

Uma abordagem de domótica utilizando Rede Mesh / ZigBee e Short Message Service (SMS)

Lucas de Oliveira e Silva Pinto¹ & Rodrigo D'Angelo Mathias²

Orientador: Prof. Nuncio Perrella

Co-orientador: Prof. José Carlos de Souza Jr.

Trabalho de Graduação - 2009 - TG-01-2009-EN

^{1,2} Graduandos do Curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Eletrônica, da Universidade São Judas Tadeu, turma de 2009.

e-mail¹: mail2lucas@gmail.com; e-mail²: rodrigodamat@uol.com.br

Resumo - A proposta deste artigo é o desenvolvimento de um sistema de automação e monitoramento residencial, por meio de redes sem fio com Protocolo ZigBee IEEE 802.15.4 e rede Mesh, com acesso remoto por Short Message Service (SMS), englobando o uso racional de energia elétrica, como o desligamento automático de lâmpadas; identificação de tentativa de furto na residência (sensor de presença, de quebra de vidro), detecção de vazamento de gás e de incêndio; dispositivos de conforto (tais como ligar TV, rádio, condicionador de ar, atender ligação telefônica, portão elétrico), ligar/desligar a lâmpada mais próxima do usuário sem a necessidade de interruptor específico.

(Palavras-chave: Domótica, Rede Mesh, ZigBee, SMS)

Abstract - The proposal of this paper is develop a home automation and monitor system, using wireless network with ZigBee IEEE 802.15.4 Protocol, Mesh Network, and remote access via Short Message Service (SMS), focus on rational energy usage, like automatic lamp turn-off; thief identification (presence and window broken sensors), gas leakage and fire; comfort devices (as turn on TV, radio, air-conditioning, answering the phone, electrical gate), turn on/off the nearest lamp of the user.

(Keywords: Home Automation, Mesh Network, ZigBee, SMS)

Introdução

Domótica é o controle automatizado de uma residência permitindo a gestão de todos os recursos habitacionais, rentabilizando o sistema, simplificando a vida das pessoas, satisfazendo as suas necessidades de comunicação, de conforto e segurança. Com a domótica pretende-se controlar a iluminação, condições climáticas, a segurança e a interligação entre os três elementos, no contexto doméstico.

Apesar de ainda ser pouco conhecida e divulgada, pelo conforto e comodidade que pode proporcionar, a domótica promete ter muitos adeptos dentro de alguns anos. Permitindo o uso de dispositivos para automatizar as rotinas e tarefas de uma casa. Normalmente são feitos controles de temperatura ambiente, iluminação e som, distinguindo dos controles normais por ter uma central que comanda tudo, que às vezes é acoplada a um computador e / ou internet.

A domótica utiliza vários elementos de forma sistêmica, aliando as vantagens dos meios eletrônicos aos informatizados, de forma a obter uma utilização e uma gestão integrada dos diversos equipamentos de uma habitação. A domótica vem tornar a vida mais confortável, mais segura e até mesmo mais divertida (ZIGBEE¹).

O manuseio do sistema poderá ser feito de acordo com as próprias necessidades do usuário, podendo optar por um controle automático quando necessário. Nos sistemas passivos o elemento reage somente quando é transmitida uma ordem, dada diretamente pelo utilizador (e.g.: interruptor) ou por um comando de modo remoto. O sistema além de interpretar parâmetros reage às informações transmitidas pelos sensores (e.g.: detectar que uma janela está aberta e avisar o usuário, ou que a temperatura está diminuindo e ligar o sistema de aquecimento).

Atualmente, a grande maioria das redes de sensores utiliza fios para as conexões e

comunicações de dados. O custo de instalação de uma rede de sensores usando fios de cobre juntamente com a infraestrutura de manutenção, tornou-se extremamente elevada, inviabilizando muitos projetos.

Por meio de sensores, atuadores e comandos por SMS é desenvolvido um sistema de automação, monitoramento e eficiência energética – redução do consumo de energia elétrica – com comunicação via Rádio Frequência (RF) entre os pontos utilizando ZigBee / rede Mesh. A comunicação usando topologia Mesh estabelece uma rede complexa e colaborativa, em que elementos da rede servem de repetidores para que dispositivos que possuam dificuldades em estabelecer comunicação devido a distância possam trocar informação entre si e com a Central. A rede pode crescer de maneira virtualmente indefinida, de modo que um ponto faz ponte para outro. No caso de um ponto repetidor cessar o funcionamento, outro ponto, que possa realizar a mesma função, passa a fazê-lo automaticamente de forma a restabelecer laços da rede Mesh.

