



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E AUTOMAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Sistema para Controle e Supervisão Remota para Automação Residencial

Aluna: Kalinne Rayana Cavalcanti Pereira

Orientador: Prof. André Laurindo Maitelli

Natal/RN, 01 de Dezembro de 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E AUTOMAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Sistema para Controle e Supervisão Remota para Automação Residencial

Trabalho de Conclusão de Curso, submetido ao Departamento de Engenharia de Computação e Automação do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Graduada.

Aluna: Kalinne Rayana Cavalcanti Pereira

Orientador: Prof. André Laurindo Maitelli

Natal/RN, 01 de Dezembro de 2009

Fizeram parte da Banca examinadora deste trabalho os seguintes:

Prof. André Laurindo Maitelli

Prof. Doutor do Departamento de Engenharia de Computação e Automação - UFRN

Prof. Fábio Meneghetti Ugolino de Araújo

Prof. Doutor do Departamento de Engenharia de Computação e Automação - UFRN

Eng^a Danise Suzy da Silva

Engenheira Mestre em Engenharia Elétrica e Computação- UFRN

Natal/RN, 01 de Dezembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me proporcionar paz e serenidade para enfrentar os obstáculos e superar os desafios.

A minha família e, sobretudo aos meus pais, Aldeneide e João, por todos os anos de incentivo, força e ensinamentos.

A minha irmã, Katianne, pelo carinho, incentivo e apoio sempre demonstrados.

A Rose que sempre esteve presente em todas as fases da minha vida.

Aos meus amigos, em especial Marília, Priscila Medeiros, Lucianna, Gisa, Carol, Suzana, Juliana, Mariana, Priscilla Teixeira e Madson que se fazem tão presentes no meu dia-a-dia, pela amizade e por fazerem minha vida melhor.

A Renan por ser um ótimo amigo e companheiro de estudos e por ter me ajudado tanto ao longo da graduação e na realização deste trabalho.

Aos professores do DCA, em especial ao meu orientador, Maitelli, por acreditar em mim e por tantas vezes ter me incentivado e me acompanhado ao longo do curso.

Aos amigos do LAUT, em especial aos colegas do projeto REDICONT com os quais aprendi muito.

A todos da Comunidade Católica Reviver pela Misericórdia pelos momentos de paz e descontração que me proporcionaram.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Dentro do âmbito da automação residencial, viu-se a necessidade de desenvolver um aplicativo que se comunica com um celular, aqui chamado de servidor, através de mensagens de texto curtas, SMS. Essas mensagens contêm informações para que alguma ação seja realizada num determinado programa de controle de automação residencial, como acender ou apagar luzes, ligar ou desligar equipamentos como condicionadores de ar e persianas motorizadas.

Através do programa também é possível realizar ações e instantaneamente enviar mensagens de texto para o celular do usuário avisando qual ação ocorreu.

Esse aplicativo foi implementado no Borland Builder C++ dentro de um projeto já existente criado por outra autora (Silva, 2009) e serve de complemento deste para o monitoramento de luzes e equipamentos por mensagens de texto. O celular servidor, usado como modem GSM, se comunica com o programa através de comandos AT pela porta serial do computador.

Palavras chaves: SMS, celular, GSM, comando AT, porta serial

ABSTRACT

Among home automation, it has been noticed the necessity of develop a software that establishes a communication with a cell phone, in this context called “server”, through short messages, SMS. Those messages contain some information so that an action can be done in a certain home automation program, like turn on or turn off lights, turn on or turn off equipments as air conditioner and motorized blinds.

Through the program it is also possible to make actions and instantly send text messages to the user cell phone, telling which action has occurred.

That software was implemented in the Borland Builder C++, inside a pre-existent project created by another author (Silva, 2009), functioning as its complement to monitor lights and equipments through text messages. The server cell phone, used as GSM model, communicates with the program through AT commands by the computer serial door.

Keywords: SMS, cell phone, GSM, AT command, serial door.

SUMÁRIO

Sumário

Lista de Figuras

i

Lista de Tabelas

ii

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Motivação	2
1.3 Organização do documento.....	3
2. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	4
3. METODOLOGIA	7
3.1 Arquitetura do sistema.....	7
3.2 Rede GSM	7
3.2.1 Estação Móvel (MS).....	8
3.2.2 Sistema de Estação Base (BSS).....	9
3.2.3 Sistema de Comutação de Rede (NSS).....	10
3.3 Modem GSM.....	12
3.4 Comandos AT.....	14
3.5 SMS (<i>Short Message Service</i>).....	16
3.6 Comunicação serial	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO	26
5.1 Perspectivas futuras	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Integrador de sistemas de automação residencial	4
Figura 3.1 – Arquitetura de comunicação	7
Figura 3.2 – Arquitetura da rede GSM	8
Figura 3.3 – Formato do IMEI	11
Figura 3.4 – Taxa de transferência (<i>Baud Rate</i>)	17
Figura 3.5 – Sistema Assíncrono	19
Figura 3.6 – Configuração da comunicação serial	20
Figura 4.1 – Fluxograma do sistema implementado	21
Figura 4.2 – Tela inicial do programa	22
Figura 4.3 – Canal de comunicação aberto	23
Figura 4.4 – Instruções recebidas	24
Figura 4.5 – Envio de mensagens de texto	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Principais comandos AT utilizados no sistema	15
Tabela 3.2 – Mensagens SMS aceitas pelo modem	16

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas vem ocorrendo algumas mudanças no perfil demográfico e nos hábitos da população brasileira, destacando-se o aumento da expectativa de vida, a redução do número de filhos, o aumento da mão-de-obra feminina no mercado de trabalho, assim como o crescimento da violência nas cidades o que implica significativamente para a promoção do isolamento das pessoas em suas residências. Esses fatores refletem-se diretamente nas novas necessidades das moradias das famílias, devendo ser considerados na concepção dos novos projetos habitacionais.

De acordo com Amory e col. (2001), por automação predial entende-se a capacidade de se executar comandos, obter medidas, regular parâmetros e controlar funções de uma casa automaticamente.

Em geral, os sistemas de automação residencial são compostos de uma rede de comunicação que permite a interconexão de uma série de dispositivos, equipamentos e outros sistemas, com o objetivo de obter informações sobre o ambiente residencial e o meio em que ele se insere, e efetuando determinadas ações a fim de supervisioná-lo ou gerenciá-lo.

O sistema de automação residencial, quando bem integrado e conectado às redes externas de telefonia, TV a cabo, Internet e energia possibilita ou potencializa aplicações, como: segurança, gestão de energia, comunicação, automação de tarefas domésticas, educação e entretenimento; escritório em casa, conforto ambiental, gerenciamento e supervisão das instalações (Dias e col., 2004).

Nos dias de hoje, com a crescente evolução da tecnologia, a comunicação via aparelhos celulares se tornou bastante difundida entre pessoas de todas as idades e classes sociais. A comunicação por voz passou a ser apenas um de seus serviços e diversas novas funções desse sistema estão disponíveis ou estão em pleno desenvolvimento, dentre as quais se destacam: acesso à internet sem fio, serviços de mensagens de texto, multimídia e telemetria.

Essa diversificação de funções é devido a uma série de características da rede de telefonia celular que a torna muito interessante para diversas classes de aplicações que possui características como: extensa infraestrutura de cobertura urbana e a possibilidade de comunicação sem fio com mobilidade e em qualquer lugar coberto pelo sistema.

O constante crescimento das redes de telefonia móveis no mundo atual permite que cada vez mais aplicações sejam desenvolvidas utilizando a tecnologia GSM/GPRS. A GSM é uma tecnologia de comunicação que experimentou um grande crescimento nos últimos tempos, sendo utilizada por 29% da população mundial. Esse crescimento faz com que todas as tecnologias associadas a ela também cresçam na mesma proporção (Marques e col., 2008).

Observando esse crescimento das redes móveis e a disponibilidade de novos recursos, como os serviços de mensagem curta de texto (SMS, da expressão em inglês: *Short Message Service*), vimos que, além de se utilizar o celular como um meio eficaz de comunicação, pode-se vislumbrar, através de pesquisas aplicadas, novas aplicações bastante proveitosas para a sociedade, como o monitoramento remoto de ambientes (Menezes e col., 2007).

É neste cenário tecnológico que este trabalho propõe um sistema para controle e supervisão remota para automação residencial, capaz de controlar ambientes a distância e ter acesso as informações restritas de uma residência quando algum evento ocorrer, como ligar ou desligar uma lâmpada, persiana ou até mesmo acionamento de alarme.

