



MÓDULO PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM TECNOLOGIA MÓVEL GPRS

Arnaldo Stramosk Júnior¹, Golberi de Salvador Ferreira²

Resumo: Este artigo trata do desenvolvimento uma solução sem fio para automação residencial de baixo custo, modular, que viabilize o acesso e controle de variáveis e funcionalidades residenciais por meio da utilização de celulares e modems com suporte à tecnologia *General Packet Radio Service* (GPRS), Programação Java e Dispositivos Transceptores ZigBee. Foi desenvolvida uma solução desenvolvida, composta por dois *softwares* aplicativos Java ME, que se comunicam *via internet services*, sobre tecnologia GPRS. A automação residencial é um setor da indústria eletroeletrônica em expansão, e, desta forma, a demanda por novas alternativas mais simples, com menor custo e com foco nas tecnologias wireless também é elevada. Nesse contexto, concluiu-se que as tecnologias dos módulos M2M e ZigBee formam em conjunto uma alternativa em potencial.

Palavras-chave: Automação residencial. Dispositivos móveis. GPRS. Java. ZigBee.

Abstract: *This article shows the development of a wireless solution for home automation, with some features like low cost and modularity, that makes possible the access and control of residential functionalities by means of using mobile phones, GPRS data modems, Java Programming, and ZigBee transceivers. It was developed a solution, composed of two Java ME software applications that communicate via internet services on GPRS technology. The home automation industry is one of the electronics industry to expand, and thus the demand for new alternatives simpler, low cost and focused on wireless technologies is growing. In this context, it was concluded that the technologies of M2M and ZigBee modules together form a potential alternative.*

Keywords: *Home automation. Mobile phones. GPRS. Java. ZigBee.*

¹ Acadêmico do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Eletrônicos do IF-SC <stramosk@gmail.com>.

² Professor do DAELN, *campus* Florianópolis do IF-SC <golberi@ifsc.edu.br>.

1. INTRODUÇÃO

A proposta da Automação Residencial é a criação de uma infraestrutura que possibilite o acesso e controle de variáveis e funcionalidades residenciais de forma integrada, permitindo que diversos dispositivos “conversem entre si”, tornando-os mais dinâmicos e funcionais. Este setor peculiarmente tem se expandido a taxas de 25 a 30% no Brasil (AURESIDE, 2007), e nos EUA a 22,1% ao ano de 2002 a 2008 (ABI RESEARCH, 2008).

A questão, hoje, é que para que haja maior assimilação desta tecnologia e com isso um aumento da demanda por estas soluções, estes dispositivos precisam ser desenvolvidos de forma a

não exigir grandes modificações na infraestrutura física das residências quando forem instalados. Além disso, precisam ter preços acessíveis e devem ser similares a outras tecnologias já assimiladas como computadores, celulares, e alarmes residenciais.

2. TECNOLOGIAS EMPREGADAS

2.1. Módulo GPRS para M2M

São dispositivos largamente utilizados na automação industrial e nas atividades de telemetria, pois habilitam a comunicação *Machine to Machine* (Máquina com Máquina). Utilizando estes módulos é possível estabelecer a comunicação de dados entre dois ou mais sistemas eletrônicos de forma remota.

Isto se torna possível através da implementação de Serviços de Internet que trafegam sobre a tecnologia GPRS. Para tanto, é necessário apenas que cada módulo utilizado no sistema possua um SIM CARD habilitado em uma operadora de telefonia GSM e que esteja dentro da sua área de cobertura. Módulos GPRS mais atuais incorporam a possibilidade da programação em Java, assim como os aparelhos celulares.

2.2. Linguagem Java ME

A linguagem de Programação Java foi inicialmente projetada para dispositivos eletrônicos de baixa capacidade, ou seja, baixo poder de processamento e memória. Deriva da linguagem de programação C++, sendo uma versão mais reduzida e focada da mesma, porém igualmente poderosa dentro do seu nicho de aplicação. Diferente do C++, o Java foi criado para ser portátil, e pode rodar em qualquer dispositivo que comporte uma máquina virtual Java.

Atualmente a proposta inicial foi expandida e a linguagem tornou-se um conjunto de Plataformas, de acordo com a Figura 1. Temos aplicações em servidores e Web. A parte do Java que mantém a proposta original é o Java to Micro Edition, a versão Java para Pequenos Dispositivos.

