contra incêndios. Estas medidas podem incluir:

- ?? disparo do sistema de extinção de incêndio;
- ?? parada do sistema de HVAC;
- ?? abertura e fechamento de portas e janelas;
- ?? fechamento de dutos;
- ?? avisos acústicos e ópticos na residência;
- ?? envio de mensagens de alerta via rede telefônica ou rede de acesso;
- ?? corte de energia em determinados ambientes;
- ?? detecção de presença de pessoas dentro da residência por meio dos identificadores biométricos.

O sistema de detecção de incêndios pode ser implementado num computador com o auxílio de detectores de chama, fumaça, gás e sensores de temperatura. O sistema monitora o estado dos detectores e das câmeras distribuídos por toda a residência e decide se o estado dos detectores corresponde à uma situação de incêndio. A instalação de sistemas de detecção e combate a incêndio deve ser realizada por técnicos especializados e deve ter o aval do corpo de bombeiros local.

5.6 Segurança Patrimonial

Para se realizar um bom projeto de segurança patrimonial em uma residência é imprescindível criar soluções que sejam não somente compatíveis, mas também complementares, além de cumprir fundamentalmente os seguintes pontos, considerados básicos em um sistema com tal propósito:

- ?? prevenção ou dissuasão – utilização de sistemas que inibam e promovam a desistência da ação de intrusão;
- ?? detecção e alarmes – utilização de sistemas que permitam a detecção de ações de intrusão e possibilitem o acionamento de diversos tipos de alarmes;
- ?? reconhecimento ou identificação – a residência inteligente deve ser capaz de tomar decisões e cumprir processos baseados no reconhecimento e identificação do usuário;
- ?? reação – o sistema deve realizar as funções de reação, disparando ações contra o processo de intrusão.

No controlador central, o tratamento dos sensores proporciona informações claras e objetivas ao usuário, tanto do estado das instalações como também dos eventos que vão se produzindo. Existem dois cenários básicos com que o sistema deve lidar: quando o usuário está em casa e quando não está. O *software* deve ser capaz de prever várias situações de ataque e reação a fim de nunca deixar o usuário em posição de risco. No caso da ausência de pessoas no local, o sistema deve estar apto a informar o usuário remotamente por meio de mensagens de alerta via rede telefônica, rede de acesso ou outro sistema de conexão com a polícia ou uma agência de segurança particular. Neste sentido, o desenvolvimento de tais sistemas permite a representação, na tela de um PC remoto (o PC do usuário em seu local de trabalho ou

o PC da agência de segurança particular), de gráficos que indicam a situação, em planta, das partes afetadas, bem como as possíveis imagens das câmeras de vigilância. O sistema ainda pode dar as instruções básicas para situações de emergência. Finalmente, o sistema centralizado de segurança deve atuar em conjunto com os outros que controlam os demais serviços residenciais, tanto para receber informações como para dar ordens (controlando as luzes e outros subsistemas, consegue-se criar cenas de simulação de presença).

Os sistemas que são empregados na proteção de espaços e edificações, controlados por meio de uma central, podem ser divididos basicamente em cinco subsistemas:

- ?? Subsistema de detecção perimetral: pretende-se detectar a intrusão ou evasão de qualquer indivíduo pela cerca perimetral no menor intervalo de tempo possível, com exatidão do ponto, auxiliando o trabalho de um possível corpo de vigilância. É importante que na fase de projeto exista a preocupação com barreiras para evitar os falsos alarmes. Os sensores mais utilizados na detecção perimetral são o sensor infravermelho ativo, sensor de microondas e o sensor sísmico;
- ?? Subsistema de sensoriamento interno: é o sistema que supervisiona as áreas internas. Atua normalmente associado aos sistemas de controle de acesso e CFTV (Circuito Fechado de Televisão), enviando um sinal de alarme para a central quando da ocorrência de alguma anormalidade. Os dispositivos mais utilizados para o sensoriamento interno são o sensor magnético de abertura, sensor de vibração, sensor acústico, sensor infravermelho passivo, sensor microondas e botões de pânico;
- ?? Subsistema de circuito fechado de televisão: o sistema de CFTV atende às áreas críticas do ponto de vista da segurança, isto é, portão de entrada, corredores, acessos a áreas restritas, garagens e outras áreas, sendo cada local supervisionado por uma ou mais câmeras, com lentes adaptadas para cada situação;
- ?? Subsistema de controle de acesso: permite ou não a entrada de pessoas. Crachás, cartões, senhas e sistemas biométricos são exemplos de sistemas de

controle de acesso. Existe um item deste capítulo especialmente dedicado a este assunto;

- ?? Subsistema de controle de rondas: o efetivo controle da movimentação do pessoal da segurança deve ser cuidadosamente planejado para que não ocorram erros ou omissões possibilitando a intrusão de estranhos.

5.7 Identificação e Automação de Acessos

O controle de acesso tem como objetivo principal efetuar o controle eletrônico do movimento de pessoas — moradores, empregados e visitantes — e carros, dentro dos limites da residência. Através das informações de identificação, diversas ações podem ser tomadas, personalizando os demais sistemas de controle em função do usuário. Chaves eletrônicas, impressões digitais, reconhecimento de voz, leitura de íris ou mesmo cartões magnéticos estão sendo desenvolvidos para uso residencial e alguns já são utilizados na automação de acessos.

Em um sistema automatizado, cada morador da casa possui sua própria chave eletrônica que pode abrir algumas ou todas as portas da residência (portão, garagem, entrada social ou de serviço) sem a necessidade de se carregar uma chave para cada porta. As chaves eletrônicas possuem um código interno único e são extremamente difíceis de serem copiadas. Por esse motivo, são seguras e individuais, permitindo, por exemplo, que apenas o dono da casa tenha acesso à todas as portas, enquanto outras pessoas tenham acesso apenas aos seus quartos; uma empregada pode receber sua chave com permissão para abrir somente a porta da cozinha na sexta-feira, entre 8 h e 10 h da manhã. Se integrada a um sistema completo de automação e segurança residencial, a chave eletrônica pode ainda servir para desarmar o sistema de alarme da casa e acionar uma cena pessoal de iluminação e controle, acendendo parcialmente as luzes da sala, ligar a TV e reproduzir uma saudação por voz personalizada. Caso o sistema não reconheça a pessoa à porta, pode acionar o sistema de CFTV ou solicitar uma discagem automática para localizar o morador. Se for um ladrão e tentar desligar o sistema ou danificar o controlador de acesso, todo o sistema de alarmes será acionado avisando o usuário ou a empresa de segurança contratada. Todos os eventos são registrados e armazenados na central de controle.

As unidades leitoras (leitoras de cartão, identificação por radiofrequência, etc.) devem estar associadas a dispositivos de bloqueio eletromagnéticos ou eletromecânicos como: catracas, fechos, fechaduras etc. que efetuarão o bloqueio físico das pessoas. Devem ser previstos também alarmes associados à eventos como portas deixadas abertas inadvertidamente pelos moradores ou empregados da casa, de modo evitar alarmes falsos ou mesmo facilitação de intrusão.

A automação de acessos não é somente restrita ao portão de entrada e pode, também, ser implementada internamente à residência, de cômodo em cômodo. Talvez não como um controle de acesso, mas para tornar o ambiente personalizado e auto-ajustável de acordo com as preferências do usuário.

5.8 Multimídia

O sistema multimídia é responsável pelo controle, apresentação e armazenamento dos diversos tipos de mídia, seja um filme, uma música, um documento, etc. Entretenimento e segurança são grandes portais de entrada da automação em uma residência e têm crescido muito ao longo dos anos. As altas taxas de compressão de dados e o crescimento da velocidade de transmissão das redes de acesso vêm alterando os modos de acesso e armazenamento de conteúdo multimídia. Fitas magnéticas e discos ópticos darão lugar a arquivos comprimidos trafegando em redes domésticas e sendo armazenados em DIs. Desta forma, o usuário poderá assistir a um evento em qualquer cômodo da casa no horário que preferir.

5.8.1. Agentes de Controle de Mídia

Ao longo dos anos tem se notado um crescimento do número de canais de TV e rádio e um substancial aumento da quantidade de informação disponível pela Internet alcançando a ordem de petabytes de dados. Não existe outra época na história da humanidade que tenha produzido tantos dados quanto a atual. Devido ao fato que cada pessoa tem seus gostos e preferências, cada um tem seu método particular de filtrar o que lhe convém, conforme o conhecimento e experiência pessoal. Nos próximos anos, a tecnologia de compressão de dados e as redes de banda larga propiciarão um aumento vertiginoso do número de canais de vídeo disponível, sendo esperado um valor por volta de 500 canais na próxima década.

Essa quantidade de informação impedirá a utilização da estratégia convencional de filtragem de conteúdo. O modelo de filtragem estática, onde se comparam os atributos com uma lista de perfis, pode ser facilmente implementada. No entanto, agentes computacionais podem se sobrepor a esta inflexibilidade, auxiliando o usuário e adaptando-se ao seu estilo de seleção de programas, de compras (*home shopping*) e de busca de informações.

Agentes são descritos como programas computacionais que imitam os comportamentos da inteligência humana fazendo coisas, tomando decisões, atuando de forma autônoma e aprendendo ao longo do tempo [Wittig, 1995]. Combinando as vantagens da inteligência artificial com os sistemas multimídias, dá-se origem aos agentes inteligentes de controle de mídia, os *Intelligent Media Agents*, IMA.

Similar ao sistema televisivo atual, os IMAs devem ter interfaces simples devido a enorme heterogeneidade dos usuários, com provável desconhecimento de sistemas computacionais. Desta forma, as interfaces podem ter suas propriedades ajustáveis de acordo com a vontade e necessidade de cada usuário. Elas podem agregar também um sistema de ajuda inteligente e um sistema de dicas de programação. Assim, o agente vai se moldando ao usuário conforme a sua necessidade, porém com a possibilidade de reconfiguração rápida para situações especiais mudando a ação dos agentes. Em sistemas de compra de produtos sem sair de casa (*home shopping*), os agentes poderão auxiliar a procura e a compra pesquisando nas lojas virtuais os melhores preços e oportunidades baseados no histórico do usuário, seus hábitos e seu orçamento.

Antes de qualquer agente produzir um filtro por meio do perfil do usuário, este deve ser identificado. Devido ao fato que agentes trabalham com informações pessoais para criar o filtro, tais perfis devem ser guardados em segredo, sendo usados métodos de autenticação e criptografia para protegê-los.