Utilizando um Modem, é possível controlar o sistema, enviando comandos por SMS para atuar em algum ponto da rede, ou receber alguma informação de funcionamento desta. O Modem possui uma pilha interna a qual funciona com comandos AT's, sendo possível, desta forma, que todos os comandos sejam enviados formando o pacote de dados, ou retornando uma mensagem de erro (BODIC²). Com o pacote formado corretamente, é possível realizar o controle de modo a acionar ou desligar algum ponto da rede (ligar lâmpada, por exemplo), ou receber informação do estado de algum ponto da rede (como exemplo: sensor de presença ativo).

Sustentabilidade

Tendo como foco e relevância no que diz respeito ao uso racional e à economia de energia elétrica, pois a rede possui sensores de presença que detectam pessoas nos ambientes, enviando comandos para o desligamento das lâmpadas que estão acesas desnecessariamente nos cômodos, caso estes estejam vazios por um período pré-estabelecido.

Alguns módulos ZigBee são alimentados por pilhas comuns que possuem autonomia de alguns meses, além da alimentação proveniente de painéis de energia solar, sem a necessidade de utilização de pilhas ou baterias.

Metodologia

Numa rede utilizando Protocolo ZigBee IEEE 802.15.4 – *Institute of Electrical and Electronics Engineers* – podem existir três tipos de dispositivos: Terminal / ZigBee End Device, Roteador / ZigBee Router, e Coordenador / ZigBee Coordinator.

O componente básico é o ZigBee End Device, que tem a habilidade de se comunicar com outros nós da rede e interfacear a comunicação dela com os terminais (sensores e atuadores). O seguinte na hierarquia é o ZigBee Router que age como um dispositivo terminal que tem também a capacidade de funcionar como um roteador intermediário de retransmissão de sinais para outros nós. No topo da rede está o ZigBee Coordinator, que atua para controlar a rede residencial (*Home Area Network*), além de realizar a ponte para outras redes (EADY³).

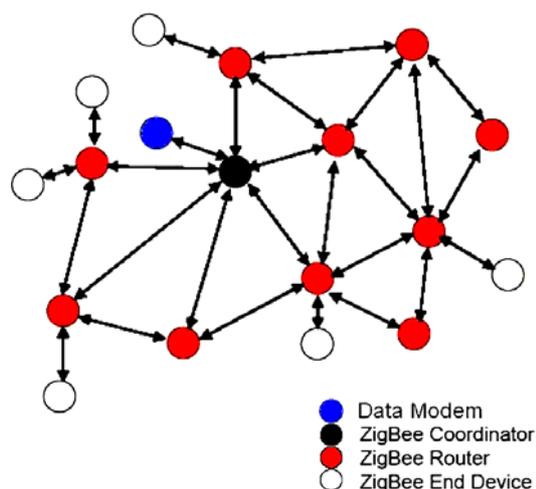


Figura 1: Elementos da Rede

Em redes residenciais há apenas um ZigBee Coordinator, sendo que esse armazena as informações de segurança e endereços de todos os outros dispositivos da rede. Normalmente o coordenador é configurado para atuar como gateway para outras redes de comunicação, incluindo sistemas de PLC ou wireless, até redes de celulares ou a Internet (TERUEL⁴). Neste projeto, o Coordenador é conectado ao Modem (Figura 1), que fica responsável pelo envio e recebimento de *Short Message Service* (SMS), mensagens que incluem os comandos para a atuação das interfaces residenciais (ligar/desligar lâmpada, atuar ar condicionado, entre outros), ou que incluem informações sobre a situação atual do sistema (se houve a atuação de algum sensor, se ocorreu falta de energia elétrica).

O ZigBee utiliza a norma de protocolos *wireless* para *Personal Area Networks*, que garante uma taxa de transmissão de dados de até 250kbps (Figura 2). Difere do *Wi-Fi* e *Bluetooth* na capacidade de configurar redes Mesh, sendo destinado à implementação com distâncias mais curtas e custos menores por dispositivo. A potência de saída é muito baixa, tipicamente na faixa de miliwatt, significando alcance máximo de aproximadamente 75 metros em áreas abertas, ou com sistema de amplificação de sinal para até cerca de 300 metros. A maior parte dos equipamentos funciona na banda de 2,4 GHz. Outras especificações importantes, bem como a comparação com *Bluetooth* são apresentadas na Tabela 1 (LABIOD⁵).