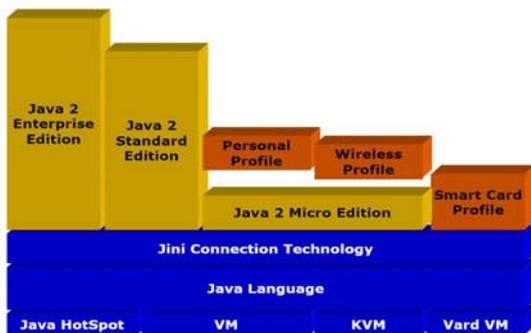


FIGURA 1 – Conjunto de plataformas Java.

Fonte: GUI, 2008.

2.3. Especificação ZigBee

ZigBee é a especificação do conjunto de protocolos de comunicação sem fio (*wireless*) digitais implementados sobre a especificação IEEE 802.15.4d (IEEE, 2009), e faz parte da ZigBee Alliance. É similar ao Bluetooth, porém é voltado à comunicação de rádio digital de baixo fluxo de dados, até 250 kbps (Figura 2), sendo projetado para a otimização do consumo energia nos dispositivos onde está embarcado. Opera nas faixas de frequência *Industrial, Scientific & Medical* de 868 MHz, 910 MHz e 2,4 GHz (IEEE, 2009). Tem como objetivo, prover a formação das redes ZigBee, com aplicações em ambiente de automação residencial, industrial, em atividades de telecontrole e telemetria, coleta e requisição de dados.

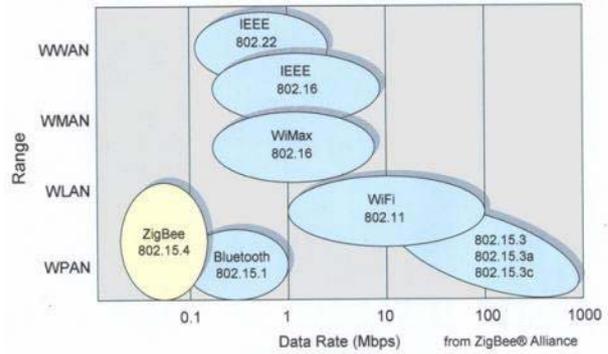


FIGURA 2 – Tecnologias wireless.

Fonte: ZIGBEE ALLIANCE, 2009.

3. O SISTEMA

A solução desenvolvida é composta por dois softwares aplicativos Java ME, que se comunicam via *Internet services*, sobre tecnologia GPRS. Um dos aplicativos roda em um aparelho celular, que implementa um Cliente, e interface gráfica com o usuário. O outro roda no módulo GPRS, implementa o Servidor e se comunica com uma rede de dispositivos ZigBee responsáveis por enviar e coletar dados dos sensores e transdutores distribuídos pelo ambiente residencial, conforme a Figura 3.



FIGURA 3 – Arquitetura do sistema desenvolvido.

3.1. Aplicação servidora

A aplicação servidora é composta por três camadas. A primeira e mais alta de todas é a aplicação em J2ME (MUCHOW, 2001, KEOGH, 2003) que roda no terminal GPRS TC-65, de acordo com a Figura 4.

Esta aplicação é responsável por fazer a ligação da rede ZigBee, uma rede do tipo PAN (*Personal Area Network*) com as redes GPRS, que são redes do tipo WWAN (*Wireless Wide Area Network*).

A Figura 4 é um fluxograma que representa de rotina principal do *software* da Aplicação Servidora. De acordo com mesmo, logo no início da rotina é feita a inicialização do *hardware* do terminal TC-65, de suas funções pré-programadas e também da interface serial.

Logo depois é aberto um *Internet service* através de uma conexão *Socket*. A conexão cria uma porta em um canal de comunicação que permite a um processo sendo executado em um computador trocar dados com outro processo executado no mesmo computador ou num computador remoto. A conexão *Socket* criada na aplicação servidora é do tipo Ouvinte, sendo que a mesma mantém-se aberta aguardando o recebimento de uma requisição de algum processo cliente que deseja trocar dados com o processo servidor.