1.1 Objetivos

O objetivo principal do trabalho proposto é desenvolver um sistema que estabeleça comunicação entre um celular GSM e uma solução de automação, apresentando e descrevendo os passos realizados.

O sistema em questão constitui de uma solução eficiente, de fácil uso e de baixo custo, que visa aumentar a comodidade e segurança dos usuários que possuem sistemas de automação residencial em suas casas.

1.2 Motivação

Os sistemas de telemetria estão cada vez mais presentes em grades empresas e estabelecimentos. Com o avanço da tecnologia, surge a necessidade de trazer esses tipos de sistemas para monitoramento de ambientes.

Os sistemas de telemetria modernos estão usando cada vez mais as tecnologias da rede GSM em suas aplicações. Há alguns anos, a grande maioria dos sistemas fazia o monitoramento através da internet e o usuário precisava navegar na web para obter as informações desejadas e os alarmes só poderiam ser enviados por e-mail. Com a

tecnologia GSM, tudo pode ser feito através do celular, facilitando a vida dos usuários e tornando o processo mais rápido e flexível, sem contar que o usuário pode se comunicar com o sistema de qualquer lugar onde haja cobertura da rede GSM (Amory e Júnior, 2001).

A grande motivação está no apelo comercial, pois esse sistema pode ser utilizado como um diferencial para empresas que atuam em automação residencial no mercado, haja vista que a quantidade de empresas que possuem essa solução é muito restrita.

1.3 Organização do documento

Este documento é composto por 5 capítulos, cada um apresentado da seguinte forma:

O capítulo 1 dá uma introdução sobre alguns conceitos de automação residencial e sobre os celulares que usam a rede GSM. Além disso, mostra os objetivos e motivação a desenvolver o sistema.

O capítulo 2 apresenta uma visão mais aprofundada sobre automação residencial interligando com o trabalho proposto.

O capítulo 3 descreve toda a metodologia envolvida no trabalho e é composto por 6 subtópicos começando pela arquitetura do sistema. Depois será abordado sobre a rede GSM, modem GSM, comandos AT, SMS e comunicação serial.

O capítulo 4 envolve toda a parte de resultados descrevendo todo o sistema desenvolvido.

O capítulo 5 apresenta as conclusões deste trabalho sobre o sistema desenvolvido e pelas pesquisas realizadas, bem como perspectivas futuras de melhoria para o sistema.

2. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A automação pode ser definida de maneira simplificada como sendo qualquer sistema que substitua ou facilite o trabalho humano. A automação residencial pode substituir o homem em diversas atividades rotineiras de forma a propiciar uma otimização nas condições de vida de uma casa.

A automação predial e residencial nasceu a partir da automação industrial, conhecida e difundida há mais tempo. A realidade dos dois tipos de arquitetura é bem diferente, e conseqüentemente têm sido criados sistemas dedicados para ambientes prediais, onde não se dispõe de espaço para grandes centrais controladoras e extensos sistemas de cabeamento para que possam ser facilmente instalados em residências.

Em uma residência podem ser encontrados equipamentos multifuncionais que geram diversos tipos de tráfego na rede como o multimídia até o tráfego de telemetria podendo ser utilizados por pessoas que não necessariamente precisam ter qualquer conhecimento técnico.

As residências atualmente possuem diversos cabeamentos e dispositivos autônomos que executam tarefas determinadas como telefonia, informática, rede elétrica, segurança, iluminação, climatização, hidráulica e gás, controle predial e entretenimento (Bolzani, 2004).

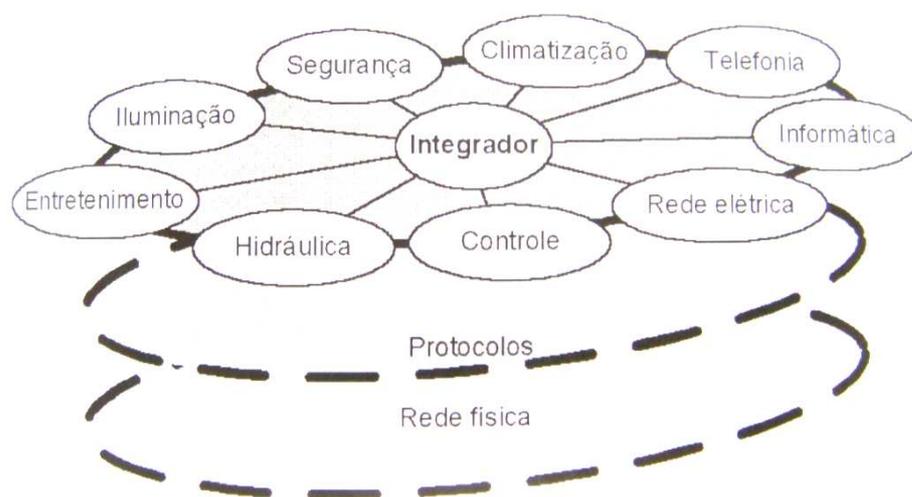


Figura 2.1 – Integrador de sistemas de automação residencial.

De acordo com Bolzani (2004), a figura 2.1 acima exemplifica como as camadas de uma rede doméstica trabalham conjuntas. No centro, o profissional integrador de sistemas residenciais é o responsável pela harmonia e interoperabilidade de todo o conjunto.

A influência da tecnologia gerou nos últimos anos um novo modelo de sociedade e modificou enormemente a maneira como vivemos, trabalhamos e ocupamos o nosso tempo. Os métodos de trabalho, atividades de lazer e o acesso à informação são exemplos evidentes da mudança verificada na última década.

As necessidades que há uns anos eram convenientes, agora são consideradas básicas. As novas tendências da arquitetura, construção e instalação têm modificado esse conceito fazendo-o evoluir. O grande objetivo da automação residencial é satisfazer essas necessidades básicas dos ocupantes de uma edificação, seja residência ou edifício. Melhorar a qualidade de vida, proporcionar redução do trabalho doméstico, aumentar o bem estar, economia de tempo e dinheiro e a segurança de seus habitantes são alguns dos benefícios que a automação pode oferecer.

O gerenciamento do consumo de energia e água, os controles de iluminação, acesso, climatização, comunicação e informática integrados e comandados por um único sistema de automação, têm demonstrado a possibilidade de tornar o ambiente de trabalho mais produtivo, saudável e eficiente. Esses benefícios, que, conforme Dias (2004) contribuem para o aumento da produção, para assim reduzir os custos operacionais, refletem-se em resultados financeiros, razão pela qual a tecnologia da automação foi incorporada, com mais facilidade, às edificações industriais e comerciais que às habitacionais.

Usamos essa tecnologia a qualquer hora e em qualquer lugar, seja no trabalho lendo e-mails, acessando um banco de dados ou imprimindo documentos. É comum não se lembrar da estrutura de rede de computadores que está por trás disto tudo. Os computadores, de certa forma, escondem toda a parafernália de cabos e equipamentos que permitem a comunicação entre eles, tornando a rede invisível. O conceito de redes, no entanto, está migrando dos escritórios para as residências, abrindo um grande mercado com inúmeras oportunidades (Bolzani, 2004).

Hoje em dia, construir com algum diferencial é uma ferramenta de marketing para o setor, além de agregar valor ao empreendimento, porque embora não se precise de todos os sistemas numa casa ainda em fase de construção, deve-se criar uma infraestrutura que comporte essas necessidades, a fim de que num futuro próximo possa ser instalado qualquer tipo de equipamento para aperfeiçoar os sistemas já integrados. Em geral, os mais jovens buscam novidade; e os mais idosos segurança, ambos encontrados nos sistemas de automação predial.

A automação residencial também tem mostrado que a integração de dispositivos eletroeletrônicos e eletromecânicos aumenta consideravelmente os benefícios se comparados com os sistemas isolados, de eficiência limitada.

Para Lipovestsky (2005), o mercado entrou em outra fase da modernidade, ganhando um novo aspecto, deixando para trás a ostentação, para preocupar-se mais com a qualidade de vida, o que o autor denomina de “luxo emocional”, em que cada pessoa procura investir naquilo que lhe oferece prazer. “Vivemos numa sociedade de consumo alimentada pela autonomia do indivíduo. Ela valoriza o bem estar, as necessidades individuais.”