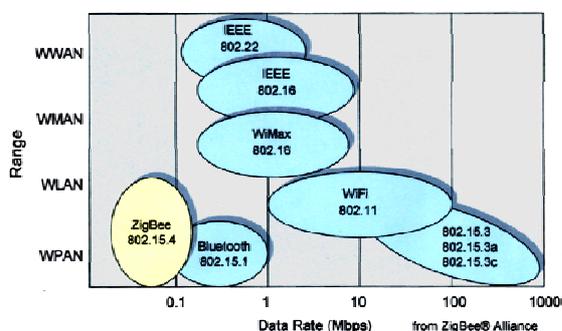


Figura 2: Comparação entre ZigBee e outras Redes de Comunicações

	ZigBee	Bluetooth
Padrão (MAC + PHY)	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1
Taxa de Transferência	250kbps	750kbps
Corrente na Transmissão	30mA	40mA
Corrente em Stand-by	3uA	200uA
Dispositivos conectados à rede	64.000	7
Alcance	70 ~ 300m	10m
Tempo de acesso a rede	30ms	3s
Tempo de transição dos dispositivos para o estado ativo	15ms	3s

Tabela 1: Comparação entre ZigBee e Bluetooth

O ZigBee é mais do que uma implementação de hardware da norma 802.15.4. Enquanto a norma IEEE define as camadas físicas e de controle de meios de acesso para as comunicações, o ZigBee vai além e define uma série de protocolos de software de nível mais alto que permitem à interface aplicações específicas. A Figura 3 mostra a relação entre a norma IEEE 802.15.4 e as adições realizadas pela ZigBee Alliance (Z-ACCEL⁶).

As especificações do ZigBee possuem apoio robusto à malha de rede, podendo esta conter centenas de nós e pontos. Essa rede permite que as mensagens utilizem rotas diferentes para chegar a partir de um nó a outro, ou seja, de modo confiável a rede não depende de um determinado nó para

cada função. E, a comunicação sem fio pode ocorrer de várias formas, como ponto a multiponto, em que um ponto tem que acessar vários outros pontos (WORKSHOP⁷).

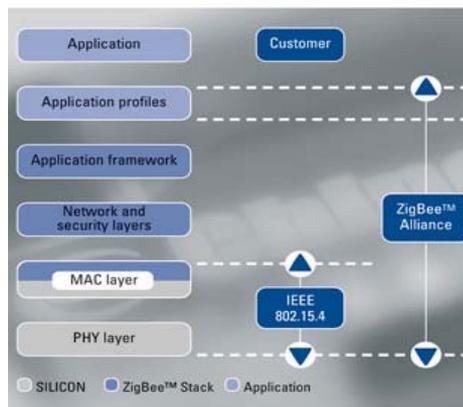


Figura 3: Pilha IEEE 802.15.4

A topologia básica é a Estrela, cujo Terminal e Roteador comunicam-se diretamente com o Coordenador apenas (Figura 4, Verde - Terminal e Amarelo - Roteador).

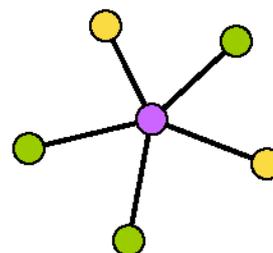


Figura 4: Rede Estrela (ou Star)

A topologia seguinte em evolução é a Conjunto de Árvores, onde os pontos (Terminal e Roteador) conectam-se formando alguns ramos, que por fim conectam-se ao Coordenador, conforme a Figura 5 (UFRJ⁸).

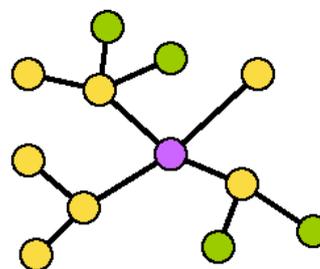


Figura 5: Conjunto de Árvores (ou Cluster Tree)

A rede de comunicação mais eficiente entre as apresentadas é a rede Mesh, cuja comunicação é alterada dinamicamente de um Roteador para outro. Caso algum ponto apresente falha ou bloqueio na

trajetória do sinal, a rota de comunicação é alterada automaticamente e todos os Roteadores conseguem conectar com qualquer outro nó e conseqüentemente com o Coordenador, mantendo a rede sempre em funcionamento, até mesmo se algum ponto pare de funcionar ou algo atrapalhe o meio de comunicação (Figura 6) (VIVA⁹).