Uma conexão *Socket* estabelecida entre processos remotos requer que os dados trafeguem sobre algum protocolo, ou pilha de protocolos, normalmente o protocolo padrão da rede. Como a

rede utilizada para o tráfego dos dados é a Internet, que é uma rede IP, o protocolo escolhido para o tráfego foi o TCP-IP, configurando, assim, a conexão *Socket* estabelecida como sendo do tipo TCP-IP ouvinte.

Para estabelecer uma conexão *Socket* sobre TCP-IP é necessário que o cliente saiba o endereço IP da conexão *Socket* servidora e também a porta TCP na qual a conexão foi aberta. Como nas redes GPRS, com exceção de casos especiais, a atribuição do endereço IP dos usuários da rede é feita dinamicamente, é necessário que o servidor envie o seu endereço IP corrente ao cliente cada vez que a conexão *Socket* servidora for aberta. Para tal, é configurado um canal, e uma mensagem SMS é enviada ao cliente fornecendo o endereço IP e porta TCP, permitindo, assim, ao cliente configurar o seu *Socket* Cliente e estabelecer a conexão.

Após abrir o *Internet service* e enviar a SMS ao cliente, a rotina entra em um *loop* e fica parada aguardando o surgimento de algum evento. Se não houver um evento em um determinado período de tempo, o *hardware* entra em modo de espera, reduzindo assim o consumo de energia durante o tempo de inatividade.

Basicamente, podem ocorrer eventos de três naturezas diferenciadas que despertam o *hardware* e geram algum tipo de processamento específico: um evento de *hardware* interno, uma requisição advinda de um Cliente ou ainda um dado recebido do controlador ZigBee, através da interface serial.

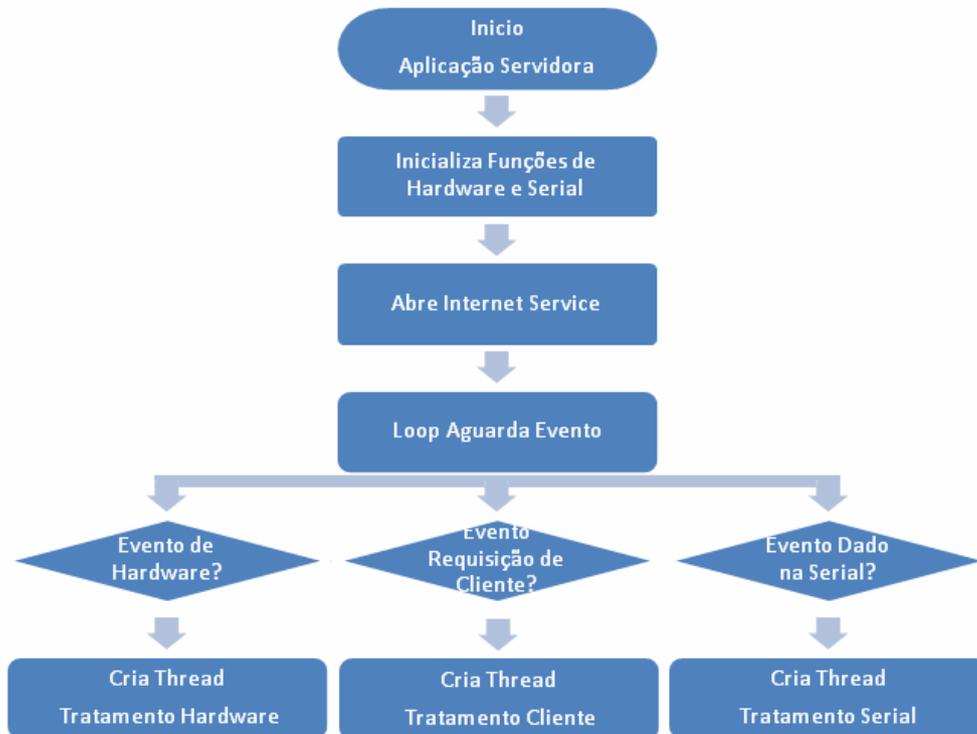


FIGURA 4 – *Software* da aplicação servidora.

Devido a sua natureza diferenciada, os eventos podem ocorrer ao mesmo tempo. Dessa forma, um código de execução linear não poderia tratar paralelamente os diversos eventos que podem ocorrer. Para solver tal problema, é utilizado um recurso muito poderoso da Linguagem Java, que é o processamento multitarefa, ou *multithreading*.

