

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Sistema Anti-Roubo de Veículos com GSM/GPS

João Filipe Ribeiro de Oliveira

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: Prof. Dr. Armando Luís Sousa Araújo

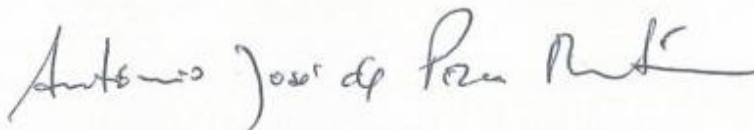
Junho de 2011

A Dissertação intitulada

“Sistema Anti-Roubo de Veículo com GSM/GPS”

foi aprovada em provas realizadas em 19-07-2011

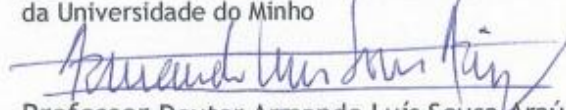
o júri



Presidente Professor Doutor António José de Pina Martins
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

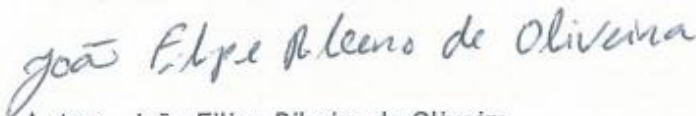


Professor Doutor Paulo Francisco Silva Cardoso
Professor Auxiliar Departamento de Electrónica Industrial da Escola de Engenharia
da Universidade do Minho



Professor Doutor Armando Luís Sousa Araújo
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extractos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - João Filipe Ribeiro de Oliveira

Resumo

Esta dissertação apresenta um sistema anti-roubo de veículo com localização do mesmo usando a tecnologia GPS. A tecnologia GSM/GPRS parte integrante do sistema desenvolvido, permite ainda uma interacção à distância com o veículo usando um telemóvel.

Em qualquer momento o utilizador pode pedir a localização do carro, através de uma solicitação efectuada ao sistema por mensagem de texto. A resposta é uma mensagem com as coordenadas do local onde se encontra o veículo. A escuta sonora do interior do automóvel bem como o bloqueio do mesmo, em caso de roubo, são também realizados através de mensagens de texto.

A fácil interacção, entre o utilizador e o sistema anti-roubo, é feita com uma aplicação, desenvolvida pelo Autor, instalável em qualquer *smartphone* com sistema operativo Android. À aplicação desenvolvida foi dado o nome "Encontrar Carro". A facilidade de interacção advém do facto de que o envio das mensagens com os códigos é feito, automaticamente, pela selecção de um botão na aplicação. Em resposta aos pedidos a informação é exibida automaticamente no ecrã da aplicação. A aplicação permite ainda que o utilizador visualize num mapa a localização do veículo, tendo por base as coordenadas que constam nas mensagens recebidas.

A localização do veículo pode ser ainda efectuada usando um computador pessoal através de uma ligação TCP/IP. A informação da localização é recebida no computador em forma de hiperligação, o que permite visualizar o local onde se encontra o veículo num mapa.

Abstract

This dissertation presents an anti-carjacking system. Developed system also enables to locate the vehicle using GPS technology. GSM/GPRS technology as a constitutive part of the system allows user interaction with the vehicle through a mobile phone.

Anytime users can ask vehicle's location through a text message sent to the system. In response, users receive a message with the geographic coordinates of the car's location. Always using text messages, users can order to hear the vehicle's inside or to block the vehicle when this is stolen.

Author developed an application that enables easy interaction between users and the anti-carjacking system. This application can be installed in any smartphone with Android operating system. This application is named "EncontrarCarro". Easy interaction is achieved because text messages, with the codes, are automatically made by a button selection in the application. When the requested information is received, this is automatically displayed on the cell phone screen. Application also allows users to see vehicle's location on a map, based on the coordinates contained in the received messages.

Vehicle's location can also be found using a personal computer with a TCP/IP connection. On the computer, information about car is received in a form that allows users to see vehicle's location on a map.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Armando Araújo, pela ajuda e orientação ao longo de todo o trabalho, assim como pela sua compreensão e confiança, que em mim depositou. O meu Muito Obrigado!

A todos os amigos e colegas que tiveram um palavra de incentivo durante o trabalho, e a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho.

E por último mas sempre em primeiro plano, quero agradecer aos meus pais e a meu irmão por toda a paciência, compreensão e por tudo o que fizeram por mim ao longo de todo o trabalho.

O meu Muito Obrigado a todos.

"O que eu ouço, esqueço
O que eu vejo, lembro
O que eu faço, aprendo"

Confúcio

Índice

Resumo	i
Abstract	iii
Agradecimentos	v
Índice	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos	xv
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1- Motivação e Contexto	1
1.2- Objectivos.....	2
1.3- Organização do Documento	2
Capítulo 2	3
Estado da Arte	3
2.1- Enquadramento	3
2.2- Tecnologias de Localização	4
2.3- Bloqueio do Veículo	6
2.4- Comunicação e Controlo.....	6
2.5- Sistemas que Integram Tecnologias GSM/GPRS e GPS.....	7
2.6- Sumário	8
Capítulo 3	9
Tecnologias Envolvidas.....	9
3.1- Tecnologia GSM/GPRS.....	9
3.1.1- Funcionamento	9
3.1.2- Estrutura da rede GSM	13
3.2- Tecnologia GPS	17
3.2.1- Altitude	18
3.2.2- Triangulação	18
3.2.3- Arquitectura do Receptor GPS.....	19
3.2.4- Protocolo NMEA	19
3.3- Microcontrolador	21

3.4- Smartphone	22
3.5- Sumário	23
Capítulo 4	25
Especificações do Sistema	25
4.1- Enquadramento geral	25
4.2- Funcionalidades do sistema	26
4.2.1. Sistema Anti-Roubo.....	26
4.2.2. Aplicação do Smartphone	28
4.3- Sumário.....	33
Capítulo 5	35
Arquitectura do Sistema Anti-roubo	35
5.1- <i>Hardware</i> utilizado	35
5.1.1. Fonte de alimentação.....	36
5.1.2. Microcontrolador	37
5.1.3. Modulo GSM/GPRS & GPS.....	38
5.1.4. Optoacoplador.....	39
5.1.5. Transístores Darlington	40
5.1.6. Relés	40
5.2- <i>Software/Firmware</i> utilizado e desenvolvido	42
5.2.1. Algoritmo de controlo implementado no Arduino Mega	42
5.2.2. Funções implementadas no algoritmo de controlo	46
5.2.3. Implementação da aplicação Encontrar Carro.....	49
5.2.3.1. Apresentação da ferramenta utilizada	49
5.2.3.2. Funções principais utilizadas.....	50
5.3- Sumário.....	51
Capítulo 6	53
Validação da solução	53
6.1- Teste de inicialização.....	53
6.1.1- Inicialização do SAR	53
6.1.2- Inicialização da aplicação encontrar carro.....	53
6.2- Teste de comunicação	54
6.2.1- Comunicações SAR.....	54
6.2.2- Comunicações Aplicação Encontrar Carro	55
6.3- Teste de segurança	55
6.3.1- Segurança SAR.....	55
6.3.2- Aplicação encontrar carro.....	55
6.4- Sumário.....	55
Capítulo 7	57
Conclusão e Trabalhos Futuros	57
7.1- Conclusões	57
7.2- Melhorias	58
7.3- Trabalhos futuros	58
Referências	61