5.9 Fluidos e Detritos

O sistema de fluidos e detritos contempla todos os mecanismos de troca de materiais líquidos e sólidos de uma residência inteligente com o meio externo. Atualmente, em várias partes do mundo, incluindo o Brasil, enfrenta-se vários problemas de cunho ambiental, como a falta de água e o acúmulo de lixo e de dejetos

orgânicos que poluem o meio ambiente. Uma residência inteligente deve, além de prover o conforto tecnológico, prover mecanismos de máxima utilização dos recursos ambientais, incluindo:

- ?? Controle e gerenciamento da utilização da água potável e gás GLP;
- ?? Aproveitamento de águas pluviais (irrigação, lavagem de quintais);
- ?? Detecção de vazamentos;
- ?? Tratamento de esgoto;
- ?? Coleta seletiva e reciclagem do lixo.

Em uma casa inteligente, qualquer tipo de recurso deve ser muito bem aproveitado, reutilizando-o várias vezes antes do descarte. Alguns dos sistemas de aproveitamento de água mencionados acima já são utilizados no Brasil em regiões de seca. Mas acredita-se que o desperdício de água ainda é muito grande, deste modo, um sistema de controle de consumo e vazamentos tem grande importância na concepção de uma residência inteligente.

Outra grande vertente de preocupação ambiental é a reutilização de recursos. Uma residência inteligente pode, por meio da utilização de sensores e atuadores bio-eletrônicos, identificar e eventualmente transformar os componentes e as substâncias químicas, tornando dejetos tóxicos, elementos biodegradáveis. Desta forma, cada habitação se tornaria uma pequena usina de tratamento de dejetos e reciclagem de materiais.

5.9.1. Sistema de Abastecimento de Água e Gás

Atualmente, o sistema de fluidos em uma residência corresponde basicamente à distribuição de água (quente/fria), esgoto e gás GLP. A automatização de sensores, atuadores e bombas possibilita o controle de vazão, de pressão e de temperatura destes fluidos em tempo real por um sistema integrado permitindo:

- ?? O consumo de água quente com conforto mas sem desperdício de energia, através da possibilidade de utilização de várias fontes de aquecimento em conjunto. Dependendo de alguns fatores como o clima, a hora, o número de

ocupantes ou o dia da semana, o controlador central pode alternar entre o sistema de aquecimento solar, a gás ou que utilize a eletricidade.

- ?? O controle de pressão do sistema, evitando o mau funcionamento ou mesmo um rompimento da tubulação.
- ?? O acionamento de mecanismos de suporte em caso de falta. Caso falte água ou gás, o sistema pode permitir a abertura do tanque reserva alertando o usuário e colocando a casa em um modo econômico até que a situação se regularize.
- ?? O controle da qualidade do serviço prestado pela concessionária. Por meio de detectores bio-eletrônicos de microorganismos, a concessionária pode verificar a qualidade da água recebida na residência e constatar algum tipo de problema na rede como rupturas, vazamentos, etc.
- ?? O controle, por parte da concessionária de esgotos, de possíveis substâncias tóxicas que possam agredir o meio ambiente como o despejo de derivados de petróleo, resíduos químicos, chumbo ou material radioativo.
- ?? A reutilização da água não potável para lavagem de quintais, em caso de incêndio, em descargas de banheiros ou mesmo para esfriar sistemas de ar condicionado.
- ?? A prevenção de acidentes através do controle de válvulas de segurança no caso de vazamento, incêndio ou explosão.
- ?? A temporização de sistemas de irrigação.
- ?? A utilização de tecnologia eletroquímica para a alteração ou eliminação de componentes nocivos lançados no meio ambiente.
- ?? A utilização de dessalinizadores para utilização da água marítima em zonas litorâneas.

Devido à crescente evolução dos equipamentos eletrônicos, oferecidos a um custo final baixo, é inevitável a adoção de tais sistemas para o controle e gerenciamento de qualquer recurso ambiental nos próximos anos. Com a utilização de sensores, detectores e atuadores controlados por um gerenciamento inteligente, é

possível tornar mais eficiente o consumo dos recursos naturais e reaproveitá-los antes do descarte.

5.10 Monitoramento e Visualização

Em uma residência comum não existe o conceito de monitoramento. Quando algo indevido é notado, normalmente já é tarde e os danos podem ser irreparáveis. O vazamento de um cano, uma janela deixada aberta ou o ferro de passar roupa esquecido ligado podem causar grandes problemas ao proprietário menos avisado. Em grandes *shopping centers*, por exemplo, existe uma equipe de supervisão onde os operadores tomam as decisões necessárias quando se detecta alguma anormalidade, como por exemplo, avisar a equipe de manutenção ou comandar o desligamento de um equipamento avariado.

Para implementar a função de monitoramento em uma residência, utiliza-se um sistema automatizado. Diante de um evento, existe uma lista de prioridades a serem seguidas e uma ação é tomada - dentro de uma gama limitada de possibilidades - atuando sobre o respectivo subsistema onde ocorreu a falha. Assim, nas residências inteligentes, o *software* armazena as informações, analisa os dados, compara-os com algum padrão e escolhe a decisão que deve ser tomada, apoiando-se nos parâmetros previamente definidos.

Entre as principais tarefas de monitoração encontram-se:

- ?? leitura de sensores e detectores;
- ?? análise do histórico do sistema: contagem do tempo de funcionamento, contagem do número de vezes da ativação, contagem do número de vezes de ocorrência de alarme, conexão com outros processos, anulação ou ativação de alarmes;
- ?? ativação de atuadores;
- ?? manobras e estados de funcionamento: mudanças na posição de atuadores e em eixos de válvulas eletromecânicas, histórico dos estados;
- ?? alarmes de incêndio e segurança: supervisão de linhas, sinalização de avaria ou alarme por corte de linha, sinalização de alarme por ativação do detector, temporização de alarme, histórico de alarmes;

?? cálculos lógicos e aritméticos: cálculo de kWh, cálculo de horas de funcionamento, cálculo de rendimentos.

Hoje em dia é possível ter acesso à informação por meio de telas nas quais ela é apresentada de forma fácil e eficaz, com programas totalmente interativos, o que possibilita fazer modificações com grande facilidade. Os recursos gráficos dos *softwares* atuais facilitam as análises e a apresentação de resultados na tela e no papel.

5.11 Auditoria e Otimização de Processos

O processo de auditoria se baseia no serviço realizado pelo sistema de monitoramento. A auditoria é composta por um histórico de eventos e um programa de filtragem da informação para que se possa detectar erros ou eventos indesejáveis durante o processo. O objetivo é estabelecer relações entre variáveis, resultados de cálculo e estados lógicos que permitam exercer uma administração mais elaborada e obter um perfil do comportamento dos dispositivos e seus respectivos eventos. A partir de um completo banco de dados existe a facilidade de análise por meio da criação de curvas, gráficos, tabelas, etc.; podendo-se criar ações tanto manuais como automáticas que levam a uma maior economia de energia e a uma manutenção preventiva mais eficaz.

O programa de otimização, como todos os que estão integrados no computador central, estabelece comunicação entre os controladores, coordenando as ações e otimizando suas regulagens. A regulação otimizada, ligada principalmente ao reajuste de carga do programa de economia de energia, permite modificar os valores de ponto de comando de forma automática, em função dos resultados de conforto obtidos e das condições meteorológicas externas. Consegue-se assim que os circuitos consumidores de energia, tais como aquecedores e climatizadores modifiquem suas condições de produção para obter os mesmos resultados com menores consumos de energia.

5.12 Integração dos Sistemas

Como já foi dito anteriormente, um dos pontos principais no desenvolvimento de sistemas de automação para residências inteligentes é a integração dos mesmos.

Todos os sensores utilizados no sistema de intrusão podem ser utilizados também para controlar a iluminação dos compartimentos. De igual forma, todos os sensores de temperatura atuam permanentemente como detectores de incêndio. Desta forma, os sistemas de segurança de hoje em dia podem fazer mais do que pedir ajuda. Numa rede de comunicações de dados utilizada para este fim, os mesmos sensores que detectam movimento, fogo ou líquidos podem ser utilizados para ativar um número variado de ações. Caso haja a necessidade, o sistema de segurança pode controlar o sistema de ar-condicionado e ventilação (desligando-os em caso de incêndio) e as portas, janelas, grades, e outros sistemas na residência. Ele também pode enviar sinais para ligar e desligar a iluminação de acordo com o estado dos detectores de movimento e auxiliar o funcionamento das câmeras de vigilância. Utiliza-se para isso um modelo de *software* adequado a esta realização, não implicando custos adicionais com equipamentos, uma vez que a rede física já está toda interligada.

Meta Sistemas	Monitoramento e Visualização	Auditoria e Otimização de Processos
Sistemas de Controle Principais	Detecção e Controle Mecânico	Energia Elétrica
	Rastreamento e Percepção	Identificação e Automação de Acessos
Sistemas de Segurança	Segurança Patrimonial	Detecção e Combate de Incêndios
Sistemas Secundários	HVAC	Multimídia
	Fluidos e Detritos	Iluminação
Sistemas de comunicações	Telefonia	Redes de Computadores

Figura 26 Sistemas de Controle Integrados

O *software* de controle que gerencia os subsistemas de uma residência, na maioria das vezes, é implementado pelos próprios provedores dos serviços. A empresa responsável pela instalação do sistema de ar-condicionado pode fornecer o

software de controle junto com o equipamento e instalá-lo no computador central ou em algum outro dispositivo inteligente. Deste modo, vários softwares de vários sistemas terão que conviver em harmonia dentro da mesma rede doméstica. Daí, cria-se uma necessidade de padronização e interoperabilidade não apenas para o *hardware* como também para o *software*, evitando conflitos e maus funcionamentos.

A Figura 26 reúne os diversos sistemas de controle empregados e os qualifica quanto à sua funcionalidade.

II. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

6. PROPOSTA DE UM AMBIENTE INTEGRADO DE SIMULAÇÃO

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um simulador de residência inteligente com uma interface gráfica interativa, desenvolvido na linguagem Java[®] da Sun Microsystems[®]. A escolha pela linguagem Java decorre primeiramente da facilidade de uso e da portabilidade oferecida. Outros fatores como a extensa bibliografia existente e a grande disponibilidade de interfaces APIs (*Application Program Interfaces*) também influenciaram na decisão.

Os conceitos, modelos e tecnologias apresentados até o momento visam promover o embasamento técnico que dará suporte ao desenvolvimento dos algoritmos necessários ao funcionamento de uma residência dita inteligente. Dentre os itens a serem desenvolvidos estão:

- ?? Criação dos parâmetros estruturais da casa (paredes, janelas, portas), definindo suas características e formas geométricas;
- ?? Definição lógica dos ambientes inteligentes e suas áreas limítrofes;
- ?? Criação dos parâmetros geométricos dos sensores e atuadores;
- ?? Modelagem lógica dos sensores e atuadores;
- ?? Caracterização e modelagem dos sistemas de controle (regras sobre os atuadores, leis de convivência entre os sistemas e dispositivos);
- ?? Caracterização e modelagem dos DIs (desenho, funções, ações e estados);
- ?? Caracterização do sistema de percepção;
- ?? Criação de método de comunicação entre dispositivos;
- ?? Desenvolvimento de interface gráfica.