O processamento *multithreading* utiliza o conceito de processamento paralelo, onde dois ou mais eventos de *hardware* ou *software* são divididos em duas ou mais tarefas (processos secundários), que recebem um determinado grau de prioridade pela rotina padrão, de forma que os recursos do processador sejam trocados entre uma tarefa e outra emulando, desta forma, um processamento paralelo por *hardware* (processador multinúcleo), e obtendo uma resposta em tempo real. Para tratar os três eventos citados acima, foram criadas três *threads*: uma para os eventos de *hardware*; outra para as requisições de clientes; uma última para dados do controlador que chegam à serial. As Figuras 5, 6 e 7 identificam essas *threads*, respectivamente, e o devido tratamento dado aos eventos.

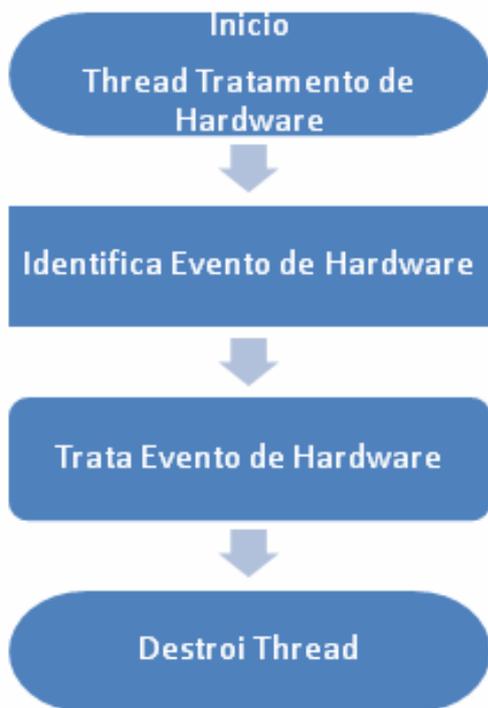


FIGURA 5 – *Thread* tratamento de *hardware*.

3.2. Aplicação cliente

A Aplicação Cliente é composta pelo *software* J2ME que roda no aparelho celular. É uma MIDLET visual criada para a configuração CLDC e perfil MIDIP 2.0, que acessa uma classe responsável pela criação dos *internet services*, envio e recebimento de dados. Como ferramenta de desenvolvimento, foi utilizado o NetBeans versão 6.5 (NETBEANS, 2008), um excelente ambiente de

desenvolvimento integrado, gratuito e de código aberto, desenvolvido pela Sun Microsystems.

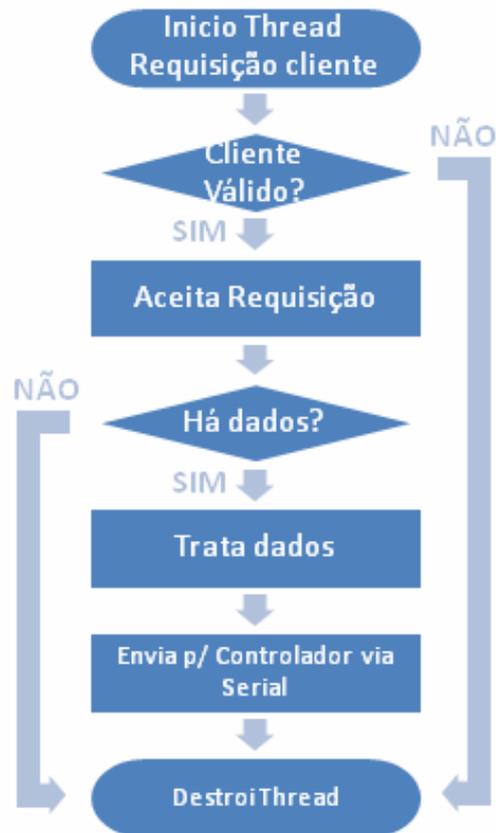


FIGURA 6 – *Thread* tratamento de requisição.