Lista de figuras

Figura 3-1: Comunicação Duplex.	10
Figura 3-2: Frequência da portadora, trama duplex e TDMA.[13]	11
Figura 3-3: Divisão de cada Timeslot.[14]	12
Figura 3-4: Estrutura da rede GSM.[15]	13
Figura 3-5: Ângulo de cobertura de cada BTS.	14
Figura 3-6: Interação entre os BTSs e o BSC.	15
Figura 3-7: Ligação de um MS da rede A a um MS da rede B.	15
Figura 3-8: Satélites do sistema GPS.[17]	17
Figura 3-9: Altitude.....	18
Figura 3-10: Sistema de triangulação para determinar a posição sobre a superfície terrestre.[17]	19
Figura 3-11: Arquitectura do receptor GPS.[20]	19
Figura 3-12: Rede CAN com equipamentos que utilizam o protocolo NMEA 2000[22].	20
Figura 3-13: Arquitectura microcontrolador.	22
Figura 4-1: Arquitectura geral do sistema.....	26
Figura 4-2: Conteúdo das mensagens de localização, bloqueio e pedido de ajuda.	27
Figura 4-3: Apresentação da aplicação Encontrar Carro.....	28
Figura 4-4: Inserir mensagem na aplicação.	29
Figura 4-5: Aviso para confirmação da ordem de bloqueio.....	30
Figura 4-6: Acesso da aplicação “EncontrarCarro” ao <i>GoogleMaps</i>	31
Figura 4-7: Descrição do itinerário.	32
Figura 4-8: Traçado sobre o mapa do itinerário.....	33

Figura 5-1: Arquitectura geral do hardware utilizado.....	36
Figura 5-2: Conversor DC/DC de tensão comutado PTN78060W.....	36
Figura 5-3: <i>Arduino Mega</i>	37
Figura 5-4: Modulo GSM/GPRS & GPS SIM 548.	38
Figura 5-5: Kit de desenvolvimento para o módulo SIM 548.	39
Figura 5-6: Optoacoplador TLP620.	39
Figura 5-7: Transístores <i>Darlington</i>	40
Figura 5-8: Relé para desconectar a bateria.....	40
Figura 5-9: Relé JSM1-12V-4.	41
Figura 5-10: Máquina de estados principal.	42
Figura 5-11: Máquina de estado auxiliar, para bloquear ao veículo.	43
Figura 5-12: Máquina de estados auxiliar, para ouvir interior.	44
Figura 5-13: Hiperligação com a localização do veículo.	45
Figura 5-14: Localização do veículo sobre o mapa do <i>Google maps</i>	46
Figura 5-15: Interface de desenho da aplicação no App Inventor.	49
Figura 5-16: Editor de blocos APPIinventor, da aplicação Encontrar Carro.	50

Lista de tabelas

Tabela 3-1: Mensagem GPGLL disponibilizada pelo GPS (NEMA 0183) [23].	21
Tabela 5-1: Comando AT utilizados na função LerSMS().	47
Tabela 5-2: Comandos AT utilizados na função EnviarSMS().	47
Tabela 5-3: Comandos AT referentes a comunicações de voz.	48
Tabela 5-4: Comandos AT utilizados na ligação GPRS.	48

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
A-GPS	<i>Assisted-GPS</i>
ALU	<i>Arithmetic and Logic Unit</i>
APN	<i>Access Point Name</i>
AT	<i>ATCommands</i>
AuC	<i>Authentication Center</i>
BSS	<i>Base Station Subsystem</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DSP	<i>Digital signal processing</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
EIR	<i>Equipment Identity Register</i>
EPROM	<i>Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
FDD	<i>Frequency Division Duplex</i>
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i>
GLONASS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GMSC	<i>Gateway Mobile Switching Center</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GSN	<i>GPRS support nodes</i>
HLR	<i>Home Location Register</i>
IMEI	<i>International Mobile Equipment Identity</i>

IP	<i>Internet Protocol</i>
IRNSS	<i>Indian Regional Navigational Satellite System</i>
I2C	<i>Inter-IntegratedCircuit</i>
km/h	<i>Quilometro por hora</i>
LAC	<i>Location Area Code</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
ME	<i>Mobile Equipment</i>
MMC	<i>MultiMedia Card</i>
MMS	<i>Multimedia message Service</i>
MS	<i>Mobile Station</i>
MSC	<i>Mobile Switching Center</i>
NMEA	<i>National Marine & Electronics Association</i>
NSS	<i>Network Subsystem</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PDNs	<i>Packet Data Networks</i>
PDP	<i>Packet Data Protocol</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>
PIN	<i>Personal Identification Number</i>
PROM	<i>Programmable Read-Only Memory</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
PTMP	<i>Point-to-Multipoint</i>
PTP	<i>Point-to-Point</i>
PUK	<i>Personal Unblocking Key</i>
PWM	<i>Pulse-width modulation</i>
RFID	<i>Radio-frequency identification</i>
ROM	<i>Read Only Memory</i>
RS-232	<i>Recommended Standard 232</i>
RS-422	<i>Recommended Standard 422</i>
RS-423	<i>Recommended Standard 423</i>
RS-485	<i>Recommended Standard 485</i>
SAR	<i>Sistema Anti-Roubo</i>
SD	<i>Secure Digital</i>
SDIO	<i>Secure Digital Input Output</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SGSN	<i>Serving GPRS Support Node</i>
SIM	<i>Subscriber Identity Module</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface Bus</i>

TA	<i>Timing Advance</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TDD	<i>Time Division Duplex</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TTL	<i>Time To Live</i>
TXD	<i>Transmit Data</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
VLN	<i>Visitor Location Register</i>
VPN	<i>Virtual Private Networking</i>
WDT	<i>Watchdog Timer</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
X.25	<i>Packet switching protocol standard for data networks</i>
3G	<i>3rd Generation Mobile Telecommunications</i>

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta a motivação e contexto para o problema em estudo, os objectivos propostos, no âmbito da dissertação, e a organização do documento.

1.1- Motivação e Contexto

Este projecto insere-se na área de sistemas de segurança tendo como finalidade salvaguardar pessoas e bens, tendo surgido a oportunidade de desenvolver um sistema Anti-roubo para veículos.

O sistema, para além da funcionalidade primeira, imobilização do veículo em caso de roubo, pretende ainda inovar pela forma como apresenta ao utilizador a informação proveniente da viatura. A inovação é alcançada não só pelo uso das novas tecnologias, como o *smartphone*, mas também pelo modo, simples e intuitivo, em que as informações são apresentadas. Com isto proporciona-se ao utilizador do equipamento uma maior satisfação no uso deste, tornando-se numa experiência agradável em todas as utilizações.