Os itens acima mencionados já se encontram também em uma ordem que se acredita ser a mais natural na estruturação da residência e que otimizará todo o processo de execução.

6.1 Introdução ao Simulador

O sistema apresentado provê uma arquitetura de software baseada em objetos que propicia uma rápida e simples re-estruturação da planta residencial e dos parâmetros de todos os componentes instalados. O simulador torna as dependências da casa transparentes e é independente de fabricante e de sistemas proprietários pois toda a comunicação entre diferentes DIs é realizada por meio de mensagens no padrão XML (*Extensible Markup Language*) adotado atualmente como meio de comunicação entre arquiteturas heterogêneas. O simulador propicia um alto grau de controle dos equipamentos inteligentes distribuídos pela casa, e permite ainda, monitorar, gerenciar e introduzir melhorias no processo de controle. A interface gráfica permite que os usuários requisitem mudanças na temperatura ambiente e nível de iluminação entre outros aspectos. Por meio de sensores e atuadores distribuídos e interconectados por uma rede, o sistema de utilização eficiente de energia elétrica é capaz de ajustar os equipamentos de HVAC para um funcionamento mais adequado e econômico.

Atualmente, existem vários sistemas de controle e automação residenciais que não são interoperáveis. Inicialmente a automatização de uma residência pode ser baseada num sistema homogêneo, mas devido à evolução da tecnologia e à necessidade de diferentes formas de atuação, acaba-se por adotar posteriormente sistemas heterogêneos.

O simulador introduz uma camada de abstração no topo de todos os sistemas já desenvolvidos e age como um integrador de sistemas residenciais, controlando cenas, ajustando dinamicamente todos os equipamentos e processos. O programa proposto neste trabalho apresenta algumas características básicas dos softwares gráficos atuais que permitem diversas interações do usuário com o ambiente a ser simulado e monitorado, dentre elas:

- ?? Visualização: o integrador inicia a aplicação e, por meio de uma interface gráfica colorida, visualiza as condições físicas e lógicas dos dispositivos da residência e o funcionamento dos equipamentos.
- ?? Alteração das características iniciais: a qualquer momento pode-se inserir ou excluir novos usuários, alterar os eventos externos (clima, hora, estação do ano, etc.) e disparar eventos localizados (fogo, enchentes, etc.).

?? Memória: o integrador estabelece novos parâmetros de configuração para o conforto do usuário. Esses parâmetros são armazenados em “preferências do usuário” .

?? Monitoramento: o sistema efetua um monitoramento contínuo de todos os equipamentos e sensores e compara os valores medidos com valores de funcionamento padrão e, caso haja alguma disparidade, aciona mecanismos de controle. A geração de relatórios é efetuada para controle posterior e aprendizagem do sistema.

As características físicas e geométricas da planta residencial, bem como a posição dos sensores e atuadores são inseridas no simulador via arquivos descritores. Toda a planta bidimensional, construção de paredes e o posicionamento dos componentes e DIs são adquiridos através da leitura de arquivos descritores que explicitam cada detalhe da construção da residência. Caso haja a necessidade de alguma mudança estrutural, no número de cômodos, topologia ou posicionamento de um dispositivo, basta alterar tais arquivos sem a necessidade de qualquer processo de recompilação ou mudança no código fonte.

Um exemplo de arquivo descritor é mostrado na figura abaixo.

```
<space>
<name= "Suite"/>

<objects>

<sensor>
<name= "TemperatureSensor da Suite"/>
<bounds= 535,60,710,210/>
<type= temperatureSensor/>
<position= 610,65/>
</sensor>

<actuator>
<name= "Value da Suite"/>
<bounds= 535,60,710,210/>
<type= value/>
<position= 625,85/>
</actuator>

</objects>
</space>
```

Figura 27 Exemplo de arquivo descritor

Cada linha é lida e analisada pelo sistema que identifica o elemento e toma a providência necessária para:

- ?? obter todos os parâmetros geométricos necessários para desenhá-lo na interface gráfica;
- ?? obter todos os parâmetros de funcionamento, região de atuação e controle dos DIs;
- ?? avisar o controlador geral sobre este novo periférico.

Após a leitura dos arquivos descritores, o simulador está pronto a iniciar a operação de análise de eventos e gerenciamento dos componentes. A inserção ou retirada de usuários, bem como os ajustes de parâmetros podem ser realizados a qualquer momento. O sistema oferece relatórios de funcionamento em três formatos diferentes: gráfico em barras colorido, gráfico cartesiano e texto (Figura 28). O primeiro permite uma rápida visualização diretamente na planta bidimensional por meio de indicadores gráficos coloridos semelhantes aos de um painel de controle propriamente dito. A saída cartesiana revela a variação dos parâmetros ao longo do tempo possibilitando uma comparação ponto a ponto do estado dos diversos sensores, atuadores e DIs. O formato texto provê uma forma completa e minuciosa de observação de todas as variações ocorridas e das conseqüentes ações efetuadas pela residência inteligente. É uma forma leve para o registro dos acontecimentos (criação de backups de relatórios) em um formato que pode ser facilmente exportado para outros aplicativos de análise como o Microsoft Excel[®], por exemplo.

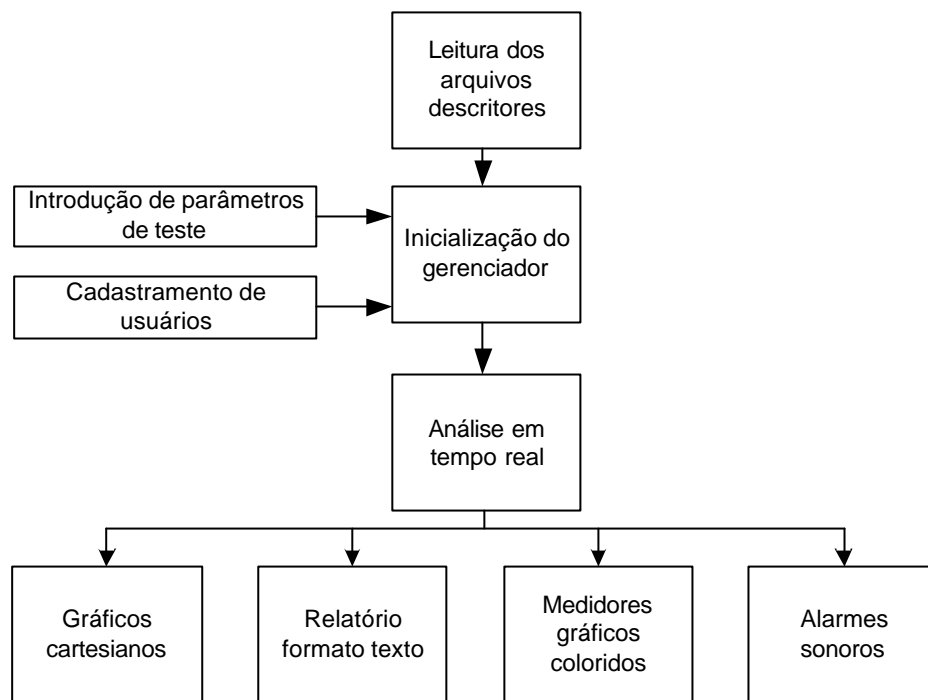


Figura 28 Fluxo de funcionamento do simulador

6.2 Arquitetura do Simulador

O simulador é baseado no paradigma da programação orientada a objeto por meio da linguagem Java. Utilizando-se do conceito de herança disponível neste tipo de linguagem, são criadas, primeiramente, as classes-pai que detêm as características mais importantes de todas as outras classes-filho. No entanto, nem todas descrevem objetos reais como sensores e atuadores, algumas efetuam ações paralelas e de suporte, auxiliando o andamento de todo o processo e o bom funcionamento do simulador. Para uma melhor compreensão, pode-se agrupá-las em seis conjuntos, conforme a figura abaixo.

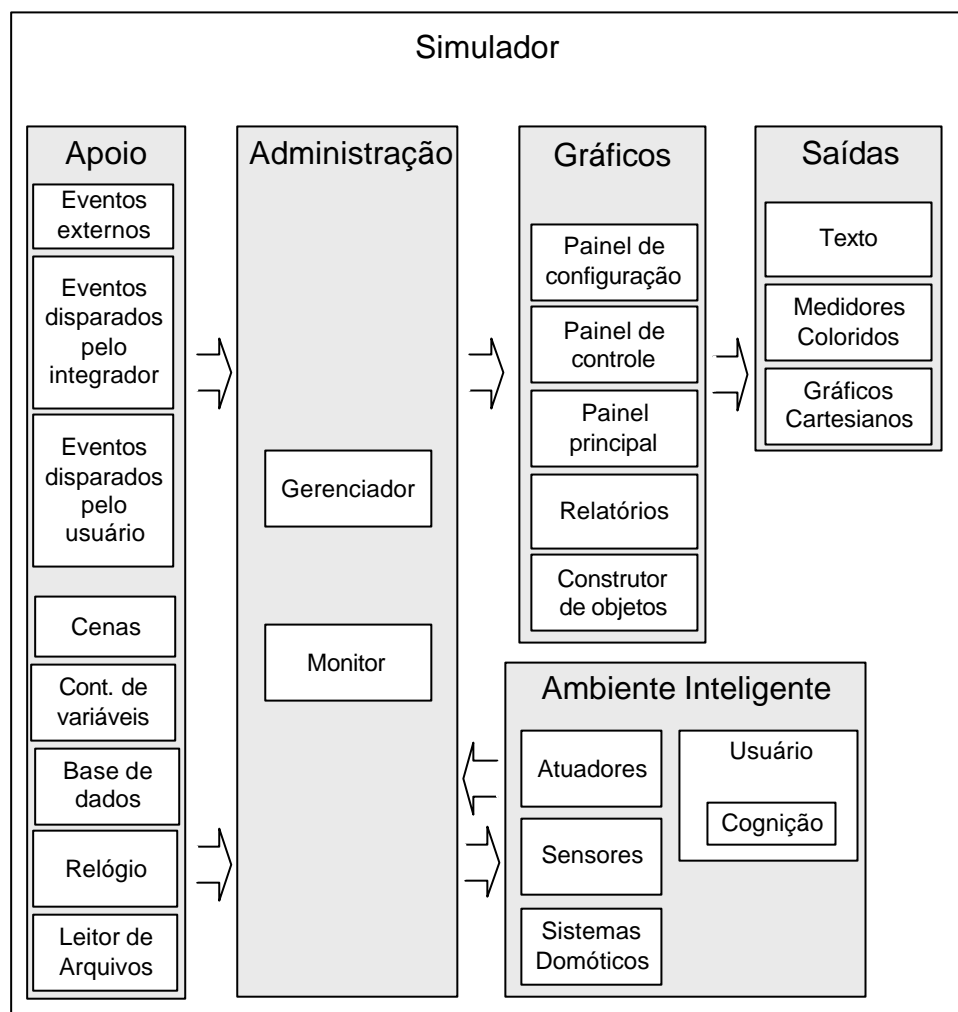


Figura 29 Estrutura do simulador

As classes administrativas são as responsáveis pelo gerenciamento e monitoramento do funcionamento de todas as outras classes e objetos. Elas comandam todos os componentes e por elas passam todas as informações importantes sobre a gestão da residência. As classes gráficas realizam todos os processos relativos ao desenho, à geometria e ao posicionamento dos componentes. As classes de apoio efetuam as mais diversas tarefas, dentre elas a leitura dos arquivos descritores, conexão com base de dados, controle de variáveis e geração de eventos. O ambiente inteligente reúne todos os objetos tangíveis como sensores que geram eventos, atuadores que reagem a comandos e os controladores que são capazes de realizar ambas as tarefas de sensor e atuador. Um dispositivo que muda de estado e ainda pode informá-lo, é um controlador. A classe DI determina todos os atributos e funções básicas que os dispositivos inteligentes devem incorporar. Finalmente, a