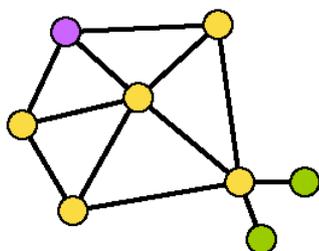


Figura 6: Rede Mesh

O kit de desenvolvimento utilizado é o Z-Accel 2,4 GHz ZigBee Processor eZ430-RF2480, sendo que cada módulo é composto por dois microcontroladores: um MSP430F2274 e um CC2480 que contém a pilha ZigBee, com comunicação SPI / UART (*Serial Peripheral Interface / Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*, Interface Periférica Serial / Recepção-Transmissão Assíncrona Universal) entre eles (Figura 7), formando assim uma arquitetura Dual Core (EZ430-RF2480¹⁰).

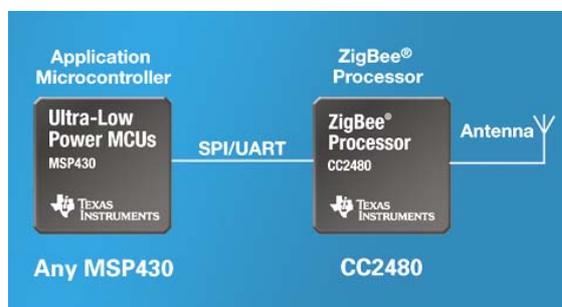


Figura 7: Comunicação SPI/UART

O CC2480 possui suporte para Simple API (*Simple Application Programming Interface*, Interface de Programação de Aplicação Simples), que possui apenas 10 chamadas API, simplificando o desenvolvimento de aplicações com ZigBee, principalmente no que diz respeito à rede Mesh, que é estabelecida automaticamente. As camadas de aplicação podem ser vistas na Figura 8 (Z-ACCEL⁶).

Os dispositivos ZigBee possuem dois tipos de endereços. Um endereço IEEE de 64 bits (também chamado de endereço MAC ou endereço extenso) e um endereço dinâmico de rede de 16 bits (também conhecido como endereço lógico ou endereço curto).

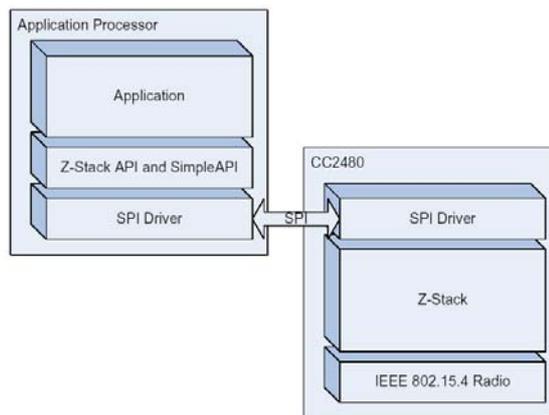


Figura 8: Camadas de aplicação

O endereço de 64 bits é um endereço exclusivo em nível mundial, atribuído e mantido pelo IEEE. Cada dispositivo é pré-programado com o seu próprio endereço segundo esse padrão.

Quando o dispositivo se conecta a uma rede ZigBee, um endereço dinâmico de 16 bits é atribuído automaticamente, esse endereço é destinado e utilizado enquanto o módulo está ligado a rede. Só é exclusivo dentro dessa rede e é utilizado para identificar os dispositivos e o envio de dados dentro dela.

Cada módulo eZ430-RF2480 possui também um LDR (*Light Dependent Resistor*, Resistor Dependente de Luz), dois LED's (um verde e um vermelho), um *Push-Button*, além dos pinos de acesso utilizados para a conexão com os sensores e/ou atuadores (Figura 9) (EZ430-RF2480¹⁰).



Figura 9: eZ430-RF2480 Target Board

A primeira aplicação e a mais simples deste módulo é a utilização para a detecção do estado (aberto / fechado) de portas e janelas de modo a detectar caso o alarme esteja no modo ativo se houve a abertura destas, como consequência de invasão, por exemplo. O sensoriamento é realizado com *reed-switch*, que é conectado a um terminal / pino específico do módulo, ativando a rotina de interrupção caso detecte abertura, fazendo com que o ZigBee saia do estado de baixo consumo (*Low Power*), enviando o estado atual para o ZigBee Coordenador através da rede Mesh. Com o sistema

de alarme ativo (monitorando), o ZigBee Coordenador por sua vez atua nos meios de alerta (sirene e envio de SMS).

A alimentação desses sensores é realizada por meio de pilhas alcalinas comuns, que devido ao baixo consumo possuem autonomia de duração de alguns meses.