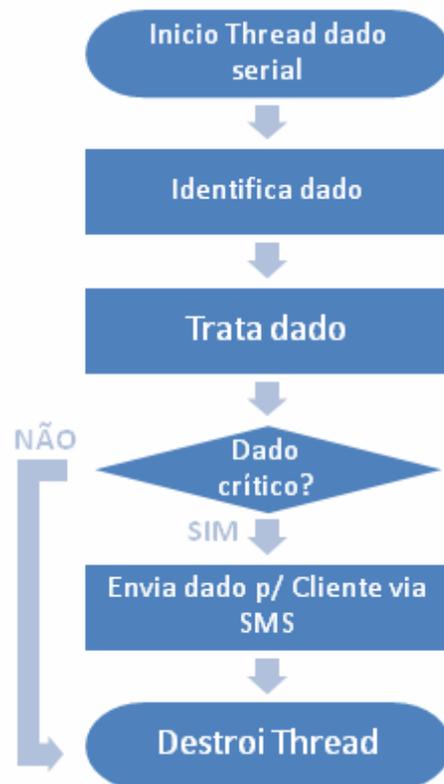


FIGURA 7 – *Thread* tratamento de dado serial.

A Figura 8 é o fluxograma que explica o funcionamento do *software* cliente. Inicialmente o *software* cliente apresenta uma tela de *Login*, onde o usuário se autentica para poder utilizar as funções do sistema de automação residencial. Se a autenticação estiver correta, o usuário tem acesso aos menus de controle.

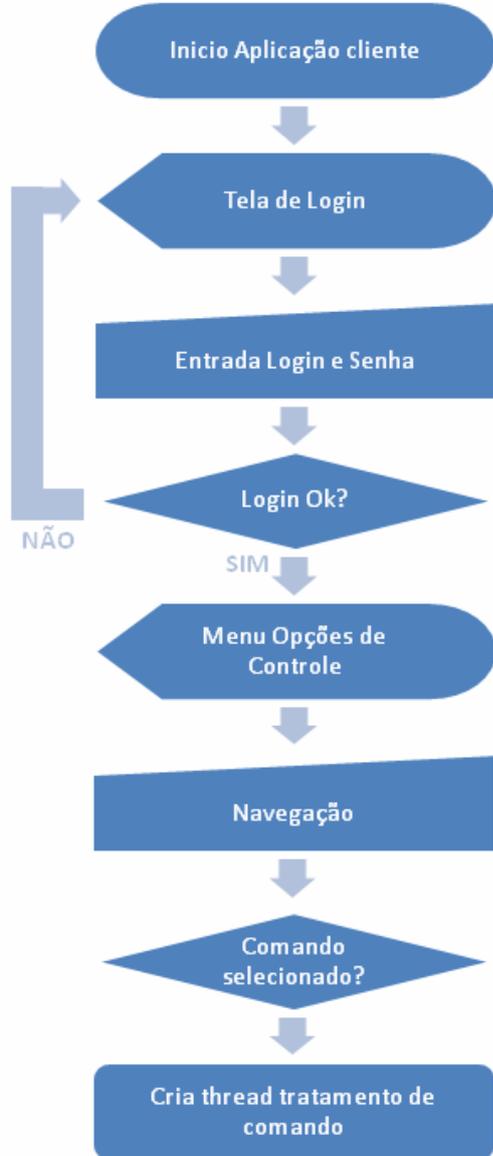


FIGURA 8 – Aplicação cliente.

Dentro dos menus de controle, ao escolher algum comando, o usuário gera um evento que cria uma *thread* para tratamento de comando. A Figura 9 demonstra a rotina executada pela *thread*. Inicialmente o comando é identificado. Logo depois, é criado um pacote de dados com informações para a identificação do comando pela aplicação servidora. Então a *thread* configura uma conexão *Socket* Cliente com os últimos dados atualizados endereço IP e porta TCP da Conexão

Socket servidora, lidos a partir do registro de mensagens SMS.