classe usuário define as características e hierarquias que os usuários assumem quando trafegam pelo ambiente monitorado e a cognição define o seu comportamento frente ao caminho percorrido.

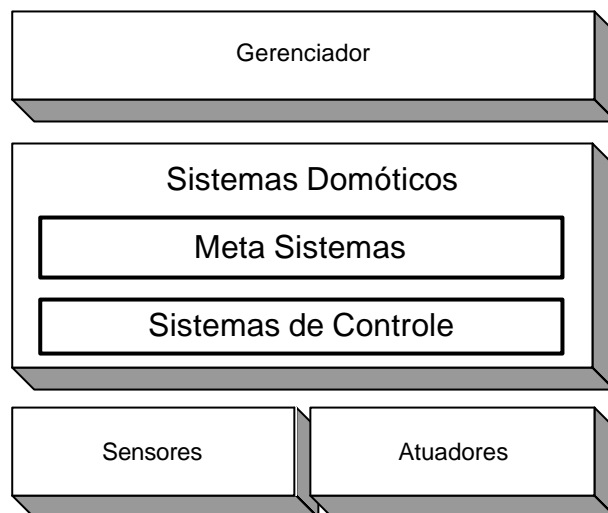


Figura 30 Hierarquia do simulador

Algumas características e modos particulares de funcionamento dos objetos podem ser armazenados indefinidamente e acessados a qualquer momento através da utilização de *cenar*. As *cenar* são conjuntos de parâmetros definidos e testados previamente, interligadas aos perfis dos usuários, o que lhes permite criá-las, modificá-las e excluí-las facilitando a gestão da casa. Inúmeras *cenar* podem ser criadas pelo usuário ou pelo fabricante de dispositivos definindo condições de funcionamento padrão para seus DIs, sendo possível reconfigurá-los com apenas um só toque.

Na Figura 30 é apresentada a hierarquia dos sistemas do simulador. Nota-se na camada mais alta o gerenciamento centralizado que, inicialmente, facilitou a construção do simulador mas que sobrecarregou este componente e trouxe lentidão ao conjunto. No entanto, observando as tendências tecnológicas dos modernos sistemas de software, aumentou-se a responsabilidade de cada sistema domótico na gestão residencial tornando o sistema global gerencialmente distribuído, horizontal e mais dinâmico. Conforme mencionado anteriormente, os meta sistemas não influenciam diretamente a gestão da residência inteligente como fazem os sistemas domóticos, mas contribuem no sentido de otimizar suas funções e decisões. São sistemas que cuidam de sistemas. Eles também operam como sub gerenciadores

filtrando os eventos gerados pelas camadas mais baixas a fim de não sobrecarregar o gerenciador principal com erros primários.

6.3 Criação dos Parâmetros Estruturais e Geométricos

Toda a estrutura geométrica e gráfica da residência inteligente é formada por figuras básicas como o retângulo e o círculo. As coordenadas são lidas do arquivo descritor e o sistema as desenha na tela. A figura abaixo ilustra o sistemas de coordenadas usadas pelo Java.

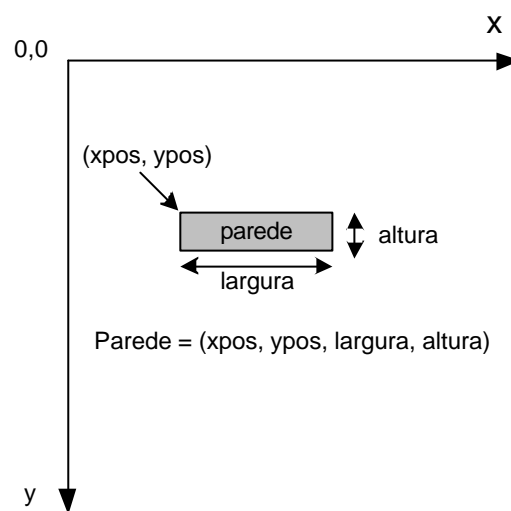


Figura 31 Coordenadas utilizadas no Java

Adaptada de [SUN, 2004]

Os parâmetros xpos e ypos indicam o ponto inicial de construção da figura. A largura e altura complementam as informações necessárias para o desenho do retângulo. A unidade métrica utilizada em todas as medidas é o *pixel*.

6.3.1. Construção Gráfica das Paredes

As espessuras das paredes internas e externas são determinadas no arquivo descritor. Cada parede é construída por meio da leitura dos parâmetros que são:

nome, coordenadas_da_parede, tipo_de_objeto, cor

originando retângulos de cor sólida caracterizando as paredes no simulador gráfico. A orientação das paredes é dada pelas coordenadas inferior direita e superior esquerda que definem unicamente os retângulos. O parâmetro *tipo_de_objeto* é

utilizado apenas para identificar o objeto, no caso a parede, porém não é desenhado nada na tela.

6.3.2. Construção de Ambientes Inteligentes

A construção gráfica das paredes não implica, necessariamente, na construção de ambientes. O primeiro motivo é que uma determinada parede pode servir a mais de um ambiente e o segundo é que um ambiente não necessariamente precisa ser cercado de paredes para existir. Por meio de parâmetros geométricos, pode-se subdividir os espaços gerados pelas paredes em ambientes menores e com características particulares.

Os ambientes inteligentes são construídos também por meio da leitura de parâmetros do arquivo descritor, conforme mencionado anteriormente. Cada dispositivo determina sua área de atuação que pode ser igual, maior ou menor que o espaço físico em que se encontra ou até mesmo ocupar mais que um destes espaços. Por isso cada ambiente inteligente vem associado ao seu dispositivo, conforme ilustrado abaixo:

janelas, limites_das_janelas
 ...
portas, limites_das_portas
 ...
sensores, limites_dos_sensores
 ...
dispositivos, limites_dos_dispositivos
 ...

Os valores associados ao parâmetro *limites* não têm utilidade gráfica, apenas são usados pelo controlador para alocar os espaços necessários para cada ambiente inteligente a fim de controlar os atuadores, sensores e DIs.

6.4 Sistemas Domóticos

Conforme mencionado anteriormente, todas as funções de automação em uma residência inteligente são divididas em 14 subsistemas domóticos, que são:

?? rastreamento e percepção;

- ?? energia elétrica;
- ?? ventilação, aquecimento e ar-condicionado;
- ?? iluminação;
- ?? detecção e combate de incêndios;
- ?? segurança patrimonial;
- ?? controle e automação de acessos;
- ?? detecção e controle mecânico;
- ?? fluidos e detritos;
- ?? redes de computadores;
- ?? telefonia;
- ?? monitoramento e visualização;
- ?? multimídia;
- ?? auditoria e otimização de processos.

Todos estes itens constituem as principais abordagens na implementação da automação residencial e serão detalhados ao longo deste trabalho.

6.4.1. Rastreamento e Percepção

Devido à sua elevada complexidade, não seria adequado caracterizar a funcionalidade de rastreamento e percepção como apenas a de um sensor. Foi, então, denominado de sistema, embora o gerenciador principal não permita que ele atue diretamente sobre as decisões de controle.

O sistema de percepção adotado (Figura 32) tem suas características parcialmente baseadas no sistema de câmeras estereográficas. Parcialmente, porque provê ao sistema informações sobre o posicionamento, distância entre objetos e intenção de movimentação, porém não permite identificar postura e mudanças faciais. O sistema de percepção permanentemente atualiza o banco de dados do gerenciador com o posicionamento dos usuários e objetos dentro da casa, bem como

os registros de movimentação para que o gerenciador possa disparar os eventos necessários segundo os cálculos de predileção.

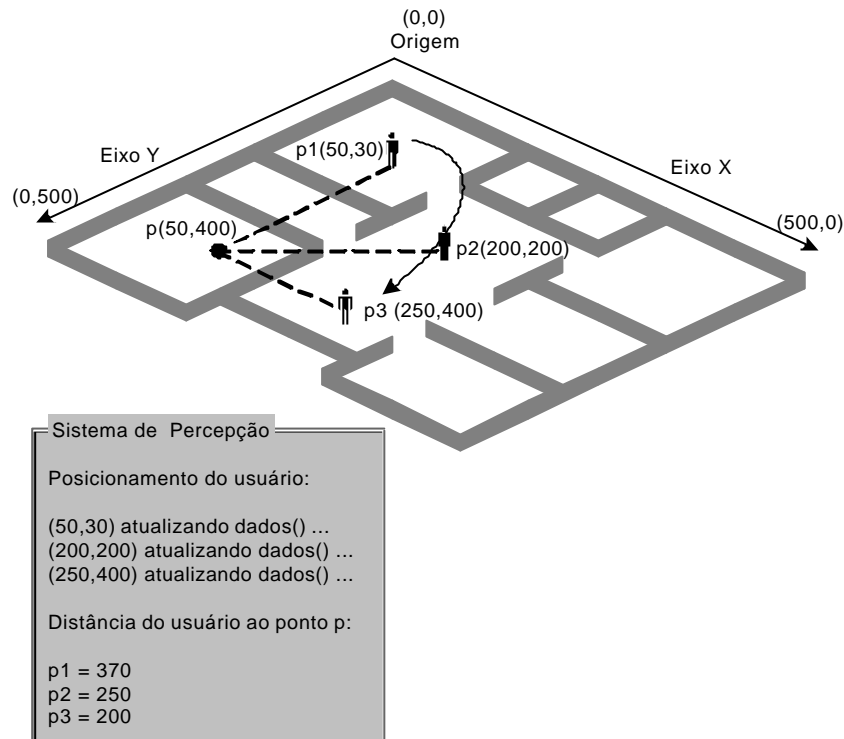


Figura 32 Sistema de percepção atuando

6.4.2. Energia Elétrica

O sistema de energia elétrica, por meio de uma lista de carga dos dispositivos em funcionamento, efetua o cálculo de algumas grandezas elétricas como a energia consumida (kWh) e a potência **demandada** (kW). É por meio desses valores que o gerenciador principal atua no modo e no horário de funcionamento dos DIs e, por ventura, reduz o consumo energético em um determinado período. Este sistema ainda provê o histórico de todo o funcionamento para que o sistema de auditoria e otimização de processos possa identificar problemas, otimizar processos e reduzir o consumo de energia.