Segundo Dias e col. (2004), o conforto, a praticidade e outras facilidades oferecidas pelos avanços tecnológicos nas rotinas diárias domésticas do cidadão comum, conseguem mudar definitivamente seus hábitos. Dificilmente alguém que se acostuma a operar sua TV por controle remoto, numa nova aquisição, fará opção por uma que não possua esta funcionalidade, assim como quem aprende a redigir um texto num microcomputador não deseja voltar a utilizar uma máquina de escrever.

A idéia de telemetria se deve a capacidade de controlar algum dispositivo remotamente. Unindo esse conceito com o de automação residencial surge a idéia de interligar a rede interna de uma casa com a rede externa à casa, seja por meio da internet ou do telefone celular, de forma que os moradores da residência possam controlar, monitorar e administrar seu lar a distância.

Além de controlar a residência por controles remotos já conhecidos, como os de TV, também é possível supervisionar e controlar a casa através de celulares via mensagens de texto, seja para fechar uma porta que ficou aberta, liberar o acesso para alguém entrar em casa, ligar ou desligar luzes, encher banheira, entre outros serviços disponíveis com a integração de sistemas residenciais.

Para aumentar ainda mais a proteção de uma residência também é possível enviar mensagens de texto para o morador sempre que uma ação for realizada através de algum dispositivo interligado ao sistema, como se fosse um alarme de segurança.

O serviço de controlar e supervisionar uma edificação mesmo a distância através de celulares por mensagens de texto é a solução proposta para este trabalho. Esta apresenta baixo custo e pode ser usada facilmente em qualquer ambiente onde haja integração de sistemas prediais ou residenciais onde se deseja controlar remotamente.

3. METODOLOGIA

3.1 Arquitetura do sistema

O sistema será implementado pela comunicação mostrada na figura 3.1 abaixo.

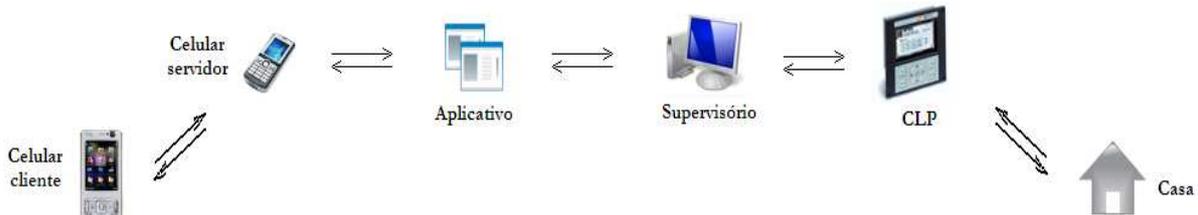


Figura 3.1 – Arquitetura de comunicação.

Em palavras, a comunicação é feita através de um celular que por mensagem de texto irá enviar/receber comandos para o celular servidor. Este, que é reconhecido como um modem GSM estará ligado diretamente a um computador o qual terá o aplicativo instalado e se comunicará com um software supervisorio através de mensagens de texto curtas (SMS). Este por sua vez, se liga ao Controlador Lógico Programável (CLP) que estará instalado na casa do usuário e conterá toda a lógica de automação dos ambientes da residência.

O software supervisorio utilizado nesse projeto foi desenvolvido com o propósito de controlar os sistemas de iluminação, persianas e condicionador de ar através de um CLP (Silva, 2009). O foco principal do trabalho é no aplicativo desenvolvido para realizar a comunicação entre esse software e um celular, sendo, portanto o único desenvolvimento realizado, já que o software supervisorio já tinha sido implementado por outra autora.

3.2 Rede GSM

A rede GSM (*Global System for Mobile Communication*) teve como objetivo unificar os padrões de telefonia celular, sendo o primeiro padrão digital a operar comercialmente e hoje é muito utilizada ao redor do mundo, abrangendo todos os continentes. 75% de todos os telefones digitais usam GSM e é utilizado por mais de 200 países em todo o mundo.

A tecnologia GSM foi desenvolvida para suporte de voz, serviços de dados e mensagens curtas, com boa qualidade e baixo custo. Possui grande mobilidade que dá acesso internacional e usa cartão de chip permitindo o uso de pontos de acesso de diferentes provedores.

A figura 3.2 (Sverzut, 2008) mostra a arquitetura de uma rede com o padrão GSM composta por 4 componentes formando uma PLMN (*Public Land Mobile Network* - Rede Móvel Pública Terrestre). Os componentes apresentados são: MS (*Mobile Station* - Estação Móvel), BSS (*Base Station System* - Sistema de Estação de Base), NSS (*Network Switching System* - Sistema de Comutação de Redes) e OMS (*Operations and Maintenance System* - Sistema de Operação e Manutenção). As interligações desses componentes serão descritos a seguir.

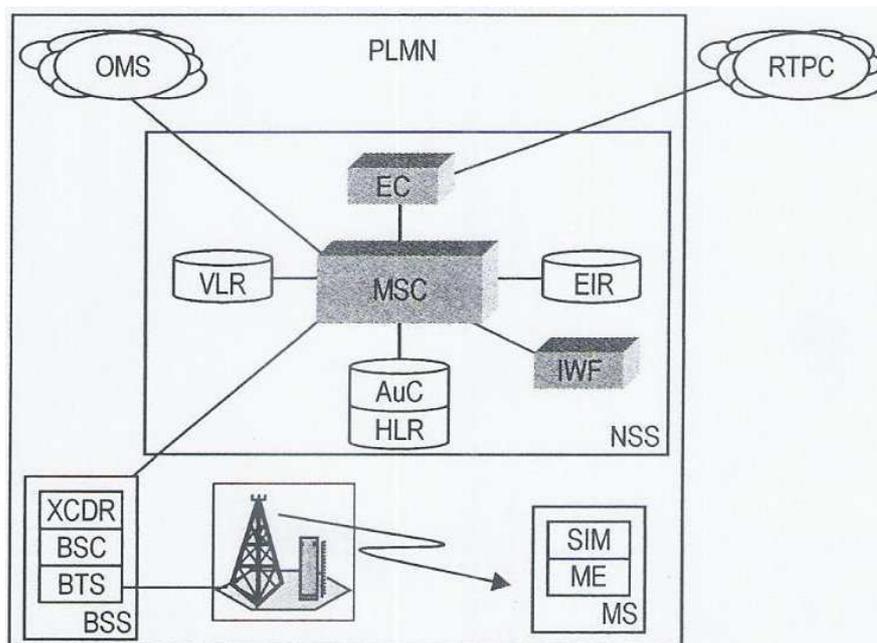


Figura 3.2 – Arquitetura da rede GSM.

3.2.1 Estação Móvel (MS)

Segundo Santos (2008), a estação móvel é constituída de um equipamento móvel (*Mobile Equipment*- ME) e um módulo de identidade do assinante (*Subscriber Identity Module* - SIM), geralmente um chip. O cartão SIM armazena entre outras informações um número de 15 dígitos que identifica unicamente um assinante, denominado IMSI¹. Já o aparelho móvel é identificado pelo IMEI², atribuído pelo fabricante (Ferreira, 2005).

¹International Mobile Subscriber Identity: Identidade Internacional do Assinante Móvel.

² International Mobile Station Equipment Identity: Identidade Internacional do Equipamento Móvel

O processamento e a tarifação das chamadas são realizados a partir das informações contidas no cartão SIM e não no MS. Portanto, para obter uma linha habilitada em um MS, é necessário adquirir um cartão SIM com uma operadora de telefonia celular, o qual poderá ser usado em qualquer região que possua um terminal GSM compatível com o sistema da operadora (Oliveira, 2009).

3.2.2 Sistema de Estação Base (BSS)

O Sistema de Estação Base é responsável por conectar a estação móvel (MS) com o sistema de comutação de rede (NSS). A MS envia um sinal à BSS, que o capta e dele extrai as informações. Essas informações são enviadas à rede. No outro sentido, o BSS recebe os dados vindos da rede, e constrói um sinal cujas informações a MS é capaz de extrair.

O BSS é constituído por três elementos. A Estação Transceptora Base (BTS) para captar sinais da MS e enviar outros para a mesma, o Controlador de Estação Base (BSC) para comandar o BTS e se comunicar com a rede e o transcodificador que auxilia o BSC na comunicação com a MSC. Santos (2008) os descreve abaixo:

3.2.2.1 Estação Transceptora Base (BTS)

A BTS (*Base Transceiver Station*) implementa conexões com as MSs através da interface aérea. É basicamente formada por *hardware* de radiofrequência e de antenas. Essas estações ficam sempre interligadas a BSC, e ambos realizam funções de gerência dos canais de tráfego e controle na interface aérea.