A motivação principal associada ao desenvolvimento de um sistema deste tipo é a possibilidade de no futuro ser comercializado. Para além dos objectivos comerciais, é motivante usufruir da satisfação de ver o produto que idealizamos a ser utilizado e reconhecido como relevante pelos utilizadores.

Os sistemas deste tipo podem ter aplicações que não são só de segurança, podendo ser vistos como um *sistema* lúdico. Ou seja, o utilizador poderá exercer acções sobre o veículo, tais como, a abertura remota dos vidros, em dias de calor, momentos antes de entrar no carro ou abrir as portas, quando estas são trancadas com a chave no interior do veículo. Estas funcionalidades “lúdicas” proporcionam maior prazer na utilização do equipamento.

1.2- Objectivos

Esta dissertação tem como principal objectivo desenvolver um sistema anti-roubo a ser instalado num veículo e que permita a sua localização e bloqueio remotos. Pretende-se que o utilizador possa interagir com o sistema através de um telemóvel. O utilizador poderá enviar pedidos de informação ou dar ordens e receber os alertas gerados automaticamente pelo sistema.

Pretende-se que em resposta ao pedido de localização sejam obtidas as coordenadas GPS e a velocidade a que se desloca o veículo. O bloqueio do veículo deverá ser executado de forma a não colocar em perigo pessoas e bens. O sistema anti-roubo deve conter a funcionalidade de envio de pedidos de auxílio para os números de telemóvel que constem no cartão SIM do mesmo, através do pressionar de um botão.

Outra funcionalidade que deve ser executada pelo sistema anti-roubo é a possibilidade de se ouvir o interior do veículo de forma discreta.

Para uma melhor interacção entre o utilizador e o sistema anti-roubo será desenvolvida uma aplicação para um *smartphone*, que permita o envio de pedidos de informação e ordens para o sistema. Esta aplicação deverá ter a possibilidade de apresentação num mapa do local onde se encontra o veículo.

O estabelecimento de uma ligação com um computador pessoal, usando a rede GPRS, para visualizar informações sobre a localização do veículo, é também uma facilidade a implementar.

1.3- Organização do Documento

Esta dissertação está organizada em sete capítulos. No presente capítulo introdutório é descrito a motivação e contexto da dissertação, assim como os objectivos propostos para a mesma.

No segundo capítulo descreve-se o estado da arte de sistemas anti-roubo já existentes, fazendo um enquadramento deste tipo de sistemas e realçando as tecnologias usadas.

O terceiro capítulo ilustra as tecnologias envolvidas no desenvolvimento do sistema anti-roubo da presente dissertação.

Quanto ao quarto capítulo, este descreve as especificações do sistema, apresentando a interacção entre os vários subsistemas e funcionalidades de cada um.

No capítulo cinco é apresentado o *hardware* e *software/firmware*, utilizado e desenvolvido durante a implementação do sistema anti-roubo.

O sexto capítulo é dedicado à validação do sistema desenvolvido apresentando os resultados dos testes realizados durante a validação.

A dissertação termina, no sétimo capítulo, com a apresentação das principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros neste tipo de sistemas.

Capítulo 2

Estado da Arte

Este capítulo descreve o estado da arte dos sistemas anti-roubo com GSM/GPS disponíveis no mercado através da apresentação das principais tecnologias envolvidas bem como dos modos de funcionamento associados.

2.1- Enquadramento

Nas últimas décadas os sistemas de segurança dos automóveis tiveram uma enorme evolução, quer a nível da segurança, para protecção dos ocupantes, quer a nível da protecção do próprio automóvel contra furtos. Esta evolução nos sistemas de segurança dos automóveis tornou obsoleto o conceito de “ligação directa” que ainda hoje se encontra na mente popular e vulgarizado através de muitos filmes. Uma vez que as chaves dos automóveis utilizadas actualmente são codificadas, isso faz com que só seja possível pôr o carro em funcionamento com a respectiva chave, esta inovação tecnológica levou ao aparecimento de um novo método de furto de automóveis, conhecido como *carjacking*, que consiste em levar a cabo o furto através da coacção dos condutores para entregarem a chave do veículo. Este tipo de crime tem vindo a aumentar nos últimos anos, tornando-se muito comum nos nossos dias.

Tais factos levaram à necessidade de desenvolver novos sistemas tecnológicos para evitar ou diminuir, os efeitos deste tipo de crime. Os sistemas desenvolvidos podem funcionar em conjunto com os sistemas de alarme que já instalados nos veículos, ou de forma isolada, permitindo localizar e bloquear o carro à distância, entre outro tipo de interacções. Deste modo é aumentando o grau de protecção contra roubos.

Existem várias formas de detectar que o carro foi alvo de roubo, podendo este ocorrer com ou sem a presença do condutor. Feita a detecção do roubo, as formas de bloquear e localizar o veículo variam conforme a complexidade tecnológica da solução adoptada.

Um dos métodos mais vulgares consiste no uso de um sistema de temporizadores que bloqueia o veículo se não for desactivado através do pressionar de um botão. Quando o motor do automóvel é colocado em funcionamento, ou uma porta é aberta já com este a funcionar, o temporizador começa uma contagem que só poderá ser interrompida pelo pressionar de um

botão instalado no carro. Caso o botão não seja premido, no período de tempo estipulado, o motor do veículo desligar-se-á. Isto faz com que alguém que não conheça o automóvel, que tenha esta solução instalada, não consiga furtar o mesmo [1].

Este tipo de sistema pode ser sofisticado ao ponto de evoluir para sistemas com dispositivos biométricos [2]. Um exemplo usado é um leitor de impressões digitais instalado no automóvel, que apenas permite que pessoas autorizadas possam por o motor em funcionamento. No entanto, se o carro for bloqueado com o condutor, ou passageiros, ainda no seu interior, esta situação pode por em causa a integridade física dos mesmos, sendo necessária ponderação na utilização deste tipo de dispositivos.

Há sistemas que salvaguardam esta situação, permitindo que o carro seja bloqueado à distância usando um telemóvel. Através do envio de uma mensagem escrita, ou fazendo uma chamada telefónica, é possível bloquear o automóvel em total segurança. No caso de ocorrer o roubo com o rapto do condutor, este pode enviar um pedido de auxílio pressionando o botão de pânico. O pedido ocorre sem que os ocupantes se apercebam do seu envio e sem bloquear o carro. O pedido é enviado recorrendo à tecnologia GSM, que constitui este tipo de sistema anti-roubo, através de uma mensagem escrita para os números pré-definidos pelo utilizador [3]. O roubo com rapto do condutor não é a única situação para se fazer uso destes alertas. Esta funcionalidade pode ser usada, por exemplo, no caso de um problema de saúde repentino.

A sinalização/detecção de que o carro está a ser alvo de roubo pode ser feita pelo alarme que já exista no veículo, desde que esteja ligado ao sistema anti-roubo. Este encarrega-se de avisar o utilizador, com o envio de um alerta SMS a relatar o sucedido. Caso o automóvel seja rebocado ou elevado, os sistemas de alarme convencionais não o conseguem detectar, no entanto alguns dos sistemas anti-roubo existentes possuem um sensor que detecta o movimento e envia um alerta [3]. A detecção de que o carro foi rebocado pode também ser implementada com recurso a tecnologias de localização GPS, criando automaticamente uma zona de segurança quando o veículo é estacionado. Quando este é deslocado para fora desta zona com a ignição desligada é emitido um alerta [4].