6.4.3. HVAC

O sistema de HVAC, por meio das informações dos sensores de temperatura e das preferências do usuário, permite que o gerenciador principal controle a temperatura ambiente atuando nos aquecedores, resfriadores e ventiladores que compõem todo o conjunto. O sistema de HVAC também atua diretamente nos

atuadores de portas e janelas com o intuito de aumentar a eficiência energética do processo de refrigeração e aquecimento, que, normalmente, é o que mais consome recursos.

6.4.4. Iluminação

O sistema de iluminação permite que o gerenciador principal controle o estado e a intensidade das fontes luminosas de tal forma que possibilite a criação de cenas de iluminação, propiciando maior conforto. Este sistema opera em conjunto com vários outros sistemas automatizando as luzes de acordo com a presença do usuário ou com o sistema de segurança.

6.4.5. Detecção e Controle de Incêndio

O sistema de detecção e controle de incêndio permite que o gerenciador principal utilize as informações dos sensores de temperatura e de presença para ativar os mecanismos necessários à segurança dos usuários e controle do fogo. Tais ações correspondem à abertura de portas e janelas para a evacuação dos ocupantes e dispersão da fumaça, ativação de aspersores (*sprinklers*), envio de mensagem de alarme para a central de bombeiros via sistema telefônico e alteração no funcionamento do sistema de HVAC.

6.4.6. Segurança Patrimonial

O sistema de segurança patrimonial permite que o gerenciador principal utilize as informações dos sistemas de rastreamento e percepção para ativar alarmes e envio de mensagens de intrusão aos sistemas de segurança remoto. Ele ainda pode atuar em outros sistemas como o de iluminação, por exemplo, acendendo e apagando as luzes aparentando que a casa está ocupada.

6.4.7. Identificação e Automação de Acessos

O sistema de identificação e automação de acessos permite que, por meio das informações de percepção, o gerenciador identifique os usuários e estabeleça ações conforme uma lista de acesso. Atuadores de portas, portões e janelas, lâmpadas, equipamentos multimídia ou quaisquer outros sistemas podem usufruir das listas de acesso, impedindo ou liberando certas funções ou o controle total da operação. Praticamente todos os outros sistemas utilizam as informações de identificação para

avaliar as suas decisões, uma vez que a residência inteligente é voltada ao usuário e segue suas preferências.

6.4.8. Detecção e Controle Mecânico

Construção dos Atuadores das Janelas

Os atuadores das janelas permitem que o controlador central possa abri-las e fechá-las remotamente conforme sua programação. Caso o controlador queira modificar o estado da janela, ele deve enviar um comando ao atuador. Janelas fechadas são indicadas pelo retângulo delgado desenhado na tela entre paredes. Janelas abertas são indicadas pela falta do retângulo delgado.

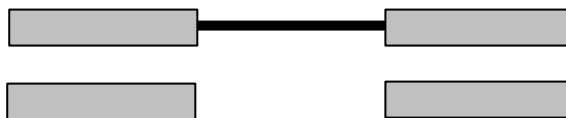


Figura 33 Exemplo gráfico de janelas. Na sequência: fechada e aberta

Construção dos Atuadores dos Portões da Garagem

Os atuadores dos portões da garagem têm comportamento similar ao dos atuadores das janelas.

Construção dos Atuadores das Portas

Os atuadores das portas permitem que o controlador central possa abri-las e fechá-las remotamente conforme sua programação. Caso o controlador queira modificar o estado da porta, ele deve enviar um comando ao atuador. Portas fechadas são indicadas pelo retângulo delgado desenhado na tela, alinhado com as paredes adjacentes. Para isso são utilizadas as coordenadas de porta fechada. Portas abertas são indicadas pelo retângulo delgado desenhado na tela, perpendicular às paredes adjacentes. Para isso são utilizadas as coordenadas de porta aberta.

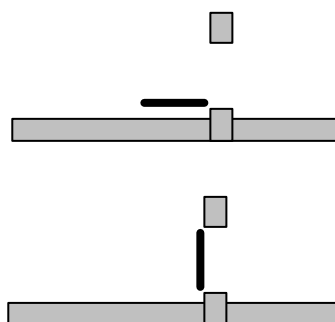


Figura 34 Exemplo gráfico de portas. Na sequência: aberta e fechada

Caracterização e Modelagem dos Sensores

Existem algumas modalidades de sensores utilizados neste simulador gráfico, que são:

- ?? sensor de temperatura ambiente;
- ?? sensor de presença (é utilizado o sistema de percepção);
- ?? sensor acústico;
- ?? sensor de intensidade luminosa;
- ?? sensor de potência (é utilizado o wattímetro);
- ?? sensor de água;
- ?? sensor de humidade;
- ?? sensor de CO₂.

Sensor de Temperatura Ambiente

O sensor de temperatura utilizado tem as características de um termómetro termovelocimétrico, isto é, provê informação sobre a temperatura instantânea e a velocidade desta variação em graus/tempo. Este sensor é utilizado neste projeto como medidor de temperatura ambiente e detecção de incêndios.

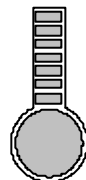


Figura 35 Representação gráfica do sensor de temperatura

Sensor de Presença

Devido às avançadas características dos sistemas de câmeras estereográficas em relação aos sensores PIR, infravermelho passivos, que detectam apenas o movimento de fontes de calor tais como o corpo humano, a detecção de presença utiliza as informações provenientes do sistema de rastreamento e percepção, citado anteriormente. O sensor de presença, no entanto, através da mudança de cor, indica a presença ou não de pessoas no recinto.



Figura 36 Representação gráfica do sensor de presença atuando

Sensor Acústico

O sensor acústico utilizado é constituído basicamente de um microfone. Estes sensores utilizam as informações geométricas fornecidas para a criação dos ambientes para definir a área de atuação.



Figura 37 Representação gráfica do sensor acústico

Sensor de Intensidade Luminosa

O sensor de iluminação absorve as características dos sensores baseados no componente LDR (*Light Dependant Resistor*). No entanto, o modelo computacional difere quanto à velocidade de reação à luz, estabelecida como instantânea e quanto à dependência da resistência versus intensidade luminosa, estabelecida como linear.



Figura 38 Representação gráfica do sensor de intensidade de iluminação

Wattímetro

O wattímetro utilizado envia os resultados das leituras de potência demandada para o gerenciador principal por meio da rede doméstica e em tempo real. Qualquer outra grandeza elétrica é calculada pelo gerenciador.

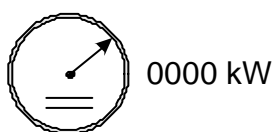


Figura 39 Representação gráfica do wattímetro

Sensor de água

O sensor de água detecta inundações nos cômodos da casa. Ele envia uma leitura digital (sim ou não) para o gerenciador central. O evento inundação é disparado e representado através da alteração da cor do ícone que representa o sensor.



Figura 40 Representação gráfica do sensor de água

Sensor de umidade

O sensor de umidade efetua a leitura do percentual de umidade relativa no ar. Ele é utilizado pelo sistema de HVAC para o controle da qualidade do ar dentro dos ambientes.

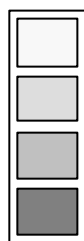


Figura 41 Representação gráfica do sensor de umidade

Neste projeto, a umidade relativa do ar é dependente da distância do cômodo ao ambiente externo. O número de janelas e portas também é levado em consideração no cálculo. Por outro lado, o sistema de HVAC também pode alterar a umidade, porém o valor estipulado é limitado a cada cômodo e independe dos cômodos vizinhos.

Sensor de CO₂

O sensor de CO₂ efetua a leitura da presença de dióxido de carbono no ar. É utilizado para o controle da qualidade do ar dentro da casa e detecção de incêndios.



Figura 42 Representação gráfica do sensor de CO₂

A concentração de CO₂ no interior da residência é diretamente proporcional à concentração externa. Ela varia em uma situação de incêndio e é utilizada juntamente com a elevação da temperatura para a detecção de fogo.

6.4.9. Fluidos e Detritos

O sistema de fluidos e detritos utiliza as informações do sensor de água para o controle de inundações e vazamentos. Uma vez detectado qualquer destes eventos ele avisa o usuário por meio do sistema de telefonia ou internamente, através dos alto-falantes.

6.4.10. Telefonia

O sistema de telefonia é o meio de contato com o usuário quando este não está presente na residência. Ele também redireciona as chamadas para o local mais próximo do usuário através das informações do sistema de rastreamento e percepção.

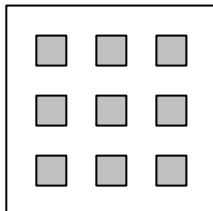


Figura 43 Representação gráfica do telefone

6.4.11. Monitoramento e Visualização

A visualização da gestão é proporcionada por meio dos medidores gráficos coloridos, gráficos cartesianos e relatórios de texto. O sistema de monitoramento verifica o funcionamento de todos os componentes e avisa o usuário caso algo não opere conforme o planejado.

6.4.12. Auditoria e Otimização de Processos

O sistema de auditoria e otimização de processos analisa o funcionamento dos outros sistemas. Caso seja notado algum ponto onde possa haver uma intervenção com o intuito de aumentar a segurança, funcionalidade, conforto ou minimizar o consumo de energia, será enviada uma notificação ao usuário.

O sistema de auditoria e otimização coleta e armazena os dados de funcionamento de todo o sistema e efetua uma posterior análise a fim de salientar eventuais discrepâncias no comportamento da residência inteligente e saná-las através da adoção de novos métodos de controle e gerenciamento dos dispositivos. Ele atua no comportamento de todos os outros sistemas, porém altera apenas os

parâmetros de ajuste especificados para tal fim (não existe acesso externo a parâmetros principais de controle e de segurança).