3.2.2.2 Controlador de Estação Base (BSC)

O BSC (*Base Station Controller*) é responsável por controlar um grupo de estações transceptoras base (BTSs). Todas as operações de uma BTS são comandadas pelo respectivo BSC. Através de uma matriz de comutação digital, as BSCs conectam os canais de RF com os circuitos terrestres provenientes da central de comutação celular (MSC), um componente do sistema de comutação de rede. Com essa técnica, o BSC é

capaz de realizar *handovers*³ entre os canais de RF independente da MSC, o que otimiza o tráfego na interface aérea e reduz o trabalho da MSC.

3.2.2.3 Transcodificador (XCDR)

A MSC envia sinais de voz a uma taxa de 64 Kbits/s. Se os canais de voz PCM⁴ a essa taxa fossem transmitidos direto na interface aérea, sem modificação, iriam ocupar uma faixa muito extensa da banda de RF, o que diminuiria o número de possíveis canais de voz na interface aérea.

O XCDR é o responsável por converter sinais de voz de 64 Kbits/s em sinais de 16 Kbits/s que podem ser enviados na interface aérea. A transmissão de dados não passa pelo processo de transcodificação, é apenas adaptada de 9,6 Kbits/s para 16 Kbits/s, com 3 Kbits/s de controle. Para isso, utiliza algoritmos de codificação, padronizados no GSM, como o algoritmo de taxa plena.

3.2.3 Sistema de Comutação de Rede (NSS)

O sistema de comutação de rede gerencia as funções de comutação dos canais de comunicação entre duas BSSs, controle de mobilidade e base de dados dos assinantes da rede GSM. O NSS é composto por central de comutação celular, registro de localização local, centro de autenticação, registro de localização de visitante, registro de identidade do equipamento, função de interfuncionamento e supressor de eco.

3.2.3.1 Central de Comutação Celular (MSC)

A MSC é o componente central do sistema de comutação de rede, responsável pelo processamento de chamadas, operação e supervisão do sistema GSM, tarifação e interconexão entre a rede GSM e demais redes, como a rede pública de telefonia fixa.

Para realizar todas essas funções, a MSC precisa estar conectada aos bancos de dados de todas essas informações. Dois componentes contêm grande parte dessas informações: o HLR e o VLR.

³ *Handover* é o procedimento empregado em redes sem fio para tratar a transição de uma unidade móvel (UM) de uma célula para outra de forma transparente ao utilizador.

⁴ Modulação por código de pulso é uma representação digital de um sinal analógico no qual a magnitude do sinal é obtida em intervalos regulares e então transformada em uma série de símbolos em código digital (geralmente binário).

3.2.3.2 Registro de localização local (HLR)

O registro de localização local é responsável pela administração da base de dados dos assinantes locais. Esses dados são acessados remotamente pelo MSC e pelo VLR. Quando um serviço GSM é contratado, o assinante é cadastrado no HLR de sua operadora. Ali estão informações de serviços disponíveis para este usuário, IMSI, estado (registrado ou não), chave de autenticação, localização e serviços suplementares associados ao assinante.

3.2.3.3 Registro de localização do visitante (VLR)

O registro de localização de visitante é o responsável por manter, por um tempo determinado (definido pelo operador de rede), informações sobre os assinantes visitantes que estejam conectados na rede, como estado da estação móvel, identidade da área de localização (LAI), identidade temporária do assinante móvel (TMSI) e número da estação móvel visitante (MSRN).

3.2.3.4 Centro de Autenticação (AuC)

O centro de autenticação normalmente fica instalado no mesmo hardware do HLR e é responsável pelas funções de autenticação e criptografia de mensagens para impedir ataques na rede. Ele fornece alguns parâmetros para autenticação, enviando estes dados ao HLR que, por sua vez, reenvia ao VLR.

3.2.3.5 Registro de identidade do equipamento (EIR)

O registro de identidade do equipamento é uma base de dados contendo os números IMEI dos equipamentos. A base de dados do EIR é formada por três listas: lista branca, contendo todos os IMEIs de MSs habilitadas a utilizar o sistema, a lista negra, que contém os IMEIs de MSs que não estão habilitadas a utilizar o sistema, como por exemplo, MS roubada e a lista cinza, contendo os IMEIs de MSs com algum tipo de problema ou pendência, mas que não justifica a entrada das mesmas na lista negra.

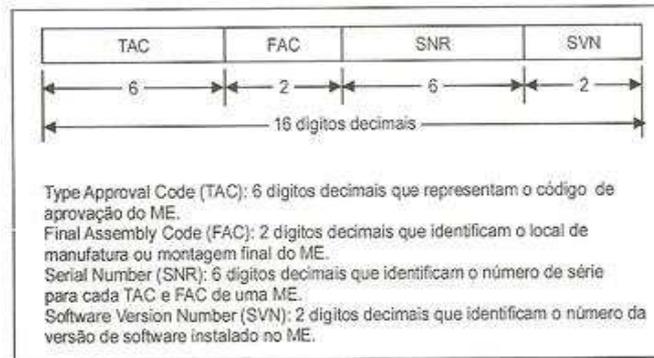


Figura 3.3 – Formato do IMEI.

3.2.3.6 Supressor de Eco (EC)

O supressor de eco é responsável por eliminar o efeito de eco presente nas conexões entre a MSC e a RTPC. Esse efeito acontece quando um sinal de voz chega a um tempo errado, superposto a outro sinal no tempo certo. Atrasos de propagação na interface aérea, ou provocados pelo processo de transcodificação podem gerar esse problema.

3.2.3.7 Função de Interfuncionamento (IWF)

O IWF (*InternetWorking Function*) é responsável por interfacear a rede GSM com outras redes de dados, como a internet, por exemplo. É sua função adaptar a taxa de dados e converter os protocolos quando necessário. Essas atividades são realizadas por um conjunto de modems.

3.2.3.8 Sistema de Operação e Manutenção (OMS)

O sistema de operação e manutenção administra, opera, mantém e supervisiona os elementos da rede GSM. Isso é feito ora de forma centralizada, ora de forma remota.

3.3 Modem GSM

Modem é um dispositivo que envia dados digitais através de uma linha telefônica. A palavra modem se originou do fato desses equipamentos transformarem informações digitais em analógica através da “modulação” para envio através de linha telefônica a outro modem que “demodulava” essa informação analógica em digital novamente. Relativamente aos módulos de comunicação de rádio frequência, os

modems são significativamente mais baratos, além de não apresentarem limitações na potência de transmissão ou na gama de frequências utilizáveis.

Os primeiros modems convertiam os dados digitais em sinais de áudio aos quais eram transmitidos com o uso do fone existente nos aparelhos telefônicos. Os modems modernos colocam diretamente os dados na linha telefônica, mas o princípio usado é o mesmo. Há dois tipos de modem como podemos ver a seguir:

- Modem Interno: Placa adaptadora conectada a um dos slots de expansão do PC com conectores.

- Gabinete separado tendo seu próprio suprimento de energia: Conecta-se a uma das portas seriais do PC com cabo apropriado enquanto que o interno possui circuitos próprios incorporados de porta serial.

Se compararmos um modem GSM com um modem externo para PC, basicamente ele terá os mesmos elementos, diferenciando que em vez de estar conectado a uma linha de telefone fixa, está conectado a uma rede de telefonia celular e também de ter a necessidade de utilizar um cartão SIM.

A maior característica é a velocidade de transmissão (Baud⁵), porém os fabricantes preferem lidar com o bps (bits por segundo), que é mais precisa. A compressão de dados é uma técnica através do qual o modem transmissor comprime os dados em um formato mais compacto antes de enviá-los. Em seguida, o modem receptor descomprime os dados de volta ao estado original e determina se os dados foram recebidos isentos de erros. Caso detecte algum erro, os dados poderão ser reconstituídos ou retransmitidos.

Os modems modernos providos de vários recursos inteligentes ao estabelecerem a conexão “negociam” e decidem quais os valores mais apropriados para a velocidade de transmissão. Caso ocorra algum problema durante a transmissão, como ruídos, os modems podem renegociar e reduzir a transmissão para uma menor velocidade.