2.2- Tecnologias de Localização

Existem mais tecnologias de localização para além do GPS: o sistema russo GLONASS, o sistema chinês, o COMPASS, o novo sistema europeu, Galileo e o IRNSS indiano.

Do trabalho efectuado, conclui-se que todos os sistemas que permitem localizar veículos recorrem a tecnologia de localização GPS. Em alguns casos o GPS pode ser auxiliado por outro tipo de tecnologias, para colmatar as situações em que o GPS possa não funcionar correctamente.

A maior parte dos receptores GPS disponibilizam os dados no formato NMEA 0183 composto por caracteres ASCII. A transmissão de dados ocorre num formato série de forma assíncrona com 8 bits de dados, um stop bit e sem bit de paridade. A transmissão é efectuada, normalmente, a uma velocidade de transferência de 4800 bits/s, com níveis de tensão TTL, ou RS232, sendo apenas utilizada a linha TXD da porta de comunicação.

A norma NMEA surgiu de forma a simplificar a troca de dados entre equipamentos electrónicos, sendo a Marinha a primeira a usar a mesma. O funcionamento desta norma tem por base o envio de mensagens ou tramas, organizadas da forma que se descreve a seguir.

O início da trama é indicado pelo carácter \$ (dólar) seguindo-se duas letras que identificam o tipo de remetente. No caso de um receptor GPS aparecem as letras GP, podendo encontrar-se EP para dispositivos que identificam posições, já para equipamentos de bússola é apresentado HC. Os três caracteres que se seguem identificam o tipo de trama. Estas tramas contêm informações tais como hora, data, latitude, longitude, altitude, velocidade e direcção. Para além disto podemos saber o número de satélites recebidos e a validade da informação que é enviada. Depois destes caracteres iniciais, bem os dados propriamente ditos, em campos separados por vírgulas, a trama é constituída por um máximo de 82 caracteres. Esta termina com a soma de verificação de dois caracteres precedida do sinal *(asterisco). A soma é calculada fazendo o OU-Exclusivo (XOR) de todos os caracteres da mensagem desde o carácter \$ até ao carácter *, inclusive. Esta soma pode ser utilizada para verificar se ocorreram erros de transmissão. Se algum campo de dados aparecer sem informação, a sua posição tem de estar presente na trama mas aparecendo apenas duas vírgulas consecutivas[5, 6].

As várias tramas são disponibilizadas na porta de comunicação do GPS, segundo uma ordem que não é definida pela norma, uma vez que são claramente identificadas pelo seu cabeçalho, os cinco caracteres que se seguem ao carácter \$.

Na norma são definidas mais de 30 tipos de tramas diferentes só para o GPS. Nota-se que a maior parte dos receptores GPS apenas disponibilizam algumas delas. A informação que as tramas mais utilizadas fornecem é a seguinte:

- \$GPGGA: latitude, longitude, qualidade do sinal recebido, número de satélites recebidos e altura acima do nível médio da água do mar.
- \$GPVTG: velocidade.
- \$GPRMC: hora, data e direcção do movimento.

A tecnologia GPS falha em algumas situações como, por exemplo, em locais subterrâneos, pois aqui a comunicação entre os satélites e a unidade GPS é difícil, o que impossibilita a obtenção da localização exacta. Para suprir esta falha existem sistemas anti-roubo que utilizam a tecnologia de rádio frequência como complemento. Quando uma viatura não pode ser localizada via GPS, a sua localização é feita com recurso ao sinal de Rádio Frequência emitido pelo dispositivo. Através de meios aéreos e/ou terrestres faz-se a busca deste sinal a partir da última localização GPS conhecida [7].

Para complementar o GPS também se pode usar a tecnologia GPRS, a integração de ambas as tecnologias é conhecida por A-GPS. Desta forma é possível obter as coordenadas GPS em condições de sinal fraco. Aqui o GPS é assistido por uma ligação de dados que ajuda no cálculo das coordenadas da posição onde se encontra o veículo, enquanto não recebe informações claras dos satélites [4].

O formato da informação da localização, apresentada ao utilizador, dos sistemas anti-roubo pode ter diferentes configurações, dependendo de como o mesmo é implementado, podendo conter, para além das coordenadas geográficas do local (latitude e longitude), a morada completa do local ou de uma rua próxima [3].

No futuro próximo entrará em funcionamento o sistema de localização europeu o *Galileo*.

Este é um projecto inteiramente civil constituído por 30 satélites que vai operar de forma idêntica ao GPS, que actualmente apenas possui 24 satélites em órbita. Em qualquer ponto da superfície terrestre estarão sempre visíveis de seis a oito satélites no sistema *Galileo*, contrastando com os quatro do sistema GPS. Desta forma este novo sistema permitirá uma maior precisão na determinação da posição terrestre [8].

Para evoluções futuras, os sistemas anti-roubo existentes podem adoptar esta tecnologia para determinar a localização do veículo com maior precisão.

2.3- Bloqueio do Veículo

Após o roubo de um veículo é necessário imobiliza-lo, actuando em pontos específicos de forma a desligar o motor. Pode actuar-se sobre a alimentação do combustível ao motor do automóvel. Para os carros a gasolina o ponto a actuar será a bomba de combustível e nos veículos a diesel o ponto de actuação será a bomba injectora [9]. Outras formas de desligar o motor poderão ser através da ignição ou da bateria. Desta forma os autores materiais do roubo são dissuadidos de colocarem de novo o veículo em funcionamento, uma vez que o motor não vai funcionar.

Para actuar nos pontos referidos são utilizados normalmente relés, em que o comando pode ser feito recorrendo a cabos ou via *wireless*. Esta última solução em termos de instalação é mais simples e flexível, não sendo necessário passar cabos ao longo do automóvel [2]. No entanto, é mais susceptível de funcionar de forma errada, quer por má instalação ou mesmo por interferências na comunicação entre a unidade de controlo e o relé *wireless*, o que torna a opção cablada mais fiável quanto ao meio através do qual é dada a ordem de actuação.

2.4- Comunicação e Controlo

Os sistemas anti-roubo integram a tecnologia GSM/GPRS com um cartão SIM. O que permite o registo na rede de uma operadora de telecomunicações, assegurando-se assim uma via de comunicação entre o veículo e o utilizador.

Os módulos GSM/GPRS podem funcionar em várias frequências, os designados *Dual-Band* funcionam a 900/1800Mhz ou a 850/1900MHz, existindo módulos que funcionam nas quatro frequências os *Quad-Band* [10]. O seu controlo é feito recorrendo a um conjunto de comandos AT, que são recebidos pelo módulo via porta série com níveis de tensão RS232 ou TTL a uma taxa de transmissão configurável.