Em conjunto com o sistema de identificação e controle de acesso, desenvolvem-se processos dedicados a cada usuário aumentando-se a integração da residência inteligente com os ocupantes.

Em conjunto com o sistema de energia elétrica e o de fluidos e detritos, otimiza a utilização dos recursos energéticos alterando o modo de funcionamento dos DIs, descobrindo vazamentos e fuga de energia. Por meio do sistema de HVAC, atua em portas e janelas visando o maior aproveitamento de luz solar e brisas na climatização do ambiente.

6.4.13. Multimídia

O sistema multimídia permite o controle de atividades de áudio e vídeo pelo gerenciador principal. Seleção de mídias, controle de volume, preferências do usuário e integração com outros sistemas como iluminação, controle de acesso e HVAC, são qualidades gerenciáveis por meio deste sistema.

6.5 Dispositivos Inteligentes

O dispositivo inteligente deve ser capaz de prover sua identificação na rede, seu estado e métodos de ação para que o controlador central possa com ele interagir e manipulá-lo. O seu funcionamento não é autônomo, ou seja, sempre estará atrelado a um sistema domótico. Isso não caracteriza uma dependência de hierarquia, apenas reúne logicamente os DIs com funções relacionadas, facilitando a abordagem de monitoramento pelo gerenciador central.

6.6 Usuários

Um usuário representa uma pessoa localizada fisicamente na residência. O sistema é capaz de distinguir três tipos de usuários com diferentes necessidades e direitos. O primeiro tem perfil de administrador com todos os direitos adquiridos e pode controlar e monitorar os recursos da residência. Os administradores manipulam os dispositivos, gerenciam usuários e grupos, podem definir eventos e perfis para os usuários. Eles também podem definir o controle de acesso a determinados ambientes e DIs. Em um segundo nível estão os ocupantes que devem ser identificados e podem

adquirir diferentes níveis de acesso, bem como especificar uma variedade de cenas e preferências. O terceiro não pertence a nenhum dos outros grupos e é criado para verificar as respostas da residência inteligente frente à tentativas de intrusão.

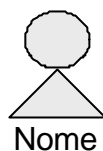


Figura 44 Representação gráfica do usuário

6.7 Desenvolvimento de Interface Gráfica

A interface gráfica adotada é do tipo WIMP (*Windows, Icons, Mouse, Pointers*), porém também utiliza as informações geométricas provenientes do sistema de percepção para acompanhar o usuário e exibir controles e informações relativas ao ambiente em que ele se encontra.

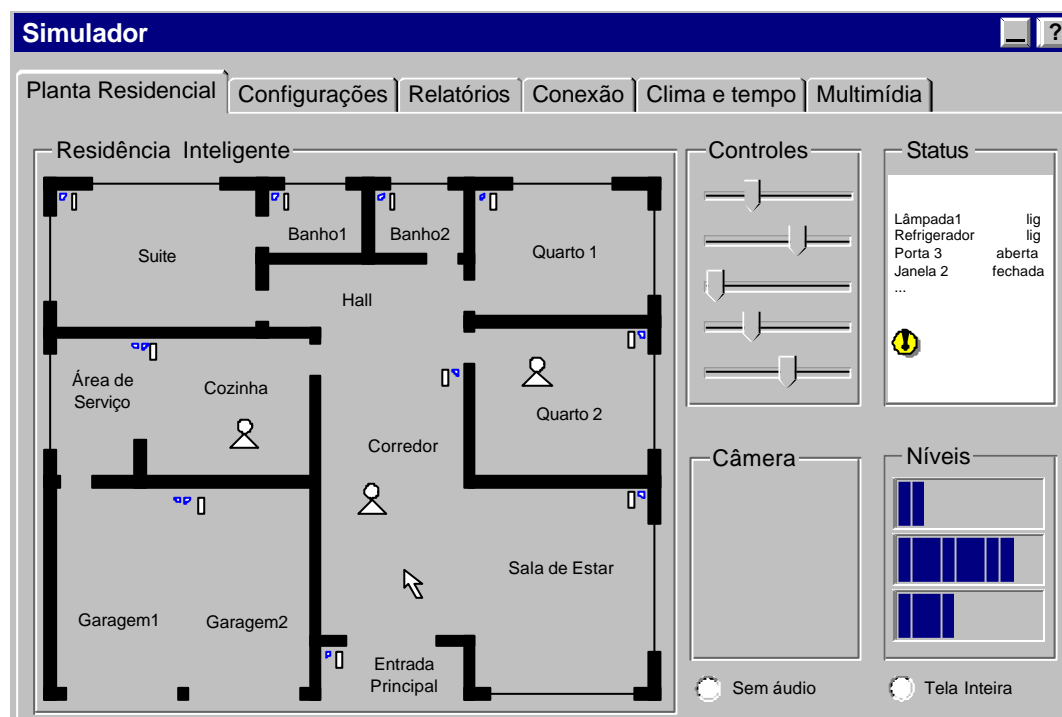


Figura 45 Painel principal do simulador

O painel principal é composto por diversos outros painéis que permitem a visualização e o controle dos sistemas domóticos e dos atuadores em tempo real. Cada sistema pode, individualmente, ter suas condições de trabalho alteradas

permitindo-se medir a influência de cada um na gestão global da residência ou mesmo o nível de interferência de um sistema sobre o outro.

6.8 Cenários e Resultados

Alguns cenários foram criados para validar o projeto e verificar se o mesmo atende às necessidades estabelecidas inicialmente. Cada um foi testado com o objetivo de verificar a resposta produzida pela residência inteligente.

Cenário 1 : Inserção e detecção de usuários

O integrador inicia a aplicação e cria três usuários com nomes e status distintos (administrador, visitante e intruso) permitindo-se verificar o funcionamento das portas, janelas e demais atuadores frente à movimentação dos mesmos. O sistema deve detectar a presença destes usuários e, caso não seja efetuado o reconhecimento, medidas de contorno devem ser efetuadas. Após a conclusão do cenário, o sistema deve permitir a remoção de todos os usuários.

Resultado:

Na presença do usuário com status de Administrador, todas as portas, janelas e demais atuadores reagem à sua presença. No caso do visitante, apenas as portas diretamente declaradas de serem abertas por visitantes reagem, enquanto que o nenhum atuador reage ao Intruso. O sistema no entanto se mostrou insensível à utilização simultânea de uma porta por dois ou mais usuários rejeitando a passagem do Visitante e do Intruso mesmo com a porta já aberta previamente pela passagem do Administrador.

A medida de contorno efetuada frente à tentativa do intruso de passar pela porta principal se resumiu ao envio de uma mensagem de socorro para a polícia pelo sistema de telefonia. A criação e a remoção dos usuários foram efetuadas com êxito.

Cenário 2 : Diagnóstico

O sistema acusa uma falha em um equipamento e pede ao integrador que tome uma providência com relação ao contínuo funcionamento do sistema.

Resultado:

A falha em um equipamento demonstrado neste trabalho foi a queima de um lâmpada. O sistema descobre que uma lâmpada está queimada quando não verifica nenhuma mudança no sensor de luminosidade quando a mesma é acesa ou apagada. Deste modo, ele avisa o usuário pela interface gráfica assinalando o defeito.

Cenário 3 : Reparo

Uma vez acusada uma falha em um equipamento, o sistema aguarda um tempo determinado para que o integrador interfira, desligando o equipamento e providenciando o reparo. Caso o usuário não responda, o sistema atua, desligando o equipamento e solicita reparos ao fabricante por meio de uma mensagem na rede. Uma vez consertado o equipamento, o sistema integra-o novamente à rede.

Resultado:

Uma vez que o sistema assinalou a lâmpada com defeito, ele esperou 30 segundos até uma decisão do integrador (que intencionalmente não ocorreu) e enviou uma mensagem pelo sistema de telefonia ao fabricante responsável. Após o conserto do defeito (mudança do status do dispositivo), o sistema voltou a operá-la normalmente.

Cenário 4: Incêndio

Detectado um incêndio, ou seja, se a temperatura de um cômodo ou o nível de CO₂ ultrapassarem um certo limite estipulado, todas as portas e janelas se abrirão. Os bombeiros devem ser avisados por meio do sistemas de telefonia ou rede de acesso após 5 segundos do início do alarme. O sistema de HVAC e a energia elétrica devem ser desligados.

Resultado:

Uma vez detectado o incêndio em um dos cômodos, o sistema abriu todas as portas, janelas e cortinas, avisou o usuário pela interface gráfica e, após 5 segundos enviou uma mensagem ao corpo de bombeiros por meio do sistema de telefonia e permaneceu neste estado até que o integrador removesse as condições de CO₂ e temperatura que iniciaram o incêndio. Os sistemas de HVAC e energia elétrica foram também desligados com êxito.

Cenário 5: Funcionamento do sistema de HVAC

Acionado o sistema de HVAC, as janelas e as portas referentes ao ambiente serão fechadas. O usuário deve poder alterar as configurações de todos os cômodos com relação à temperatura e à umidade desejada.

Resultado:

Os atuadores funcionaram como previsto, mas devido à baixa prioridade do sistema de HVAC, qualquer outro evento com prioridade mais elevada altera a posição das portas e janelas interferindo na busca pelo ponto ótimo de funcionamento.

Cenário 6: Funcionamento do sistema de iluminação

Detectado um usuário, a lâmpada do cômodo deve acender se a luminosidade natural estiver abaixo de um valor estipulado. A iluminação dos cômodos deve alternar simulando a presença de usuários no modo “desabitado”.

Resultado:

O sistema funcionou de acordo com o especificado, mas a energia elétrica gasta pelo sistema no modo “desabitado” foi relativamente alta se comparado com o gasto mensal médio de toda a casa com esta opção desativada. É sabido que sistemas de segurança consomem intensamente recursos, mas acredito que um aprimoramento no algoritmo do simulador de presença através da iluminação noturna e aleatória possa minimizar esse efeito.

Cenário 7: Funcionamento do sistema de fluidos e detritos

Uma vez detectado uma inundação, avisar o usuário pelos alto-falantes do sistema multimídia ou por meio do sistema telefônico.

Resultado:

O sistema funcionou a contento, mas o algoritmo utilizado não foi capaz de identificar a fonte de inundação (chuva, encanamento de água com defeito). Esta

qualidade é de grande importância visto que uma inundação prejudicaria o funcionamento de diversos outros sistemas domóticos colocando em risco o perfeito funcionamento da residência inteligente e a vida do usuário.