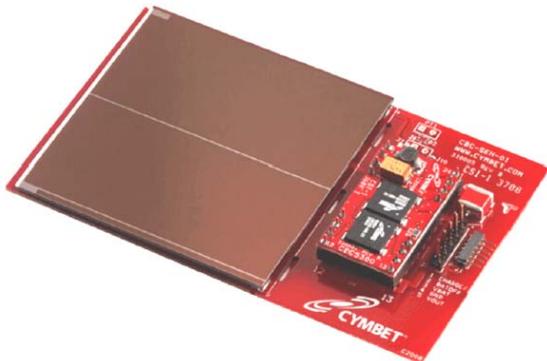


Figura 10: Target Board da Célula Solar de Energia

Uma forma de alimentação utilizada é a proveniente de painel de energia solar (Figura 10), que fornece energia suficiente para alimentar o módulo ZigBee inclusive no período noturno quando há ausência de claridade, devido à energia armazenada em duas micro baterias recarregáveis de 3,8V por 50uAh (EZ430-RF2500-SEH¹¹). Esse tipo de alimentação, sem a necessidade de pilhas ou baterias, é utilizado principalmente quando o sensor é de difícil acesso, devido a algum impedimento como exemplo, altura.

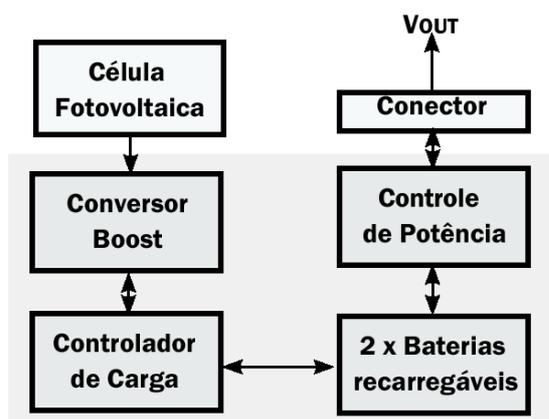


Figura 11: Diagrama dos componentes da Target Board da Célula Solar de Energia

Este circuito é composto por uma célula fotovoltaica, que capta a radiação luminosa convertendo-a em energia elétrica. Um conversor *Boost* eleva o valor da tensão de entrada de 1,0 Volt para 4,0 Volts e um controlador de carga monitora o armazenamento de energia nas duas

baterias recarregáveis, como apresenta o diagrama abaixo (Figura 11).

Outro tipo de monitoramento realizado é com o sensor de presença por infravermelho, que detecta a existência de pessoas no ambiente quando o alarme está ativo.

A alimentação deste sensor é proveniente de uma fonte com divisor de tensão através de um capacitor e de um resistor, que torna o circuito compacto e com custo reduzido, quando comparado a uma fonte com transformador (normal ou do tipo chaveada). Este tipo de fonte de alimentação é conhecido como “fonte capacitiva”. Para que o ZigBee e o sensor de presença sejam alimentados ininterruptamente é utilizado um circuito *Fuel Gauge*, que realiza o controle de carga de baterias de Lithium-ion e o chaveamento destas em caso de falta de energia elétrica na residência (BQ24702¹²).

Com a utilização de um sistema de acionamento, é possível ligar ou desligar qualquer tipo de carga (e.g.: lâmpada, televisão, rádio, condicionador de ar, atender ligação telefônica, abrir portão elétrico) através da utilização de relé em conjunto com um módulo ZigBee e uma “fonte capacitiva”. Com este conjunto é possível acionar qualquer sistema de iluminação a partir de inúmeros interruptores, sem a necessidade de cabeamento dedicado para uma lâmpada específica. Isto proporciona uma redução significativa de cabos elétricos dentro de condutos, pois um módulo aceita a conexão de diversos interruptores, cada um com uma ação dedicada. Utilizando este sistema, a vida útil dos interruptores é prolongada, pois estes trabalham com tensões e correntes reduzidas, por serem conectados a módulos ZigBee que operam normalmente com 3,3 volts (LP2950-33¹³). É possível inclusive realizar o acionamento de qualquer lâmpada por SMS, ou seja, de modo remoto.

Os interruptores são conectados diretamente aos pinos disponíveis no módulo ZigBee, apresentando funcionamento e arquitetura semelhante aos sensores com *reed-switch* – permanece em baixo consumo até que entre na rotina de interrupção. Por esse motivo pode ser alimentado por pilhas comuns e ser instalado de forma habitual em caixas de embutir na residência. Além de desempenhar a função principal de acionar qualquer lâmpada, os interruptores funcionam como botão de pânico. Mantendo qualquer interruptor pressionado por cerca de dez segundos o sistema é acionado no modo de pânico, apresentando transparência para a residência, porém realizando o envio de SMS com esse aviso para o número de destino cadastrado.