Existem vários comandos AT, cada um para uma tarefa diferente. Alguns podem ser específicos do módulo utilizado no sistema anti-roubo, como tal apresentam-se, abaixo, um conjunto de comandos retirados do manual do módulo GSM/GPRS &GPS SIM548 [11]:

- AT+CPIN=1234: Introduzir o código PIN do cartão SIM;
- ATD912345678: Fazer uma chamada telefónica para o número indicado;
- ATH: Terminar a chamada telefónica;
- AT+CMGR=X: Ler a mensagem recebida número X;
- AT+CMGS= "+351912345678": Enviar uma mensagem escrita para o número indicado;
- AT+CMGD=X: Apagar a mensagem recebida número X;

- AT+CMGL="ALL": Listar todas as mensagens recebidas;
- AT+CPBR=X: Número de telefone guardado na posição X do cartão SIM.

A tecnologia GSM é responsável pelo envio/recepção de mensagens escritas e chamadas telefónicas, ficando a cargo da tecnologia GPRS a ligação de dados, que utiliza o protocolo TCP/IP para estabelecer ligações ponto a ponto. A ligação de dados permite aceder à internet. Nos sistemas anti-roubo, disponíveis no mercado, esta é utilizada para estabelecer uma ligação directa com o computador onde se encontra instalado o *software* responsável por monitorizar o veículo, em tempo real, indicando a sua posição sobre um mapa [9].

Com o envio de uma mensagem escrita, ou através de uma chamada telefónica, sempre com recurso a um código de segurança, é possível bloquear o veículo à distância.

Por questões de segurança o veículo deve ser bloqueado quando circular a uma velocidade reduzida, no sentido de se evitarem acidentes aquando do processo de imobilização.

Os módulos de localização, comunicação e os dispositivos de bloqueio são controlados por uma unidade de processamento. Esta contém o algoritmo que permite gerir as comunicações, processar os sinais adquiridos e actuar sobre as saídas [12].

Em relação aos processadores, um exemplo de processador utilizado por um fabricante de sistemas anti-roubo, é o processador ARM9/DSP de 32 bits com uma frequência que ronda os 104MHz [9].

2.5- Sistemas que Integram Tecnologias GSM/GPRS e GPS

Os sistemas anti-roubo disponíveis no mercado, que integram as tecnologias GSM/GPRS e o GPS, podem ter diferentes níveis de complexidade e colocam ao dispor do utilizador um conjunto diverso de funcionalidades. Estas permitem a interacção deste com o veículo, sem ser necessário estar junto ao mesmo. Estes produtos estão disponíveis no mercado com diferentes custos associados conforme as funcionalidades e serviços. Custos que podem contemplar apenas a aquisição e instalação do equipamento, ou que podem ter uma mensalidade acrescida, caso seja disponibilizado um serviço juntamente com o produto.

Um exemplo de uma, das várias funcionalidades destes sistemas, é a capacidade para monitorizar o estado da bateria do veículo. O dispositivo envia uma mensagem de texto assim que a bateria apresente valores abaixo do aceitável, ou seja mesmo desligada. Assim, o utilizador está prevenido da possibilidade de a bateria não ter carga para por o veículo a trabalhar, e é avisado sempre que haja tentativas de desabilitar os sistemas de segurança. Outro alerta ao dispor do utilizador é o alerta de excesso de velocidade, este limite é definido previamente e, assim que seja ultrapassado, ocorre o envio de uma mensagem escrita para os números de telemóvel definidos.

O uso das tecnologias GSM/GPRS e GPS também é feito por empresas que disponibilizam equipamentos e serviços para gestão de frotas. A sua utilização é destinada a viaturas comerciais, para monitorizar os percursos e as paragens que têm de realizar deste o início até ao fim de um dia de trabalho. Nas viaturas técnicas permite saber, em tempo real, a sua posição e qual pode ocorrer, o mais rapidamente possível, a uma solicitação urgente de um cliente. Permite ainda otimizar rotas entre entregas para viaturas de distribuição e

transporte de mercadorias, monitorizando tempos de carga e descarga e identificando eventuais atrasos, durante o percurso, podendo, assim, avisar os clientes da hora de entrega prevista. Todos os percursos podem ser visto em mapa, em tempo real, através da internet ou de um PDA, sobre a rede GPRS ou 3G. Todas as informações como a posição do veículo, velocidades praticadas, estado da ignição, entre outras, podem ser consultadas no serviço da internet disponibilizado pelas empresas.

O *TrackerMaker* é um produto pertencente à empresa Brasileira, GeoStudio Tecnologia, sediada em Belo Horizonte. Este sistema foi desenvolvido para pessoas e empresas que querem monitorizar os seus veículos por conta própria, sem estarem fidelizados a nenhum serviço ou empresa, tendo assim baixos custos de manutenção com o sistema.

A monitorização pode ser realizada recorrendo a um telemóvel ou por uma ligação ponto a ponto entre o *TrackerMaker* e um computador. Neste encontra-se instalado o *software* de monitorização e gestão da comunicação com o dispositivo instalado no veículo, o GPS *TrackMaker*. O sistema possui internamente um *Data logger* para 270.000 pontos, que podem ser usados pelo programa GPS *TrackMaker* para elaborar um relatório detalhado com o percurso feito pela viatura.

Remotamente, com recurso ao programa, ou enviando um SMS, podem ser registados na memória não volátil do módulo até 10.000 pontos de interesse. Quando o veículo se aproxima dum destes pontos, este é assinalado por um *Buzzer*, ou através do envio de um SMS para um número de telemóvel predeterminado. Os pontos de interesse podem ser um monumento histórico ou pontos de perigo na estrada, entre outros.

2.6- Sumário

No presente capítulo apresentaram-se os sistemas anti-roubo existentes bem como, as tecnologias utilizadas nos vários sistemas. Especificaram-se o tipo de comunicações existentes e os protocolos utilizados pelas tecnologias de comunicação e localização. Abordou-se ainda, como é determinado que o veículo foi roubado e indicaram-se os pontos de actuação para que o veículo seja bloqueado.

Capítulo 3

Tecnologias Envolvidas

Neste capítulo são enumeradas as principais tecnologias envolvidas no sistema anti-roubo desenvolvido, descrevendo o funcionamento de cada uma das tecnologias.

3.1- Tecnologia GSM/GPRS

A sigla GSM significa *Global System for Mobile Communications*, tendo esta tecnologia surgido nos anos 80 fruto da cooperação entre alguns países da Europa. O sistema tem elementos comuns a outras tecnologias utilizadas noutros telemóveis, tais como, a transmissão de forma digital o que oferece uma alta mobilidade, permitindo que os utilizadores possam percorrer todo o mundo e aceder a qualquer rede utilizando o GSM.

Com o GSM/GPRS surgiram vários serviços como as mensagens de texto (SMS - *Short Message Service*), comunicações de voz, fax, Voicemail, mensagens Multimédia (MMS - *Multimedia Message Service*) e outros serviços complementares [13].