7. TRABALHOS FUTUROS E CONCLUSÃO

7.1 Trabalhos Futuros

O tema residências inteligentes ainda permite inúmeras implementações e estudos tanto nas disciplinas de Engenharia e Ciência da Computação quanto em Arquitetura, Sociologia e até na Medicina, quando os sistemas domóticos são utilizados em conjunto com os de homecare.

A substituição dos sensores e atuadores virtuais por reais já demandaria grande esforço e tempo de desenvolvimento pois a localização e o posicionamento dos sensores, bem como o tipo utilizado teriam grande influência na programação utilizada para os sensores virtuais. A utilização de atuadores reais, com grande certeza, traria novos problemas e argumentos não tratados no ambiente virtual.

Outro aspecto importante a ser considerado é o da confecção de dispositivos inteligentes reais. Neste caso haveria a necessidade inicial de se verificar qual a arquitetura mais conveniente para que possa realizar suas funções nos diversos cenários a que vier a ser submetido. Isto pode inclusive requerer o uso de programação evolucionária. Caso venha a ser implementada por um programador, esta tarefa pode vir a ser bastante complexa, pois há que se prever e ser capaz de atender a uma variedade muito grande de casos. A utilização de gerenciamento descentralizado bem como a definição das características da rede de dados e a especificação das mensagens entre os DIs permitindo o controle remoto expandiria muito a sua utilização e multiplicaria o seu poder computacional.

No ambiente gráfico, muitas mudanças e melhorias podem ser realizadas. Uma interface tridimensional facilitaria o processo de gestão da residência por parte do integrador e tornaria mais rápida a visualização e a correção de problemas. A implementação de um sistema de percepção eficiente associado com algoritmos de aprendizado seria um grande passo no caminho do desenvolvimento de sistemas domésticos factíveis e eficientes.

A utilização de agentes inteligentes auxiliando-o nas tarefas diárias tem sido muito pesquisado nas disciplinas de Robótica e Agentes Inteligentes e é perfeitamente cabível no contexto das residências inteligentes. E, finalizando, a

simulação utilizando personagens típicos, baseados em vida artificial, possibilitaria uma ampla validação de todos os sistemas domóticos criando-se situações densas e complexas através da interação destes personagens com perfis próximos dos usuários reais.

7.2 Considerações Finais

O simulador gráfico auxilia a construção e concepção de uma casa inteligente, permitindo avaliar tanto os aspectos técnicos como o funcionamento dos DIs, quanto a interação dos equipamentos com o usuário. Verificou-se a grande necessidade de um sistema de rastreamento e percepção com grande precisão a fim de reduzir o erro sobre os sensores e atuadores, melhorando a gestão da residência inteligente. É interessante notar a possibilidade de se ligar e desligar os recursos inteligentes da casa, possibilitando uma avaliação da qualidade de tais sistemas inteligentes tanto na economia dos recursos energéticos, como também no conforto e segurança ao usuário.

A utilização de arquivos descritores permite um rápido re-ordenamento na estrutura geométrica dos componentes o que garante uma certa universalidade ao simulador.

A análise das funções da residência através de recursos gráficos coloridos facilita a tomada de decisões por parte do integrador e possibilita que as medidas necessárias sejam executadas em um curto espaço de tempo, remotamente e com segurança.

A utilização da linguagem Java facilitou o desenvolvimento do simulador pois as bibliotecas gráficas bidimensionais, colorização e manipulação de texto são nativas à linguagem. Muitas IDEs (*Integrated Development Environment* – Ambiente de Desenvolvimento Integrado) gratuitas e de livre utilização permitem um desenvolvimento acelerado do código por meio de interfaces amigáveis e detectores de erros. Existem ainda milhares de programadores ao redor do mundo que mantêm tutoriais e cursos na Internet auxiliando aqueles que necessitam de certa ajuda. A portabilidade do código Java ainda permite que o simulador possa ser executado em vários sistemas operacionais como o Windows, Linux e Unix, ou mesmo, com relativa facilidade, via Web.

O paradigma da programação orientada a objetos facilitou o desenvolvimento dos sensores, atuadores e dispositivos inteligentes pois uma vez estabelecidas as entradas e saídas comuns a todos, permitiu por meio da herança e do polimorfismo, a reutilização de código e a economia de esforços computacionais.

Com relação ao caráter social do simulador, a participação do usuário nas tomadas de decisão sobre o funcionamento da casa inteligente foi reduzida uma vez que os sistemas domóticos se tornaram responsáveis pela sua gestão. No entanto, a utilização da abordagem não-coercitiva através das mensagens instantâneas minimizou uma possível falta de controle da situação que o usuário possa sentir.

Finalizando, a automação residencial, apesar de ser ainda nova no Brasil, se encontra em franco crescimento. Neste contexto inicial, acredito que uma ferramenta gráfica como o simulador proposto neste trabalho contribuirá para este crescimento tanto como uma opção de visualização de uma casa automatizada para um público leigo ou como um avançado analisador de rede domésticas e de dispositivos inteligentes por meio da geração de eventos aleatórios e diretos possibilitando-se verificar a integração do usuário com um universo repleto de equipamentos eletrônicos, sensores e interfaces.

III. APÊNDICES E BIBLIOGRAFIA

APÊNDICE A – SENSORES E ATUADORES

Atuadores

São alguns dos exemplos de atuadores que podem ser utilizados no controle de ambientes residenciais:

- ?? Motores de passo e motores miniatura: variam a posição angular.
- ?? Solenóides, hidráulicos e pneumáticos: variam a posição linear.
- ?? Mini-bombas de circulação: escoamento de líquidos.
- ?? Células Peltier: arrefecimento ou aquecimento de superfícies.
- ?? Folhas aquecedoras: aquecimento de superfícies.

Sensores e Detectores

Existem inúmeros tipos de sensores e detectores que podem ser instalados para auxiliar o controle de um ambiente inteligente, dentre eles destacam-se:

- ?? Temperatura: fornecem a medida instantânea da temperatura (sólido, líquidos, gases, ambiente, etc.) sob a forma de sinais analógicos ou através de bus de dados proprietário. Normalmente, têm como elemento central um termistor que altera a resistência elétrica em seus terminais de acordo com a temperatura do meio. Podem ser alimentados pela própria rede de dados ou por um cabeamento dedicado. Já os sensores infravermelhos de temperatura utilizam-se da detecção da emissão da energia radiante no espectro dos infravermelhos. As cores escuras chegam a ter 0,97 e 0,98 de emissão, enquanto as claras têm entre 0,7 e 0,92. Existem outros modelos de sensores de temperatura que se utilizam das propriedades termofísicas de alguns metais (termopares e bimetálicos) que não serão tratados aqui mas que são largamente utilizados;
- ?? Termovelocimétricos: detectam a velocidade de variação da temperatura no tempo. Desta forma, o detector pode discriminar entre o aumento de temperatura mais gradual, provocado por causas naturais (insolação direta, por exemplo) e o incremento repentino provocado por um incêndio;

- ?? Umidade relativa: sensores do tipo capacitivo que fornecem a medida instantânea da umidade relativa sob a forma de sinais analógicos ou bus de dados proprietário. Devem ser capazes de efetuar medidas entre 10% e 90% de umidade relativa com a precisão de + ou - 3% (temperatura ambiente);
- ?? Qualidade de ar: sensores medem o nível de CO₂ existente numa sala entre 0 e 2000 ppm. Terão de ser capazes de operar eficazmente entre 5°C e os 40°C;
- ?? Magnético de abertura: utilizados normalmente nas portas e janelas a serem controladas. São contatos encapsulados em vidro do tipo *reed switch*, imunes à corrosão e acionados através de ímãs. Estes sensores são instalados junto à batentes e esquadrias e os ímãs são instalados nas portas e janelas, cuja abertura ou fechamento produzirá a alteração na posição dos contatos;
- ?? Intensidade de iluminação: tem como elemento principal o *LDR (Light Dependent Resistor)* cuja resistência é função da intensidade de iluminação que nele incide. Pode ser utilizado no controle de luminosidade ambiente, sensores para alarmes, etc. São sensores de baixo custo e alta robustez;
- ?? Pressão e força: os sensores de força são compostos por um dispositivo principal que tem sua resistência elétrica alterada conforme a força aplicada na membrana. Podem ser utilizados na detecção de pessoas ou automóveis ao redor da residência de forma bem discreta. Existem também os sensores de pressão atmosférica que podem ser utilizados em conjunto com os sensores de temperatura e umidade relativa;
- ?? Tacométricos: são sensores de velocidade angular, compostos por um disco óptico e um conjunto *LED*-fototransistor. O disco deve ser fixado no eixo que se deseja efetuar a medição e a frequência dos pulsos nos terminais do fototransistor é proporcional à rotação desse eixo;
- ?? Fumo: fornecem uma informação digital (sim ou não) da presença de fumo em um ambiente. Para se poupar o número de entradas digitais das placas controladoras, alguns destes detectores poderão ser ligados em série;
- ?? Gás: fornecem informação digital da presença de gás (butano ou propano). Poderão ser utilizados em cozinhas e ou oficinas;

- ?? Movimento: existem três tipos de detectores de movimento. Os mais comuns são os infravermelhos ativos que emitem feixes infravermelhos entre dois pontos lineares (um transmissor e um receptor) e ao serem interrompidos acionam o alarme. Os mais seguros são os de feixe duplo. Outro modelo é o PIR (Infra Vermelho Passivo) que detecta o movimento de fontes de calor tais como o corpo humano. Existe também um sensor que opera com microondas, como um radar. Este tipo de sensor emite sinais de frequências de rádio e detecta o movimento através das ondas que refletem nos objetos e retornam ao sensor. Os detectores de movimento por infravermelho podem ser falsamente obstruídos por outras fontes de calor, sendo mais sensíveis à detecção de movimento. Os sensores de microondas podem detectar movimentos falsos, sendo mais sensíveis na detecção de movimentos lineares em relação a ele. Muitos dos produtos fabricados incluem as duas tecnologias aumentando a confiabilidade;
- ?? Sísmicos ou de vibração: trata-se de dispositivos piezo-elétricos, normalmente cerâmicos, que geram tensão em seus terminais quando sujeitos à aceleração segundo um dado eixo. Podem ser utilizados para detectar desde vibrações de estruturas até a aproximação de veículos no exterior dos edifícios ou em janelas como sensores de alarme. Os sensores de vibração permitem que seja feita uma regulagem na sua sensibilidade a impactos, evitando-se assim falsos alarmes provocados pelo vento ou ruídos exteriores;
- ?? Ultra-sônicos: basicamente, são microfones que operam em frequências superiores às audíveis e são utilizados no desenvolvimento de alarmes e medidas de distâncias;
- ?? Detectores iônicos de fumaça: são bem difundidos porque oferecem um amplo espectro de aplicação. Neste tipo de detector existe uma pequena quantidade de elemento radiativo, mas com alto poder ionizante, que emite um sinal elétrico na presença de aerossóis e fumaça ainda invisíveis;
- ?? Detectores ópticos de fumaça: neste tipo de detector existe um *LED* (diodo emissor de luz) e um foto-transistor. O *LED* emite luz que, pela geometria interna do dispositivo, não chega em condições normais a sensibilizar o foto-

transistor. Na presença de fumaça, entretanto, a luz vem difusa pelo "efeito Tyndall" sensibilizando o foto-transistor que emite um sinal elétrico;