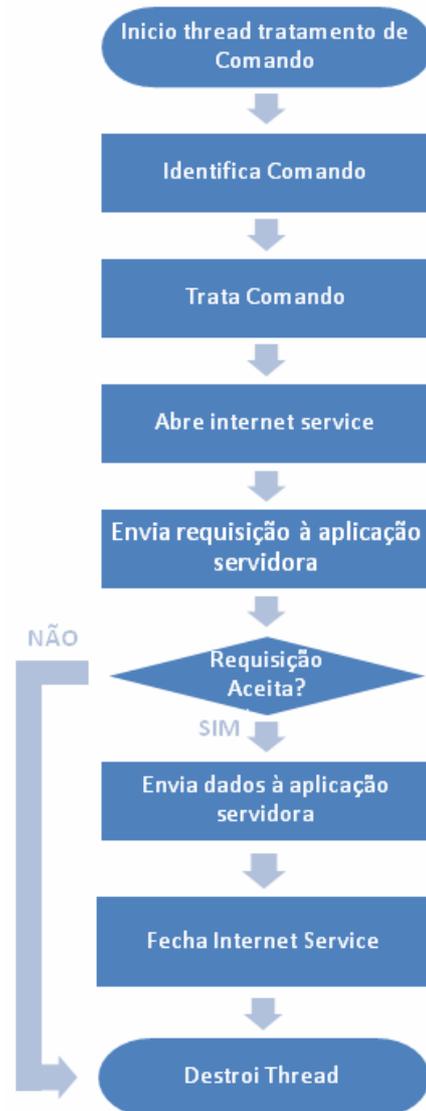


FIGURA 9 – Thread tratamento de comando.

Uma requisição é enviada à aplicação servidora. Se a requisição for aceita, o pacote de dados com informações sobre o comando é enviado à aplicação, que tratará esses dados da forma adequada. Se não houver mais dados para serem enviados ou recebidos, a conexão *Socket* é encerrada, e a *thread*, destruída.

3.3. Dispositivos e rede ZigBee

Os dispositivos utilizados para o desenvolvimento do sistema foram os módulos XBee série um da empresa MaxStream (Figura 10). São módulos que operam na faixa de frequência de 2,4 Ghz e que permitem fluxo de dados de até 250 kbps. A Tabela 1 contém as principais especificações dos módulos.



FIGURA 10 – Módulos Xbee Maxstream.

Fonte: DIGI INTERNATIONAL, 2009b, tradução nossa.

Estes dispositivos podem formar redes de três topologias diferentes: Estrela (*star*), Árvore (*cluster tree*) e Malha (*mesh*), conforme a Figura 11. Os mesmos podem ser configurados para atuarem na rede como dispositivos Coordenadores, Roteadores ou Dispositivos de Ponta, que são aqueles que se situam nas extremidades da rede, enviando e recebendo os dados dos sensores e atuadores.

Para efeitos de demonstração, foi configurada uma rede ponto-a-ponto com dois dispositivos, sendo que um deles está conectado à interface RS-232 do terminal TC-65, através de uma placa adaptadora desenvolvida. Este dispositivo é o responsável por receber/enviar dados para o *software* da aplicação servidora que roda no terminal TC-65, e enviá-los para outro dispositivo da outra ponta. O modo de comunicação escolhido foi o modo API.

Para simular as cargas e sensores de um ambiente residencial, foram conectadas ao dispositivo ZigBee da ponta quatro LEDs (cargas), e quatro chaves (sensores). Como em um ambiente residencial normalmente há várias cargas, é prevista a possibilidade de expandir a rede ZigBee, alterando a sua topologia e adicionando mais dispositivos, sendo que para isso são necessários alguns ajustes ao *software* da aplicação servidora.

TABELA 1 – Especificações módulo Xbee.

Especificação	Valores típicos
Desempenho	
Rendimento da Potência de saída	1 mW (0 dBm)
Alcance em ambientes internos/zonas urbanas	30 m
Alcance de RF em linha visível para ambientes externos	100 m
Sensibilidade do receptor	-92 dBm
Frequência de operação	ISM 2.4 GHz
Taxa de dados de RF	250.000 bps
Taxa de dados da Interface (Data Rate)	115.200 bps
Alimentação	
Tensão de alimentação	2,8 – 3,4 V
Corrente de transmissão (típico)	45 mA @ 3,3 V
Corrente de Recepção (típico)	50 mA @ 3,3 V
Corrente de Power-down Sleep	< 10 µA
Propriedades físicas	
Dimensões	(2,438 cm x 2,761 cm)
Peso	0,10 oz (3 g)
Temperatura de operação	-40 a 85 °C (industrial)
Opções de antena	Conector U.FL RF, Chip ou Chicote (whip)
Rede	
Tipo de espalhamento espectral	(Direct Sequence Spread Spectrum)
Manipulação de erro	Retransmite novamente (Retries) & reconhecimento (acknowledgements)
Topologia de Rede	Peer-to-peer (Par-a-par), ponto-a-ponto, ponto-a-multiponto e malha
Endereçamento	1.000 endereços de rede disponíveis para cada canal
Opções de filtros	PAN ID, canais e endereços
Criptografia	128-bit AES
Número de canais selecionáveis via software	16 canais de seqüência direta
Geral	
Faixa de frequência	2,4000 – 2,4835 GHz