Dois tipos de sensores utilizados principalmente na cozinha são os de detecção de

vazamento de gás e de presença de fumaça. O sensor de vazamento de gás, que detecta gás de cozinha Propano / Butano, é instalado próximo ao chão e ao fogão, devido este tipo de gás ser mais denso que o ar. Este sensor possui um módulo ZigBee e uma “fonte capacitiva” incorporados. Caso esse sensor detecte anomalia, ele envia uma informação de modo a atuar o fechamento da válvula de gás, por exemplo.

O sensor de fumaça é instalado no teto, próximo ao fogão também, de modo a detectar princípio de incêndio. Se este sensor ativar, ele enviará um comando de modo a atuar o fechamento da válvula de gás, com o acionamento da sirene e o envio de SMS.

Dentro do segmento de sensores, destaca-se também o sensor de quebra de vidro, que consiste num microfone que detecta a frequência emitida quando um vidro é quebrado. Este tipo de sensor é instalado normalmente no centro do cômodo de modo a cobrir todas as janelas existentes nele. Sua alimentação é proveniente também por uma “fonte capacitiva” e possui um módulo ZigBee acoplado.

Devido à necessidade de uma fonte mais robusta para alimentar o carregador de bateria e a sirene utilizou-se uma fonte de alimentação com transformador. Esse fornece maior potência ao sistema quando comparado a fonte “capacitiva”. Este circuito possui controle de chaveamento da bateria em caso de falta de energia elétrica. Com o sistema no modo ativo a sirene é acionada sempre que houver tentativa de invasão na residência, de forma a coibir a ação e avisar os moradores vizinhos sobre o ocorrido, pois esse circuito é instalado na parte externa da residência.

Os módulos ZigBee são utilizados também para automatizar algumas atividades ou tarefas dentro da residência. Dentre elas pode-se destacar o controle remoto universal. Por meio dele é possível atender chamadas telefônicas no modo viva voz do telefone sem que o usuário levante-se do sofá. Ligar / desligar o rádio, a televisão, o condicionador de ar, abrir ou fechar persianas, além de acionar alguma lâmpada de algum cômodo independente da sua localização dentro da residência, são exemplos de aplicação.

O sistema possui dois estados de segurança que podem ser acionados pelo controle remoto. No primeiro modo de operação – Alarme – todos os sensores são monitorados; no segundo modo – Dormir – apenas os sensores das portas e janelas são monitorados, permitindo a livre circulação dentro da residência. É possível ativar qualquer um desses modos de operação via SMS.

Com o controle remoto ou comando via SMS é possível permitir o acesso à residência, abrindo porta com tranca elétrica ou o acionamento

do motor de portão para a entrada / saída de veículos.

O circuito da central é instalado em algum cômodo da habitação de difícil acesso, protegido contra a intervenção de tentativa de desligamento. Esse circuito composto pelo ZigBee Coordenador e o Data Modem possuem fonte de alimentação com arquitetura similar à existente junto à sirene capaz de alimentar todo o sistema e carregar uma bateria de Chumbo de 12V / 7,2Ah. Essa fonte de alimentação auxiliar é utilizada para suprir o consumo dos circuitos em caso de falta de energia elétrica.

A central possui um circuito que monitora corte de linha telefônica e falta de energia elétrica na rede, sendo que na ocorrência de ambos os casos é enviado SMS de modo a alertar o proprietário sobre possível tentativa de invasão. O corte de energia elétrica e de linha telefônica é comumente realizado antes da tentativa de invasão, principalmente em casas de veraneio. As centrais mais antigas utilizavam discadora por linha telefônica, discando para algum número pré-programado, porém, como mencionado, este projeto utiliza Data Modem, que opera pela rede de telefonia celular.



Figura 12: Modem GSM para envio de SMS

O modem utilizado para a comunicação na rede GSM através de SMS é o G24 da Motorola (Figuras 12 e 13). Ele possui entrada para SIM Card, entrada para antena, conexão serial RS232 e USB, ambas utilizadas para programação e operação. A comunicação através de RS232 é utilizada para a comunicação do Modem com o módulo ZigBee, por meio de um circuito dedicado utilizando MAX3232¹⁴. Esse circuito integrado é utilizado para elevar o nível de tensão, pois nos pinos de TX / RX do ZigBee o sinal é de 3,3 volts e, para utilizar-se do padrão RS232, é necessário níveis de tensão acima de 10 volts (MOTOROLA¹⁵).