A maior parte dos modems reconhece o *Hayes Standard AT Command Set*⁶ desenvolvido pela *Hayes Microcomputer Products* para uso dos modems da sua fabricação, porém transformado num comando de fato industrial, pois em quase todos os casos quando se quer criar um programa de controle direto do modem temos que

⁵ Baud Rate é o termo original, que é uma medida de velocidade de transmissão de dados e será mais detalhada na seção de comunicação serial.

⁶ Conjunto padrão *Hayes* de comandos AT.

lidar com o conjunto AT de comandos, ou seja, a troca de informações entre um computador e um modem ligado a porta série utiliza frequentemente comandos AT.

A maneira mais fácil de trabalhar com um modem GSM e seus recursos, é conectá-lo a um PC através de uma porta serial e utilizar um software emulador de terminal, como por exemplo, o Hyperterminal do Windows.

Dessa maneira, os comandos ATs podem ser digitados no Hyperterminal que enviará para o modem através da porta serial e receberá as respostas dos comandos mostrando na tela do Hyperterminal.

Geralmente o modem vem de fábrica configurado para “autobanding”, ou seja, automaticamente detecta a velocidade da serial. Com isso, a velocidade será respondida a qualquer velocidade que estiver configurado o Hyperterminal. Porém, uma vez fixada à velocidade do modem, o Hyperterminal deve estar ajustado nessa velocidade também, senão o modem não irá entender e nem responder aos comandos.

Apesar dos modems GSM poderem operar com voz, geralmente eles são utilizados para transmissão de dados. Nesse caso podemos transmitir de três maneiras:

- SMS (*Short Message Service*): Conhecido no Brasil como torpedo ou mensagem de texto, as sms podem ser enviadas com até 160 caracteres para outro modem ou aparelho de telefone celular. Esse serviço é tarifado por mensagem enviada e será o serviço utilizado para transmissão dos dados no desenvolvimento do sistema em questão.

- Conexão CSD (*Circuit Switch Data*): Conexão de dados ponto a ponto para outro modem conectado a rede de telefonia celular ou fixa. Esse serviço é tarifado por tempo independente da quantidade de dados transmitidos, equivalente a uma ligação de voz.

- Conexão GPRS (*General Packet Radio System*): Conexão na rede de pacote de dados onde o serviço é tarifado pela quantidade de bytes transmitidos. O diferencial do serviço GPRS é a possibilidade de conexão a qualquer servidor conectado na Internet.

3.4 Comandos AT

O modem GSM utilizado como suporte servidor ao sistema foi o celular Motorola V191 que permite uso de comandos AT, já que se trata de um modem.

O standard AT é uma linguagem de comandos orientados por linhas. Todos os comandos são constituídos por três elementos: O prefixo (AT), o corpo do comando, e o caracter de fim de comando ou terminação.

É possível digitar mais de um comando numa mesma linha, podendo separá-los por espaços para facilitar a leitura. Os espaços são ignorados pelo interpretador de comandos do modem, mas estão incluídos na contagem de caracteres na linha de entrada.

Na maioria dos modems, o buffer de linha de comando aceita até 39 caracteres, incluindo A e T caracteres. Espaços, retorno de carro e qualquer caracteres de alimentação de linha não entram no buffer e não contam em relação a limitação de 39 caracteres. Se mais de 39 caracteres são inseridos ou um erro de sintaxe é encontrado em qualquer lugar na linha de comando, o modem retorna um código de resultado de erro e a entrada do comando será ignorada (Suporte Microsoft, 2004).

As respostas que o modem apresenta são:

- OK: Comando executado, sem erros;
- ERROR: Comando inválido ou muito extenso.

Os principais comandos AT utilizados no projeto são mostrados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Principais comandos AT utilizados no sistema.

Comando	Significado
AT	Comando básico para testar a comunicação.
AT+CMGF=1	Configura as mensagens SMS para o modo texto.
AT+CNMI=3,2	Esse comando permite que as SMS recebidas sejam encaminhadas pela porta serial.
AT+CNMA	Reconhece o recebimento de uma nova mensagem. Faz com que o modem mantenha a sua configuração das mensagens SMS.
AT+CMGS	Envia uma mensagem de texto SMS.
AT+CMGL	Lista todas as mensagens SMS recebidas.

3.5 SMS (*Short Message Service*)

De acordo com Silva (2005), os serviços de telemetria e telecomando através da rede de telefonia celular estão sendo considerados os mais promissores para os próximos anos, pois, em princípio, podem atuar em diversas áreas que envolvem a leitura remota de sinais elétricos proveniente de sensores e o acionamento de dispositivos de comandos.

A tecnologia de envio de SMS (mensagens de texto curtas) já é bastante conhecida em todo o mundo, visto que todos os celulares permitem troca de mensagens. É chamada de “curta”, pois se limita em 160 caracteres.

Devido às suas características, o serviço SMS é muito usado nos sistemas de telemetria existentes, aliando uma funcionalidade simples ao sistema. Geralmente as mensagens são utilizadas para requisitar informações do sistema, mas, em alguns casos, são também utilizadas para configurar o sistema ou até mesmo enviar e receber dados para controle e supervisão de automação.

O sistema apresentado utiliza o envio e recebimento de SMS para controlar um software supervisorio instalado numa determinada residência. O usuário se comunica com um modem GSM ligado pela porta serial do computador através de mensagens de texto. Essas mensagens terão comandos para acionar ou desligar lâmpadas, persianas e condicionador de ar. Além disso, quando alguma ação for realizada no supervisorio, uma SMS será enviada para o usuário informando essa ação.

Para o sistema também foram restringidos os números de telefone celulares os quais o sistema permite acesso. Ou seja, somente os números previamente cadastrados podem controlar ou supervisionar o supervisorio instalado na residência.

A seguir serão mostradas as mensagens habilitadas com alguma funcionalidade.

Tabela 3.2- Mensagens SMS aceitas pelo modem.

Mensagem	Funcionalidade
Luz b on	Acender a luz do banheiro
Luz b off	Apagar a luz do banheiro
Luz c on	Acender a luz da cozinha
Luz c off	Apagar a luz da cozinha
Luz e on	Acender a luz do escritório
Luz e off	Apagar a luz do escritório

Luz q on	Acender a luz do quarto
Luz q off	Apagar a luz do quarto
Luz s1 on	Acender a luz do lado esquerdo da sala
Luz s1 off	Apagar a luz do lado esquerdo da sala
Luz s2 on	Acender a luz do lado direito da sala
Luz s2 off	Apagar a luz do lado direito da sala
Per q on	Abrir a persiana do quarto
Per q off	Fechar a persiana do quarto
Ar e on	Ligar o ar condicionado do escritório
Ar e off	Desligar o ar condicionado do escritório

3.6 Comunicação Serial

Segundo Canzian (2009), a comunicação de dados estuda os meios de transmissão de mensagens digitais para dispositivos externos ao circuito originador da mensagem. Dispositivos externos são geralmente circuitos com fonte de alimentação independente dos circuitos relativos a um computador ou outra fonte de mensagens digitais. Como regra, a taxa de transmissão máxima permissível de uma mensagem é diretamente proporcional a potência do sinal, e inversamente proporcional ao ruído. A função de qualquer sistema de comunicação é fornecer a maior taxa de transmissão possível, com a menor potência e com o menor ruído possível.

A taxa de transferência refere-se à velocidade com que os dados são enviados através de um canal e é medido em transições elétricas por segundo. Na norma EIA232, ocorre uma transição de sinal por bit, e a taxa de transferência e a taxa de bit (bit rate) são idênticas. Nesse caso, uma taxa de 9600 bauds corresponde a uma transferência de 9600 dados por segundo, ou um período de aproximadamente, 104 ms ($1/9600$ s). Essa será a taxa de transmissão configurada para a comunicação.

Outro conceito importante é a eficiência do canal de comunicação que é definido como o número de bits de informação utilizável (dados) enviados através do canal por segundo. Ele não inclui bits de sincronismo, formatação, e detecção de erro que podem ser adicionados à informação antes da mensagem ser transmitida, e sempre será no máximo igual a um.