- ?? Detectores de chama: estes sensores são baseados em um dispositivo optoeletrônico sensível a uma determinada radiação eletromagnética, infravermelha ou ultravioleta. São utilizados para controle e proteção de áreas de depósito com materiais inflamáveis;
- ?? Detectores de nível: são compostos por bóias que acionam interruptores ou *reed-relés* quando um determinado nível de líquido é atingido;
- ?? Detector de líquidos e de vazão: os detectores de vazão são compostos por borboletas de plástico ou metal que giram conforme a passagem do líquido permitindo estimar se há vazão. Já os detectores de líquidos permitem obter a informação digital da existência ou não de líquido em um duto ou recipiente. Podem utilizar vários métodos de detecção como o fotoelétrico (o líquido altera a passagem da luz) ou através do contato elétrico de dois eletrodos devido ao líquido;
- ?? Sensores de fluxo de ar: normalmente utilizados no controle de ar em gabinetes de equipamentos eletrônicos ou saídas de dutos;
- ?? Sensor acústico: utilizados para detectar a quebra de vidros de janelas ou portas. O sensoramento é realizado quando há a emissão de uma frequência específica do vidro sendo quebrado. É um sensor de grande precisão que diminui a possibilidade de falsos alarmes;
- ?? Botões de pânico: são detectores de toque, cujo objetivo principal é de alertar o sistema no menor tempo possível sobre a existência de algum evento anormal que esteja ocorrendo no espaço controlado;
- ?? Sensores de corrente PCS (*Power Current Sensors*): monitoram a corrente drenada para equipamentos como projetores, VCRs, monitores e receivers de áudio. Pode ser ajustado para detectar estados como ligado, desligado e standby;

- ?? Sensores de campo eletromagnético: monitoram o campo eletromagnético gerado pelos tubos de raios catódicos de TVs e monitores indicando se o equipamento está ligado ou não. Detectam frequências de varredura de 15 a 75 KHz;
- ?? Sensores VSS (*Video Sync Sensor*): detectam a existência de sincronia horizontal em sinais de vídeo, podendo ser utilizado para detectar se equipamentos como receptores de satélite e VCRs estão operando;
- ?? Sensores diversos: qualidade da água, oxigênio dissolvido, condutividade de líquidos e sólidos, salinidade, sensores de componentes químicos, de posicionamento (GPS), etc.

APÊNDICE B – ESTUDO DE CASO

Neste projeto, todos os atuadores e sensores recebem e enviam, respectivamente, informações diretas ao gerenciador através da rede doméstica. Cada sistema domótico utiliza essas informações para determinar qual será a ação enviada aos atuadores. Todos os sistemas de controle previstos estão listados na tabela abaixo, eles operam de forma sequencial e reagem segundo uma programação. Cada um tem seu nível de prioridade, isto é, quanto menor o nível, maior é a prioridade deste em relação aos outros. Quando um sistema de alta prioridade age sobre um determinado atuador, qualquer outro será impedido de mudar o seu estado posteriormente, até que o primeiro retire a requisição sobre ele. Essas prioridades foram estipuladas segundo o nível de segurança que o sistema pode trazer ao usuário e à casa.

Tabela 3 Prioridades dos sistemas domóticos

Sistema de Controle	Prioridade de Ação nos Atuadores
Detecção e combate de incêndio	1
Segurança patrimonial	2
Controle e automação de acessos	3
Energia elétrica	4
Iluminação	5
Fluidos e detritos	6
Telefonia	7
HVAC	8
Multimídia	9
Redes de Computadores	10
Monitoramento e visualização	11
Auditoria e otimização de processos	12

Gerador de Eventos

Em uma situação real, com sensores e atuadores reais, todo o evento seria gerado pelas variações de clima, horário e interações diretas do usuário. Já em uma simulação, todas estes eventos devem ser criados a partir de funções matemáticas que geram adequadamente as variações apresentadas naturalmente em uma situação real. A vantagem de um simulador, no entanto, é a possibilidade de alterar essas condições rapidamente com o propósito de analisar a resposta da residência inteligente frente essas súbitas variações e validar o modelo. Por isso, são disponibilizados controles deslizantes de temperatura, umidade, estação do ano, mês, dia, hora, minuto e segundos para que seja possível tal interação.

Os eventos gerados diretamente pelos usuários são previstos na forma de agentes que caminham pela residência inteligente e interagem com ela. Todos esses agentes possuem uma identificação e um nível de operação diferenciado que lhes permite diferentes status de gerenciamento e conduta. Alguns têm poderes totais, enquanto outros não têm acesso nem controle dos componentes.

São previstos 9 geradores de eventos

- ?? Temperatura externa
- ?? Umidade
- ?? Meses do ano
- ?? Dia, hora, minuto e segundos
- ?? Eventos diretos do integrador
- ?? Eventos do usuário

A luminosidade externa é proporcional às variações de temperatura externa e à hora do dia. Internamente à residência existem variações destes valores externos que são diretamente dependentes da posição de portas, janelas e persianas e da distância do cômodo ao meio externo. Os eventos diretos são disparados pelo integrador a qualquer momento para análise da resposta da residência e os eventos do usuário são aqueles promovidos pela interação deste com os sistemas domóticos.

BIBLIOGRAFIA

Livros

[O'Driscoll, 2001]

O'Driscoll, G. **The Essential Guide to Home Networking Technologies**, Prentice Hall, 2001

[Neto, 1994]

Neto, J. **Edifícios de alta tecnologia**, Editora Carthago & Forte, 1994

[Abiko, 2002]

Abiko, A. e Walbe, S. **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. FAUUSP, Coletânea Habitare / FINEP, São Paulo, 2002

Artigos

[Borodulkin, 2002]

Borodulkin, L. et al., **3D Virtual Smart Home User Interface**, University of Bundeswehr, VIMS 2002 International Symposium on Virtual and Intelligent Measurement Systems, 2002

[Brumitt, 2000]

Brumitt, B. et al. **EasyLiving: Technologies for Intelligent Environments**, Handheld and Ubiquitous Computing, Microsoft Research, 2000

[Checka, 2001]

Checka, N.; Wilson, K. **Person Tracking Using Audio-Video Sensor Fusion**, MIT Artificial Intelligence Laboratory, 2001

[Coen, 1999]

Coen, M. et al. **Meeting the Computation Needs of Intelligent Environments:**

The Metagluue Environment, Proceedings of MANSE'99, 1999

[Corcoran, 1997]

Corcoran, P.; Desbonnet, J. **Browser-Style Interfaces to a Home Automation Network**, IEEE Trans. Consumer Electronics, Nov 1997

[Demirdjian, 2001]

Demirdjian, D. et al. **Multi-Person Tracking with Stereo Range Sensors**, Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, 2001

[Dewsbury, 2001]

Dewsbury, G. et al. **Designing Residential Spaces for People with Disabilities: A thinkpiece**, International Council for Research and Innovation in Building and Construction Working Group, The University of Salford, 2001

[Dey, 1999]

Dey, A. et al. **A Context-based Infrastructure for Smart Environments**, Managing Interactions in Smart Environments, Springer-Verlag, 1999, pp. 114-130.

[Edwards, 2001]

Edwards, W.; Grinter, R. **At Home with Ubiquitous Computing: Seven Challenges Notes in Computer Science**, Springer-Verlag, Berlin, 2001, pp. 256–272

[Van Harmelen, 1994]

Van Harmelen, G.L. **System Impact of Decentralised AI Controllers Operating on Domestic Devices in the Intelligent Home**, University of Pretoria, Pretoria, Republic of South Africa, 1994

[Intille, 2002]

Intille, S. **Designing a Home of the Future**, Pervasive Computing, April-June

2002, pp. 80-86.

[Krumm, 2000]

Krumm, J. et al. **Multi-Camera Multi-Person Tracking for EasyLiving**, 3rd IEEE International Workshop on Visual Surveillance, 2000

[Minar, 1999]

Minar, N. et al. **Hive: Distributed Agents for Networking Things**, Joint Proceedings of ASA/MA, 1999.

[Orr, 2000]

Orr, R.; Abowd G. **The Smart Floor: A Mechanism for Natural User Identification and Tracking**, Conference on Human Factors in Computing Systems, Netherlands, 2000

[Pinhanez et al, 2001]

Pinhanez, C. et al. **Transforming Surfaces into Touch-Screens**, IBM Research Report, RC22273, 2001

[Pinhanez, 2001]

Pinhanez, C. **The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces**, IBM, Ubicomp, 2001

[Wittig, 1995]

Wittig, H.; Griwodz, C. **Intelligent Media Agents in Interactive Television Systems**, Proc. IEEE Int. Conf. on Multimedia Computing and Systems, 1995

[Rodin, 1977]

Rodin, J.; Langer, E. **Long-Term Effects of a Control-Relevant Intervention with the Institutional Aged**, Personality and Social Psychology, vol. 35, no. 12, 1977

Teses

[COSTA, 2003]

Costa, A. **Robótica Móvel Inteligente: progressos e desafios.**

Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, 2003.

Internet

[AURESIDE, 2004]

Associação Brasileira de Automação Residencial, www.aureside.org.br, acesso em 20/01/2004

[SUN, 2004]

Sun Microsystems, <http://java.sun.com>, acesso em 02/02/2004

Bibliografia Complementar

[BERTSCH, 1990]

Bertsch, L. **Development Tools for Home Automation.**

IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 36, Novembro, 1990.

[DRNOVSEK, 1996]

Drnovsek, J. et al. **A Measurement Communication System.**

IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Bélgica, Junho, 1996.

[EVANS, 1991]

Evans, G. **Solving Home Automation Problems Using Artificial Intelligence Techniques.**

IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 37, Agosto, 1991.

[RYAN, 1989]

Ryan, J. **Home Automation**

Electronics & Communication Engineering Journal, Julho/Agosto, 1989.

[WANG, 2000]

Wang, F. et al. **Architecture and Implementation of Intelligent Control Systems for Smart Consumer Appliances via Internet.**

Systems, Man and Cybernetics, IEEE International Conference, Vol. 01, 2000.

[WARRINER, 1998]

Warriner, P. **NUDAN – A Multifunctional Home Automation Network.**

IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 44, Maio, 1998.