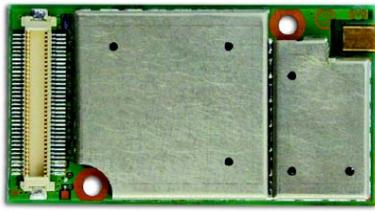


Figura 13: Módulo embarcado G24

O firmware embarcado no microcontrolador da Texas Instruments da família MSP430 (PEREIRA¹⁶ e MSP430F2274¹⁷) comunica-se com o Modem através de comandos AT's, que são responsáveis por verificar se há novas mensagens de texto – SMS – e também enviá-las caso ocorra algum evento na rede ZigBee (MOTOROLA¹⁸).

No sentido inverso, quando o modem recebe uma SMS o Coordenador trata a mensagem lendo as informações importantes para ele, que por sua vez envia através da rede Mesh realizando um *broadcast*, ou seja, envia tal informação para todos os módulos ZigBee. Porém, apenas um módulo específico responsável pela atuação constante no comando irá desempenhar seu papel ativando alguma carga, por exemplo. Como cada módulo ZigBee possui um código IEEE único para cada dispositivo, utiliza-se deste índice para filtrar pacotes na rede.

Resultados

Pela combinação de duas tecnologias distintas, foi possível obter alto alcance – GSM – conjuntamente com baixo consumo – ZigBee –, proporcionando um sistema eficiente e com desempenho elevado.

Um dos problemas obtidos na utilização do serviço de SMS da rede de telefonia móvel é que a mensagem não é entregue em tempo real, gerando um atraso na transmissão da informação, o que seria diferente se utilizasse uma conexão de dados GPRS. Para criar um ambiente com conexão *socket* – rede de dados – a infraestrutura necessária é mais elevada, desencadeando mais tempo de projeto.

Esse projeto apresenta redução de custos superior a 50% quando comparado a um sistema comum de automação residência, sem a utilização de redes via rádio frequência.

Discussão e Conclusões

O objetivo proposto foi alcançado com sucesso e de forma plena, podendo ainda ser ampliado com novas melhorias e funcionalidades. Pode-se destacar como exemplo a implementação

de conexão via GPRS para envio de dados e controle da residência pela internet.

Ressaltamos que esse projeto é uma solução comercial, com custo reduzido quando comparado ao de outras empresas, além de facilidade e praticidade em sua instalação.

Domótica é tendência de mercado e está em expansão ganhando muitos adeptos com o decorrer dos anos.

Considerações Finais

O controle remoto de residências deixa de ser uma utopia, pois a domótica permite o acesso às funções vitais da casa, pelo celular ou pela Internet. Outros campos de negócios que podem ser implementados são destacados a seguir:

Irrigação inteligente: sistema de irrigação acionado com temporizadores que podem ser programados para regar as plantas periodicamente através de sensores de umidade instalados sob o solo, garantindo que o mesmo fique sempre com um determinado nível de umidade e evitando que o sistema seja acionado caso já esteja úmido;

Iluminação: gere os gastos de eletricidade com dimmerização de intensidade de luzes, juntamente com sensores de presença e de luz solar, ou seja, as luzes de um cômodo que se encontra vazio não ficam acesas. As luzes exteriores podem acender automaticamente quando começar a escurecer. E, para que a casa tenha aparência de habitada (quando estiver sem os moradores), basta programar as luzes para acender em determinados horários e em determinados ambientes. Pode-se pressionar um único botão e montar uma cena envolvendo diversas zonas (circuitos) de iluminação como, uma cena para o jantar, onde as luzes sobre a mesa estão acesas no máximo, as luzes na periferia da sala estão com apenas 10% de sua intensidade e as luzes que ressaltam quadros e esculturas estão a 80%. Outros sistemas e equipamentos podem ser acionados com as cenas de iluminação, tais como o som ambiente, a tela automática, o *lift* do projetor, as cortinas, entre outros (ABNT¹⁹);

Climatização: programação de horários para acionar equipamentos de aquecimento, ventilação ou ar condicionado, permitindo manter um nível de conforto (ou mesmo acionando-o momentos antes de chegar a casa), poupando energia (funcionamento de acordo com os horários, presença e temperatura exterior);