3.1.1- Funcionamento

As comunicações, na sua maioria, são comunicações bidirecionais, permitindo que a transmissão e recepção sejam feitas em simultâneo. Os sistemas que possuem esta capacidade são designados por full-duplex, havendo sistemas que podem ser assim denominados não ocorrendo, no entanto, a sua transmissão e recepção em simultâneo, mas alternado entre ambas de uma forma tão rápida que o utilizador do sistema tem a percepção que ambos os sentidos são utilizados em simultâneo. São utilizados dois procedimentos para que seja possível este tipo de comunicações, o *Frequency Division Duplex* (FDD) e o *Time Division Duplex* (TDD). O FDD permite a utilização de diferentes faixas de frequência para cada sentido, quando ao TDD muda periodicamente a direção da transmissão.

Nas comunicações duplex é atribuída uma banda de frequências para a ligação do telemóvel à torre de comunicações (*Uplink*) e outra banda de frequências é atribuída para a ligação da torre de comunicações para o telemóvel (*Downlink*), como representado na Figura 3-1.

Os dois conjuntos de frequências em que o GSM opera são, a banda dos 890-915MHz e a banda dos 935-960MHz, sendo que a primeira é utilizada para as transmissões *Uplink* e a segunda para as transmissões *Downlink* [13].

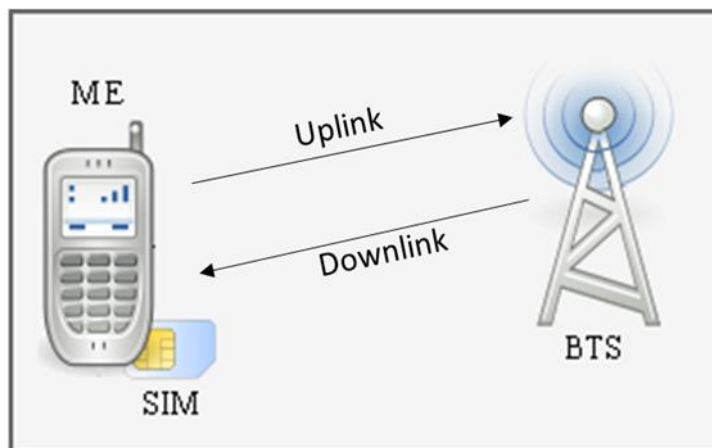


Figura 3-1: Comunicação Duplex.

O GSM utiliza uma combinação entre o protocolo *Time Division Multiple Access* (TDMA) e *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) para acesso múltiplos. O FDMA divide os 25MHz de frequência disponíveis em 125 canais com uma largura de 200KHz e uma capacidade de transmissão de dados de 271Kbps. Os canais lógicos são separados 45 MHz para que o telemóvel só receba ou envie num determinado instante.

As frequências são atribuídas a cada estação base (BSS - *Base Station Subsystem*) e divididas novamente, em termos de tempo utilizando o TDMA que divide a frequência em que opera em oito intervalos de tempo (*time slots*), Figura 3-2 [13].

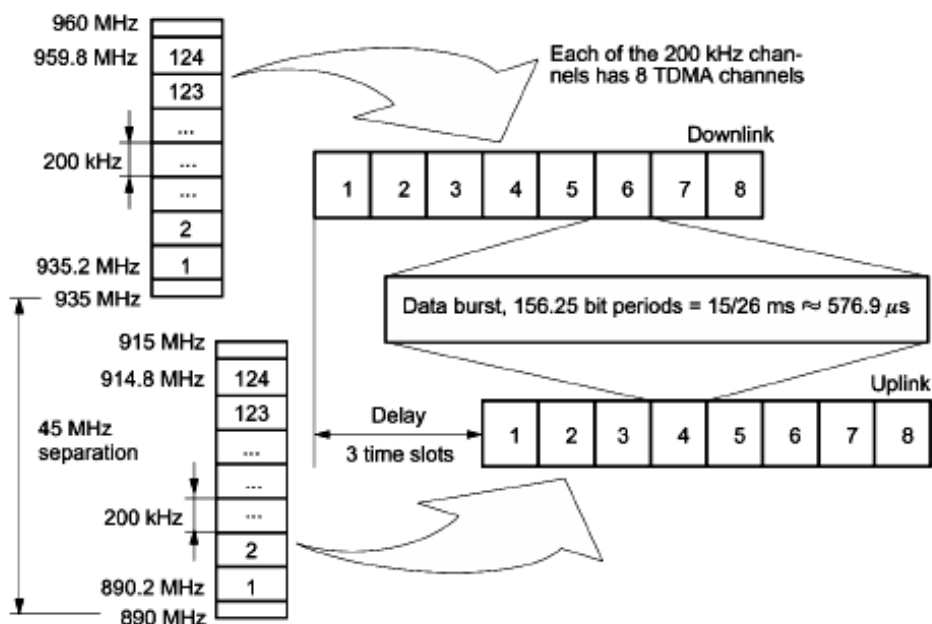


Figura 3-2: Frequência da portadora, trama duplex e TDMA.[13]

A codificação da voz é feita de uma forma complexa, garantindo que na transmissão possam ser detectados e corrigidos os erros. A informação é enviada em formato digital em *timeslots*, tendo cada uma duração de 576.9μs. Como a taxa de transmissão é de 271Kbps, quer isto dizer que, teoricamente, temos 156.25 bits disponíveis por cada *timeslot*. No entanto, é necessário que haja algum tempo entre cada *time slot* sem informação para evitar sobreposições. Esse tempo faz com que sejam inutilizados 8.25 bits, como mostra na Figura 3-3, tendo disponíveis somente 148 bits em cada *timeslot*.