Fonte: DIGI INTERNATIONAL, 2009a, tradução nossa.

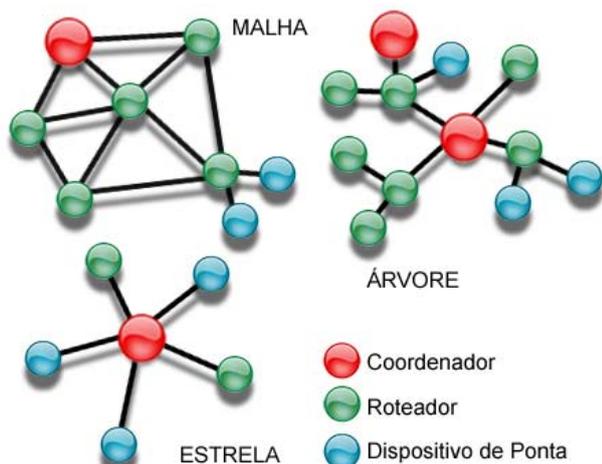


FIGURA 11 – Topologias de rede ZigBee.

Fonte: ZIGBEE ALLIANCE, 2009, tradução nossa.

3.4. Protótipo de hardware

O protótipo de hardware da Aplicação servidora (Figura 12) é composto pelo Terminal TC-65 e uma placa auxiliar desenvolvida para prover a interface serial RS-232 entre o controlador da rede ZigBee e o terminal (Figura 13).



FIGURA 12 – Terminal TC-65 e interface acoplada.

4. APLICAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação residencial é um setor da indústria eletroeletrônica em franca expansão e com grandes chances de se consolidar nos próximos anos.

Para tanto, devem ser criadas novas alternativas para prover os benefícios da automação residencial de forma mais simples, com menor custo e com foco nas tecnologias *wireless*. Nesse contexto, a tecnologia dos módulos M2M e dispositivos ZigBee formam em conjunto uma alternativa em potencial.

É possível citar algumas melhorias para o sistema desenvolvido, que podem ser alvo de um trabalho futuro, tal como a criação um software visual de interface com o PC que permita a configuração pelo usuário dos setores residenciais e variáveis a serem gerenciadas.

O software cliente também pode ser ampliado de forma a ser compatível com um maior número de dispositivos portáteis.



FIGURA 13 – Placa de Interface RS-232.

REFERÊNCIAS

- ABI RESEARCH. Disponível em: <<http://www.abiresearch.org>>. Acesso em: 18 nov. 2008.
- AURESIDE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br>>. Acesso em: 21 jan. 2007.
- DIGI INTERNATIONAL. **XBee®/XBee-PRO® OEM RF Modules – Product Manual v1.xCx**. Disponível em: <http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000982_A.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2009a.
- DIGI INTERNATIONAL. Disponível em: <<http://www.digi.com>>. Acesso em: 20 fev. 2009b.
- GUJ. Disponível em: <<http://www.guj.com.br>>. Acesso em: 17 jul. 2008.
- IEEE – INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE 804.15.4 Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)**. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4d-2009.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2009.
- KEOGH, J. **J2ME: The Complete Reference**. McGraw-Hill/Osborne. 2003.
- MUCHOW, J. C. **Core J2ME™ Technology & MIDP. 2**. Prentice Hall PTR. December 21, 2001.
- NETBEANS. Disponível em: <<http://www.netbeans.org/kb/trails/mobility.html>>. Acesso em: 10 out. 2008.
- ZIGBEE ALLIANCE. Disponível em: <<http://www.zigbee.org>>. Acesso em: 12 fev. 2009.