Segurança: auxiliado por sensores, permite detectar fugas de gás, inundações, incêndios em fase inicial, fechando válvulas, acionando *sprinkles* e avisando-o (o corpo de bombeiros, por exemplo) do ocorrido de forma a serem tomadas as devidas providências. A segurança ao nível de detecção de intrusos também é relevante e levada em consideração pelo sistema. Através de completos sistemas de segurança (mas de instalação simples) é possível detectar a presença de pessoas nas imediações de sua casa, podendo criar programas que afastem possíveis intrusos (acendendo algumas luzes, ou até mesmo ligando a televisão) e no caso de persistência e da detecção de invasão, acionando mecanismos de alerta, por sirenes, entre outros.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores da Universidade São Judas Tadeu, em especial o professor Nuncio Perrella por orientar nosso trabalho acadêmico e contribuir com seu conhecimento incalculável. Agradecemos a Texas Instruments por fornecer alguns dos equipamentos utilizados neste projeto.

Referências Bibliográficas

1. ZIGBEE Alliance: Home Automation, disponível em: <http://www.zigbee.org/Markets/ZigBeeHomeAutomation/ZigBeeHomeAutomationOverview/tabid/457/Default.aspx> (acessado em: 01/03/2009);
2. BODIC, G. (2005). *Mobile messaging technologies and services SMS, EMS and MMS*. Wiley;
3. EADY, F. (2007). *Hands-On ZigBee: Implementing 802.15.4 with Microcontrollers*. Elsevier: Newnes;
4. TERUEL, E. (2009). *O que você precisa saber para automatizar sua residência*. Revista Eletrônica Total, Edição 138, Agosto;
5. LABIOD, H., AFIFI, H. and SANTIS, C. (2007). *Wi-FiTM, BluetoothTM, ZigBeeTM and WiMaxTM*. Springer;
6. Z-ACCEL 2.4 GHz ZigBee® Processor CC2480 (formerly CCZACC06A1), disponível em: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2480a1.pdf> (acessado em: 08/09/2008);
7. WORKSHOP de Low Power RF 2009, *SimpliTITM*, com Mike Claassen, no Instituto Eldorado / UNICAMP (realizado em: 12/03/2009);
8. UFRJ, Redes de sensores sem fio, disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/rssf/Padres.html (acessado em: 20/04/2009);

9. VIVA sem fio - ZigBee, disponível em: <http://www.vivasemfio.com/blog/category/zigbee> (acessado em: 20/04/2009);
10. EZ430-RF2480 Data Sheet, disponível em: <http://focus.ti.com/lit/ug/swru151a/swru151a.pdf> (acessado em: 01/03/2009);
11. EZ430-RF2500-SEH Solar Energy Harvesting Development Tool, disponível em: <http://focus.ti.com/lit/ug/slau273a/slau273a.pdf> (acessado em: 14/03/2009);
12. BQ24702 Data Sheet, disponível em: <http://www.ti.com/lit/gpn/bq24702> (acessado em: 26/05/2009);
13. LP2950-33 Data Sheet, disponível em: <http://www.ti.com/lit/gpn/lp2950-33> (acessado em: 26/05/2009);
14. MAX3232 Data Sheet, disponível em: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/max3232.pdf> (acessado em: 25/10/2008);
15. MOTOROLA G24 Developer's: Module Hardware Description, disponível em: http://developer.motorola.com/docstools/developer_guides/G24_HardwareDescription_Developer_Guide.pdf (acessado em: 23/09/2008);
16. PEREIRA, F. (2005) *Microcontroladores MSP430: Teoria e Prática*. Érica;
17. MSP430F2274 Data Sheet, disponível em: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f2274.pdf> (acessado em: 08/09/2008);
18. MOTOROLA G24 Developer's Guide: AT Commands Reference Manual, disponível em: http://developer.motorola.com/docstools/developer_guides/G24_AT_Commands_Developer_Guide.pdf (acessado em: 23/09/2008);
19. ABNT - Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 5413 - Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

Dados Biográficos dos autores



Lucas de Oliveira e Silva Pinto

04 de Janeiro de 1986, Itanhandu - MG. Técnico em Eletroeletrônica pelo SENAI. Técnico em Processamento de Dados pelo Colégio Eniac. Continental Corporation, técnico na área de telemática.



Rodrigo D'Angelo Mathias

06 de Setembro de 1984, São Paulo - SP. Técnico em Eletrônica pelo Colégio Lavoisier. Monitor de alunos nas disciplinas Física II e Eletromagnetismo na Universidade São Judas Tadeu. ECOLUZ S/A, assistente técnico de engenharia na área de eficiência energética.