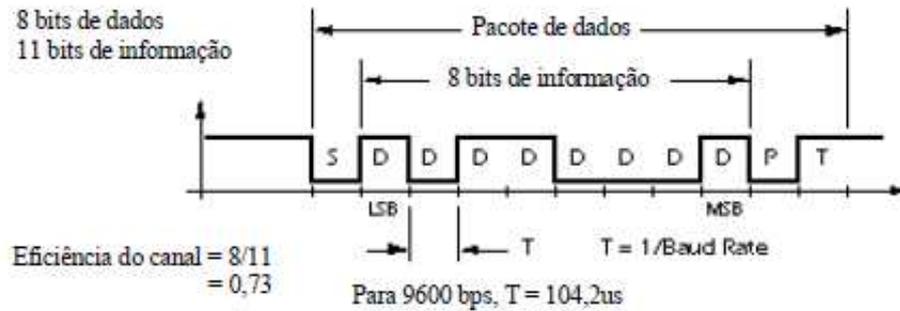


Figura 3.4 – Taxa de transferência (Baud Rate).

Na comunicação serial, os bits são transferidos um a um, através de um único par condutor. Os bytes a serem transmitidos são serializados, isto é, são "desmontados" bit a bit, e são individualmente transmitidos, um a um. Na outra extremidade do condutor, os bits são contados e quando formam 8 bits, são remontados, reconstituindo os bytes originais (Pulga, 2004).

Geralmente, dados serializados não são enviados de maneira uniforme através de um canal. Ao invés disso, os pacotes com informações regulares são enviados seguidos de uma pausa. Os pacotes de dados binários são enviados dessa maneira, possivelmente com comprimentos de pausa variável entre pacotes, até que a mensagem tenha sido totalmente transmitida. O circuito receptor dos dados deve saber o momento apropriado para ler os bits individuais desse canal, saber exatamente quando um pacote começa e quanto tempo decorre entre bits. Quando essa temporização for conhecida, o receptor é dito estar sincronizado com o transmissor, e a transferência de dados precisa torna-se possível.

Conforme Canzian (2009), duas técnicas básicas são empregadas para garantir a sincronização correta. Em sistemas síncronos, canais separados são usados para transmitir dados e informação de tempo. O canal de temporização transmite pulsos de clock para o receptor. Através da recepção de um pulso de clock, o receptor lê o canal de dado e armazena o valor do bit encontrado naquele momento. O canal de dados não é lido novamente até que o próximo pulso de clock chegue. Como o transmissor é responsável pelos pulsos de dados e de temporização, o receptor irá ler o canal de dados apenas quando comandado pelo transmissor, e, portanto a sincronização é garantida.

Existem técnicas que compõem o sinal de clock e de dados em um único canal. Isso é usual quando transmissões síncronas são enviadas através de um modem. Dois

métodos no qual os sinais de dados contêm informação de tempo são: codificação NRZ (*Non-Return-to-Zero*) e a codificação Manchester.

Em sistemas assíncronos, a informação trafega por um canal único. O transmissor e o receptor devem ser configurados antecipadamente para que a comunicação se estabeleça a contento. Um oscilador preciso no receptor irá gerar um sinal de clock interno que é igual (ou muito próximo) ao do transmissor. Para o protocolo serial mais comum, os dados são enviados em pequenos pacotes de 10 ou 11 bits, dos quais 8 constituem a mensagem.

Quando o canal está em repouso, o sinal correspondente no canal tem um nível lógico '1'. Um pacote de dados sempre começa com um nível lógico '0' (start bit – bit inicial) para sinalizar ao receptor que uma transmissão foi iniciada. O “start bit” inicializa um temporizador interno no receptor avisando que a transmissão começou e que serão necessários pulsos de clocks. Seguido do start bit, 8 bits de dados de mensagem são enviados na taxa de transmissão especificada. O pacote é concluído com os bits de paridade e de parada (stop bit). A cada novo pacote enviado, o “start bit” reseta a sincronização, portanto a pausa entre pacotes pode ser longa.

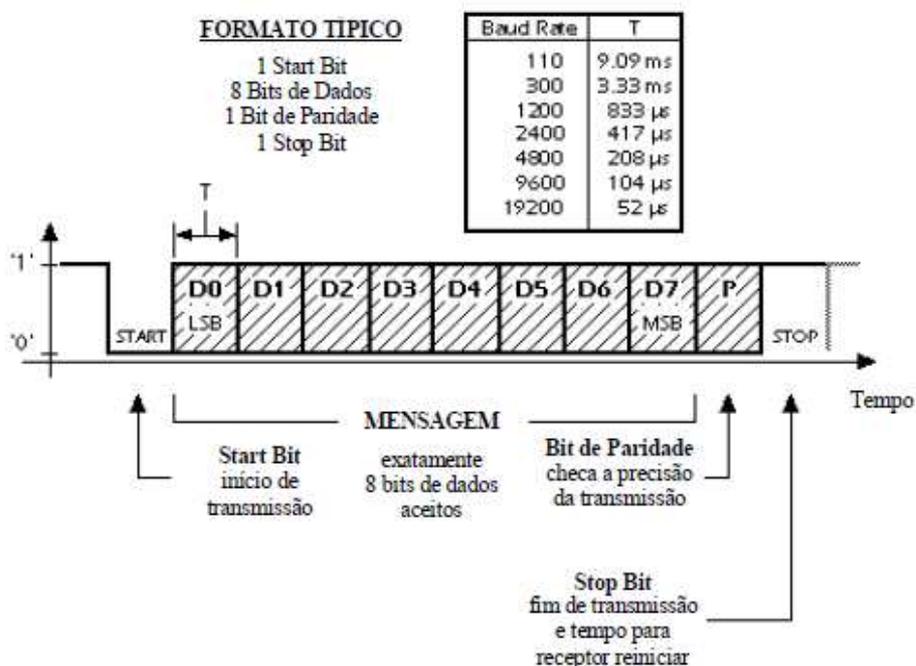


Figura 3.5 – Sistema assíncrono.

O bit de paridade é adicionado ao pacote de dados com o propósito de detecção de erro. Na convenção de paridade-par (*even-parity*), o valor do bit de paridade é escolhido de tal forma que o número total de dígitos '1' dos dados adicionado ao bit de

paridade do pacote seja sempre um número par. Na recepção do pacote, a paridade do dado precisa ser recomputada pelo hardware local e comparada com o bit de paridade recebido com os dados. Se qualquer bit mudar de estado, a paridade não irá coincidir, e um erro será detectado. Se um número par de bits for trocado, a paridade coincidirá e o dado com erro será validado. Contudo, uma análise estatística dos erros de comunicação de dados tem mostrado que um erro com bit simples é muito mais provável que erros em múltiplos bits na presença de ruído randômico. Portanto, a paridade é um método confiável de detecção de erro.

A implementação do aplicativo envolvido neste trabalho foi feita no Borland C++ Builder 6 e para estabelecer a comunicação entre o modem GSM e o software para controle da residência foi instalada a biblioteca TComPort para acessar a porta serial do PC.

Antes de iniciar a comunicação é necessário informar qual porta deverá ser utilizada e como será efetuada esta comunicação. O componente TComPort oferece todas as possíveis configurações para isto, como se pode observar na Figura 3.6 abaixo.

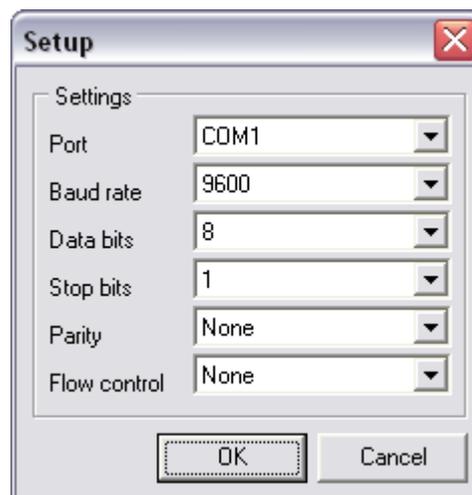


Figura 3.6 – Configuração da comunicação serial.

Para estabelecer a comunicação, é necessário informar a porta em que o modem está ligado, a taxa de transmissão, o bit de dados, o bit de parada, a paridade e o controle de fluxo. Com isso, é possível realizar a comunicação do software através de mensagens de texto de um celular previamente cadastrado, permitindo a automação residencial mesmo a distância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor representar a arquitetura da implementação foi desenhado um fluxograma o qual mostra todos os possíveis passos a serem realizados no software proposto, como se pode observar na Figura 4.1 abaixo.