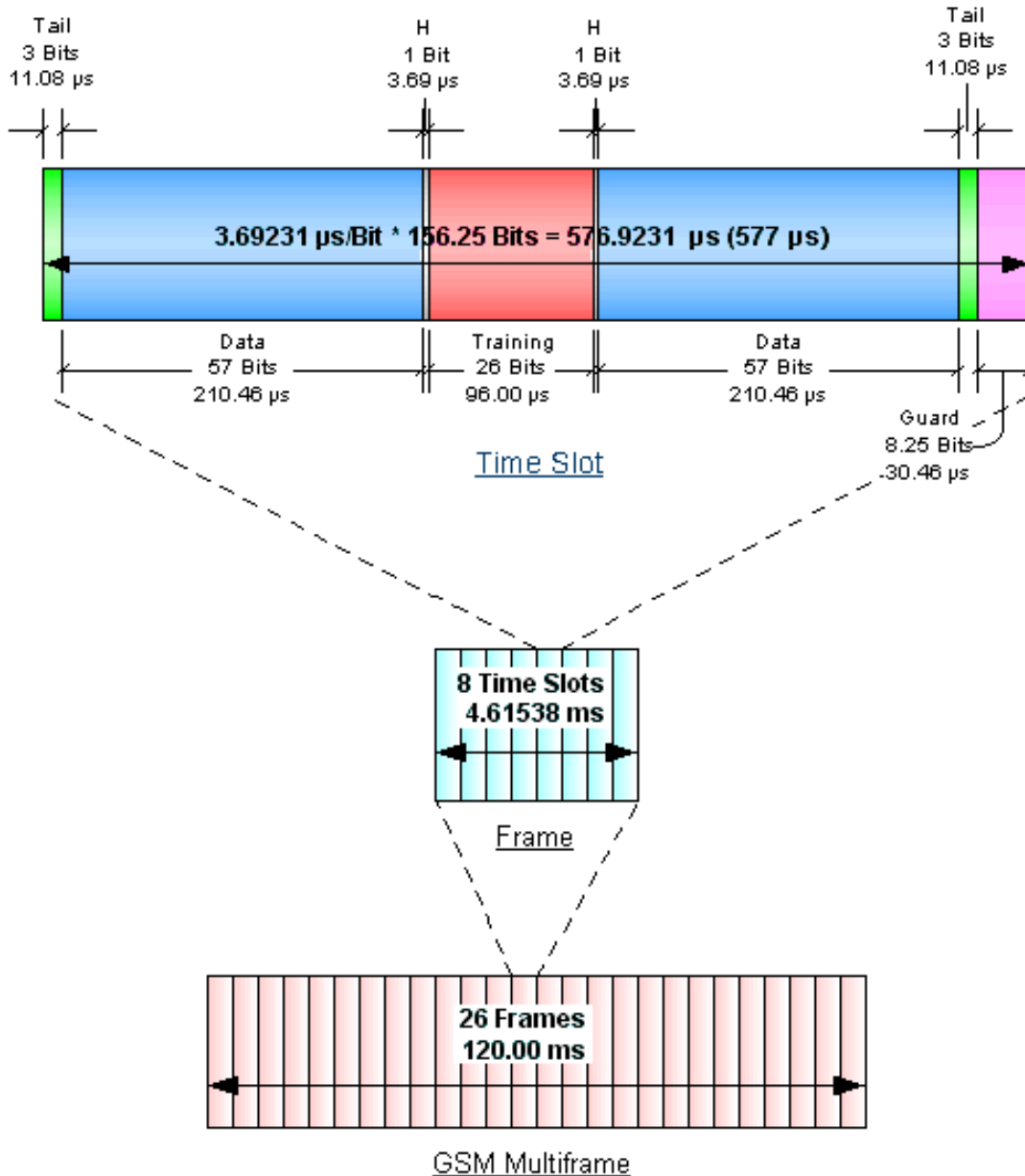


Figura 3-3: Divisão de cada Timeslot. [14]

É necessário sincronizar as comunicações entre a estação base e o terminal móvel, essa sincronização torna-se complexa devido à mobilidade dos assinantes, já que estes podem estar a diferentes distâncias da estação base e, não podendo desprezar o atraso da propagação das ondas, é necessário definir o momento em que se deve ser transmitida a informação. Para compensar o atraso de propagação do sinal entre a estação móvel (MS - *Mobile Station*) e a estação de transmissão (BTS - *Base Transceiver Station*), é introduzido um avanço no tempo (TA - *Timing Advance*). O TA é atribuído à MS pela estação base do sistema (BSS) sabendo a distância a que está a estação móvel.

3.1.2- Estrutura da rede GSM

A rede GSM é constituída por vários interfaces e componentes que facilitam a recepção e o envio de mensagens de sinalização e tráfego.

Podemos dividir a rede GSM em quatro grandes áreas, como ilustrado na Figura 3-4. Estas são: a estação móvel (MS), a estação base dos subsistemas (BSS), o subsistema de rede (NSS - *Network Subsystem*) e rede de dados (GPRS core Network).

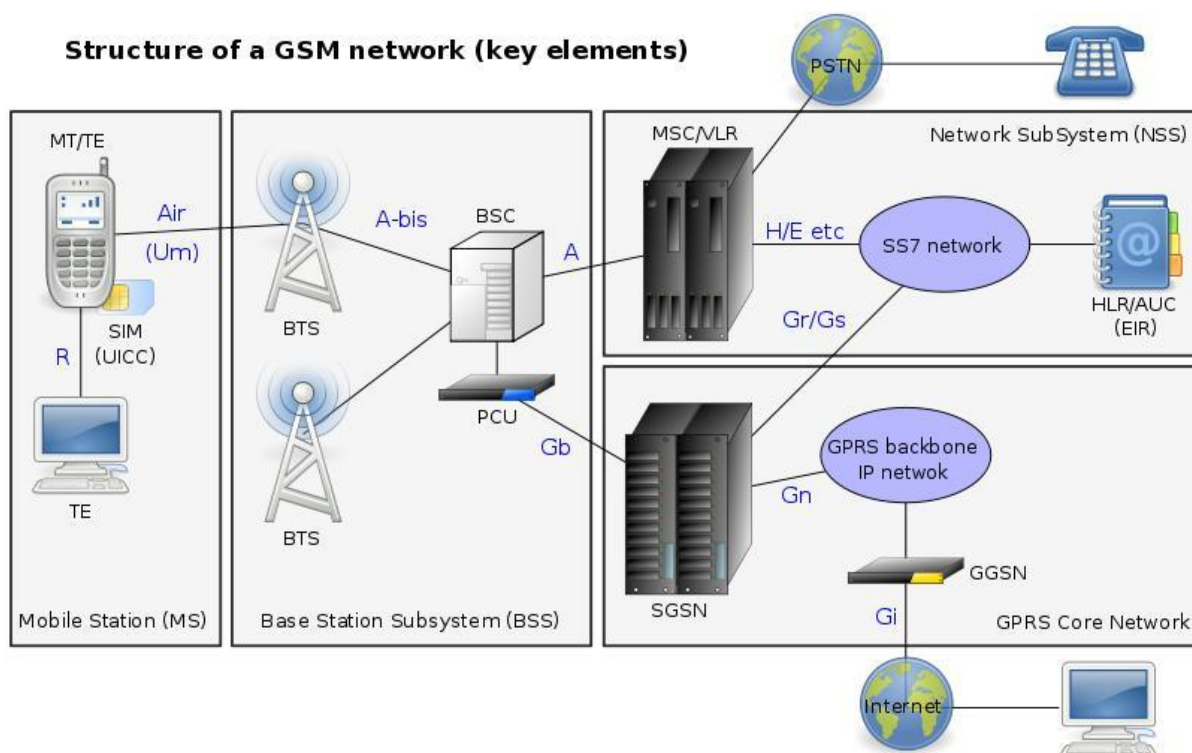


Figura 3-4: Estrutura da rede GSM. [15]

A estação móvel (MS) subdivide-se em dois componentes, equipamento móvel e o *smartcard SIM* necessário para o registo na rede.

O equipamento móvel (ME- Mobile Equipment) deve possuir a capacidade de operar na rede GSM. Os primeiros telemóveis operam apenas numa única banda. Havendo telemóveis mais recentes que tem a capacidade técnica de operar em quatro bandas (*Quad-Band*). No entanto, os mais comuns trabalham em duas ou três bandas (*Dual-Band* e *Tri-Band*, respectivamente). Cada telemóvel tem um número de identificação único a nível mundial o IMEI. Este número é atribuído pelo fabricante.

Quando ao *SmartCard SIM* que integra a estação móvel, este pode armazenar números de telefone e possui informações sobre o assinante para acesso do dispositivo à rede GSM, permitindo que os assinantes acedam aos serviços subscritos independentemente do terminal utilizado. Cada cartão SIM está protegido por um número de identificação pessoal de 4 dígitos (PIN), e um código de desbloqueio de 8 dígitos (PUK). Este é usado quando o código PIN é incorrectamente introduzido três vezes consecutivas.