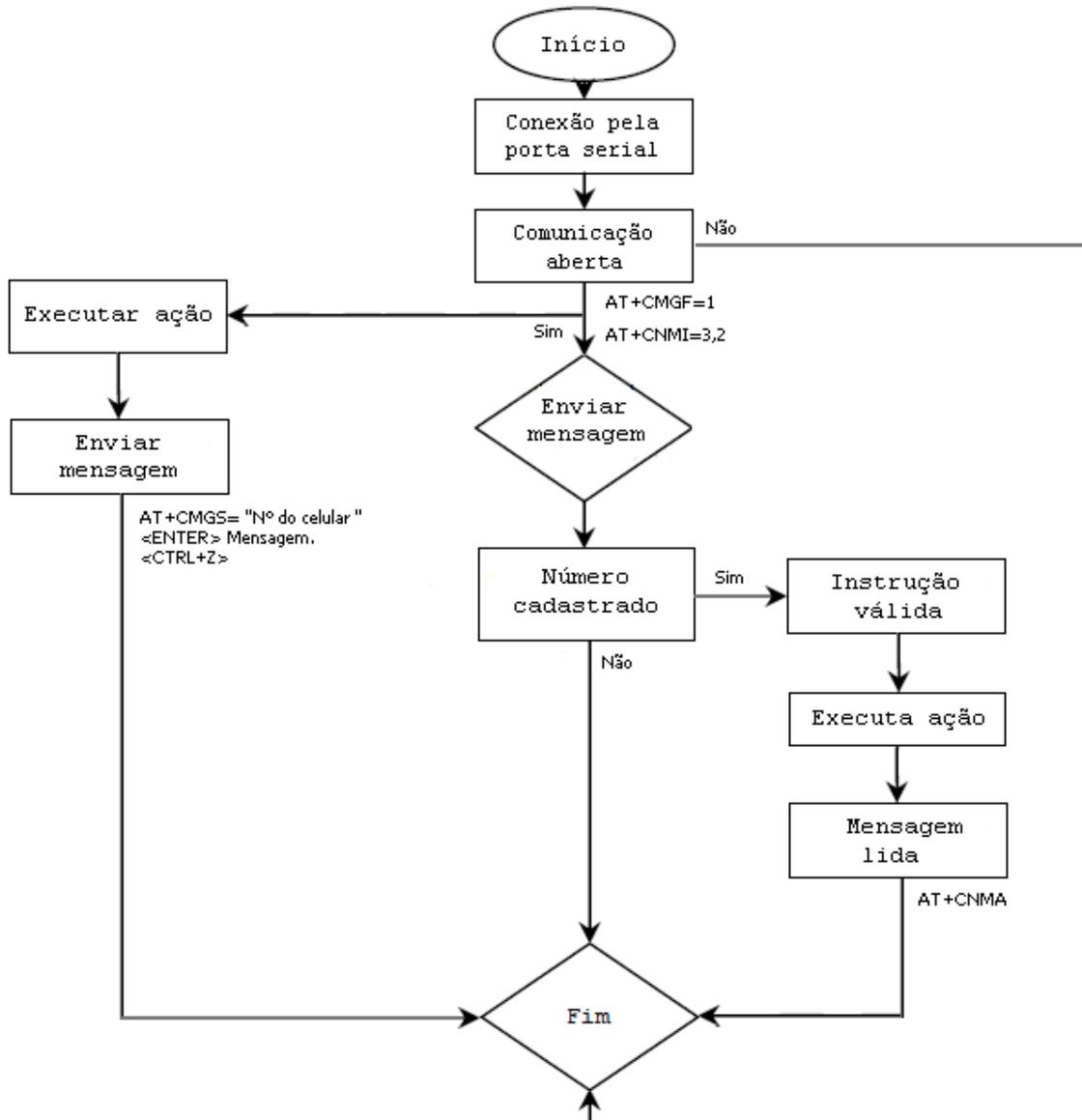


Figura 4.1 – Fluxograma do sistema implementado.

O aplicativo desenvolvido resume-se a uma tela de terminal onde aparecem os comandos AT enviados, um botão para configuração da porta serial em que o celular está ligado, um botão para abrir ou fechar o canal de comunicação entre o celular e o programa e um campo para enviar comandos AT. A figura 4.2 mostra a tela inicial do programa.

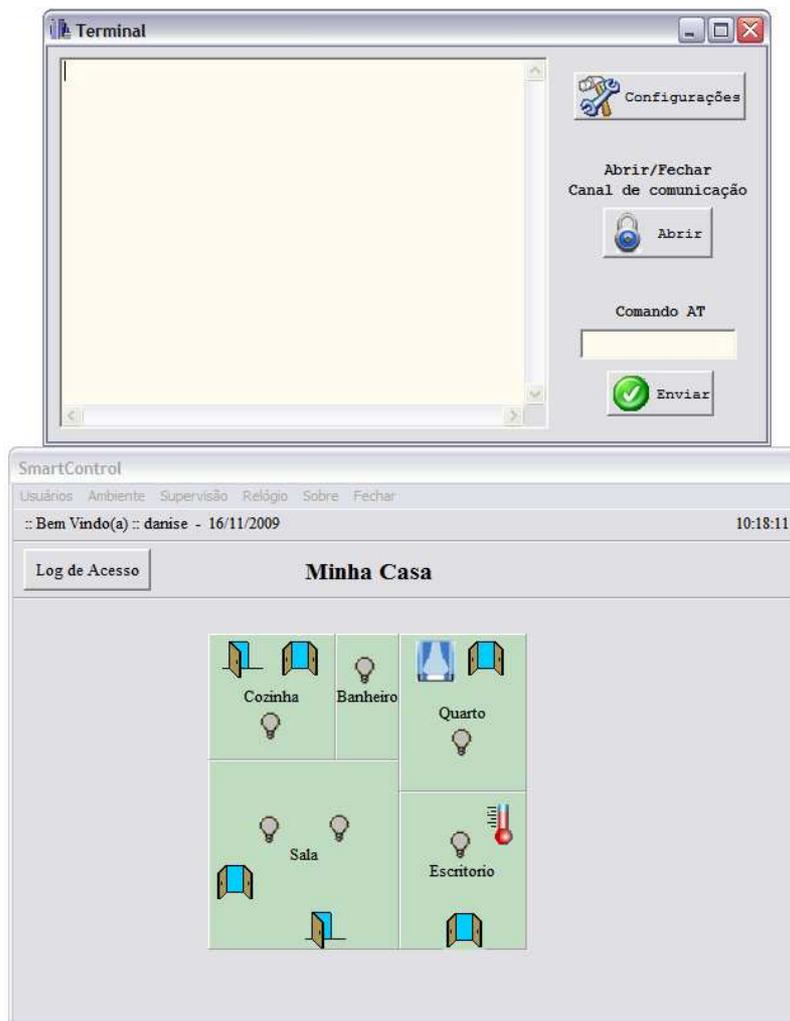


Figura 4.2 – Tela inicial do programa.

É importante ressaltar que a outra interface mostrada não foi motivo de desenvolvimento para este projeto, sendo este software já implementado em Silva (2009). Aproveitando o programa desenvolvido, foi feita a ligação deste com o aplicativo sugerido para este projeto para que de fato, o aplicativo tivesse alguma funcionalidade.

Para estabelecer a comunicação serial deve-se configurar a porta em que o modem GSM está ligado, bem como as outras configurações descritas na seção de “Comunicação Serial”. Esses ajustes podem ser feitos pressionando o botão “Configurações” e então aparecerá uma tela que está representada pela Figura 3.6 da sessão anterior.

Feita as configurações, deve-se permitir abrir o canal de comunicação, pressionando o botão “Abrir”. A qualquer momento pode-se fechar a porta de comunicação pressionando o mesmo botão, como se pode ver na Figura 4.3.

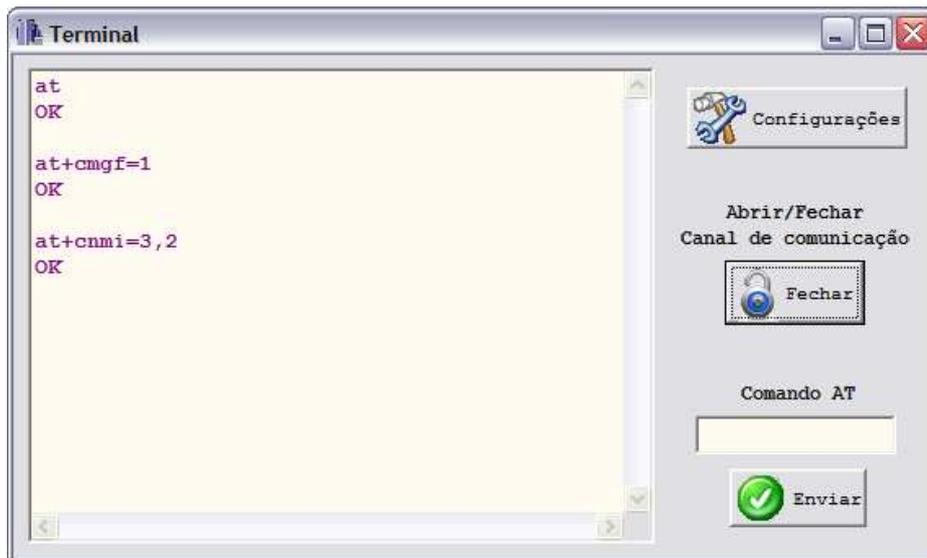


Figura 4.3 – Canal de comunicação aberto.

Em seguida, alguns comandos já aparecem na tela de terminal para que a comunicação entre o celular e o programa seja realizada. O primeiro comando que aparece serve apenas para testar o canal de comunicação. Após este, o comando `at+cmgf=1` configura as mensagens SMS para o modo texto e o comando `at+cnmi=3,2` permite que as mensagens sejam encaminhadas pela porta serial.

Feito isso, o aplicativo está pronto para receber qualquer instrução previamente cadastrada (mostrado na seção 3.5). Como podemos ver na figura 4.4 foram dadas três instruções para o programa, que foram respectivamente, acender a luz da cozinha, ligar o ar condicionado do escritório e acender a luz do lado esquerdo da sala.

Após cada instrução recebida, aparece o comando `at+cnma` que é usado para reconhecer o recebimento de uma nova mensagem e faz com que o modem mantenha a sua configuração das mensagens SMS.

É importante ressaltar que esse programa está ligado diretamente a um CLP que juntamente com o programa, também recebe as instruções através das mensagens de texto e, conseqüentemente podemos ver no próprio CLP, os leds acendendo ou apagando de acordo com a instrução recebida.



Figura 4.4 – Instruções recebidas.

A qualquer momento pode-se efetuar alguma ação no programa, como acender ou apagar luzes, ligar ou desligar ar condicionado ou abrir ou fechar persiana. Quando alguma dessas ações é realizada, uma mensagem de texto é enviada para o número de telefone cadastrado para receber as mensagens contendo a informação dessa ação. Isso pode ser realizado através do comando “at+cmgs” que é usado no formato at+cmgs = “número de telefone” <ENTER> Mensagem de texto <CTRL+Z>. Para uso do ctrl+z no programa, foi visto na tabela ASCII⁷ o seu código para referenciar na implementação.

Na Figura 4.5 abaixo, é mostrado que foram realizadas duas ações e ao clicar sobre a luz acesa da cozinha, ela se apaga e uma mensagem de texto é encaminhada contendo essa informação (Luz da cozinha apagada). Em seguida, clica-se sobre a persiana para que ela abra e novamente uma nova mensagem de texto é mandada contendo a informação de que a persiana do quarto está aberta.

⁷ Código padrão americano para o intercâmbio de informação. Os códigos ASCII representam texto em computadores, equipamentos de comunicação, entre outros dispositivos que trabalham com texto.



Figura 4.5 – Envio de mensagens de texto.

Como no Hyperterminal do Windows, a qualquer momento pode ser enviado um comando AT seja no modem ou não, utilizando o espaço destinado a “Comando AT” no programa, como também pode ser verificado nas imagens acima. Após o envio das SMS contendo as ações feitas no programa, o comando “at” é dado somente para exemplificar como enviar comandos na tela de terminal sem a necessidade de escrever em linha de código no programa.

É possível criar cenários para que várias ações sejam realizadas com o envio de apenas uma mensagem de texto, o que nos leva a uma economia de tempo e dinheiro para que a automação seja realizada. Para que isso seja feito, basta criar cenários, dar nomes e atribuir ações que devem ser feitas quando uma mensagem de texto for enviada. Por exemplo, pode-se cadastrar e mandar uma SMS com a instrução “cenário 1 on” e acender as luzes da sala e do escritório e ligar o ar condicionado, sem que haja necessidade de mandar uma mensagem para cada ação ser realizada.

5 CONCLUSÃO

A automação residencial propõe uma quebra de paradigma nos costumes da sociedade atual, trazendo mais comodidade, conforto e segurança para as residências, de modo que os usuários que utilizam essa automação possam controlar remotamente através da internet ou do celular, luzes ou equipamentos de sua casa.

De acordo com o que foi proposto neste projeto, é possível que qualquer pessoa previamente cadastrada possa controlar sua residência de qualquer lugar do mundo a baixo custo, desde que possuam um celular GSM e consigam enviar instruções através de mensagens de texto curtas, SMS.

Segundo a arquitetura do sistema proposto além do celular do usuário é necessário um celular servidor que se liga diretamente ao computador onde o supervisor de controle da automação está instalado. É através deste celular que podemos enviar ou receber mensagens de texto e executar as ações desejadas no programa.

Para que isso pudesse ser realizado foi necessário implementar uma tela de terminal que recebe comandos através da porta serial do computador e trata esses comandos de forma a agir diretamente no supervisor através de SMS.

Antes de desenvolver a arquitetura descrita, muitos estudos foram realizados sobre várias tecnologias capazes de proporcionar o objetivo do trabalho. Contudo, a solução mais viável e de menor custo encontrada foi a proposta deste trabalho.

A partir dos resultados apresentados no capítulo anterior é facilmente comprovado que o sistema atendeu satisfatoriamente as expectativas sem falhas.

5.1 Perspectivas futuras

Atualmente faz-se necessário ter um computador sempre ligado na residência do usuário para que a comunicação entre o celular e o supervisor aconteça. Uma das melhorias deste trabalho é conseguir fazer a comunicação mesmo que o computador não esteja ligado, sendo por meio da tecnologia apresentada neste trabalho ou utilizando outro tipo de tecnologia mais adequada que possa atender nossas expectativas.

Além disso, é importante que o programa possa controlar também portas e janelas para que o sistema proporcione uma maior segurança com alertas desse tipo, bem como programar horários para que os eventos ocorram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amory, A.; Júnior J. P. Sistema integrado e multiplataforma para controle remoto de residências. Porto Alegre, 2001.

Bolzani, C. A. M. Residências Inteligentes. 1ª Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

Canzian, E. MINICURSO Comunicação serial RS – 232. CNZ Engenharia e informática Ltda. São Paulo. Disponível em <http://www.professores.aedb.br/arlei/AEDB/Arquivos/rs232.pdf>. Acesso em 02 de Novembro de 2009.

Dias, C. L. A. Domótica: aplicabilidade às edificações residenciais. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2004.

Dias, C. L. A.; Pizzolato, N. D. Domótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial, 2004

Ferreira, G. A. Aplicações MIDP em aparelhos móveis celulares e monitoramento remoto de bio-sinais. Belo Horizonte, 2005

Lipovestsky, Gilles. O luxo muda de Cara. Época, Rio de Janeiro, 2005.

Marques, R. B. S.; Sadok, D. F. H. Um framework de Telemetria utilizando a rede GSM. Trabalho de graduação em dispositivos embarcados e rede GSM, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

Menezes, L.; Pereira, J.; Protásio, C.; Gomes, E. Telemetria de ambientes via serviço de mensagens curtas de texto. São Luís, 2007.

Oliveira, V. H. F. Desenvolvimento de um sistema de telemetria retoma. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009

Pulga, A. A. Organização de computadores, 2004. Disponível em http://www.organizacaodecomputadores.kit.net/layout/entrada_e_saida.html. Acesso em 09 de Novembro de 2009.

Santos, R. L. S. Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/2_1.html#ms. Acesso em 06 de Outubro de 2009.

Silva, A. B. Telemetria em sistemas de comunicação móvel celular (Projeto final de graduação). Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, 2005.

Silva, D. S. Desenvolvimento e implementação de um Sistema de Supervisão e Controle Residencial. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009

Usando comandos de modem AT básica, 2004 Disponível em <http://support.microsoft.com/kb/164659/pt-br>. Acesso em 27 de Outubro de 2009.

Sverzut, J. U. Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS – Evolução a caminho da quarta geração. 2ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2008.