A estação base do subsistema encarrega-se da ligação rádio com a estação móvel. Estando dividida em duas partes: estação rádio de transmissão (BTS - *Base Transceiver Station*) e a estação base de controlo (BSC - *Base Station Controller*). A comunicação entre estas duas estações é realizada por intermédio da interface standard *A-bis*, que permite a interacção entre os componentes de diferentes fornecedores. A BTS aloja os receptores/transmissores de rádio e suporta os protocolos de ligação rádio com a estação móvel. A estação de transmissão opera com a codificação de voz, criptografia de multiplexação (TDMA) e modulação/demodulação dos sinais rádio. Cada BTS cobre um sector de 120 graus numa determinada área, como ilustrado na Figura 3-5, normalmente uma torre tem 3 BTS o que permite cobrir os 360 graus da área em seu redor.

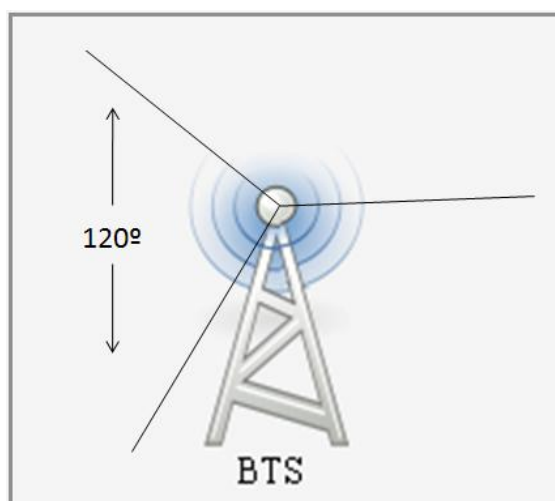


Figura 3-5: Ângulo de cobertura de cada BTS.

A estação base de controlo (BSC) gere vários BTSs, como ilustrado na Figura 3-6, e faz a ligação entre estes e o centro de comutação móvel (MSC - *Mobile Switching Center*). A BSC tem como função alocar os canais de rádio, a administração das frequências, medir o nível de potência do sinal dos MS e ligação de um BTS a outro caso sejam controlados no mesmo BSC. Esta estação tem a função de concentrar as comunicações para reduzir o número de conexões com o MSC.

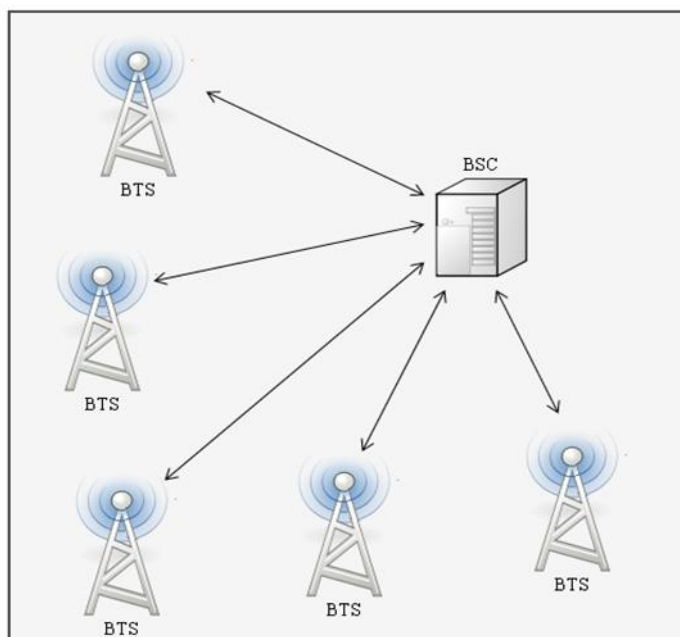


Figura 3-6: Interação entre os BTSs e o BSC.

O subsistema de rede tem um componente principal o MSC, que se encarrega de encaminhar as chamadas entre uma estação móvel e um terminal fixo, estabelecendo também as ligações com outros MSCs. Existe um tipo de importante de MSC, o *Gateway Mobile Switching Center (GMSC)* cuja sua função é estabelecer uma ligação entre duas redes, como representado na Figura 3-7. Ou seja, se um assinante móvel quiser fazer uma chamada para um terminal de outra rede é necessário que a ligação se estabeleça pelo GMSC de modo a que seja ligado à rede telefónica pública (PSTN - *Public Switched Telephone Network*).

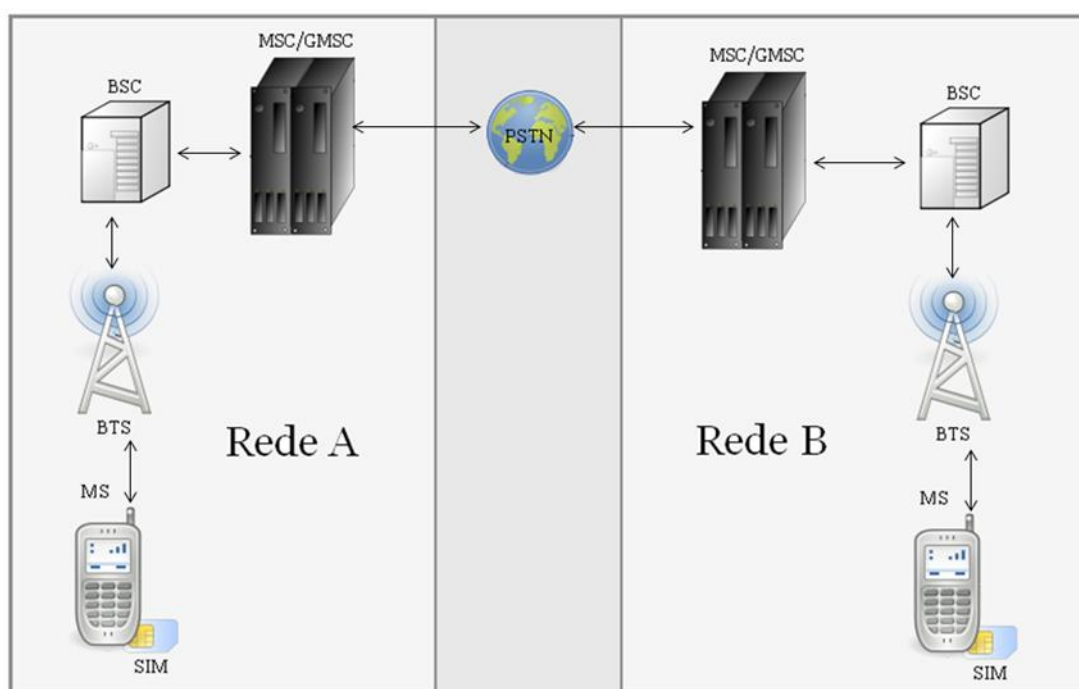


Figura 3-7: Ligação de um MS da rede A a um MS da rede B.

No subsistema de rede estão presentes base de dados, Figura 3-4, o *Home Location Register* (HLR) que retém os dados dos assinantes registados na rede GSM e a localização da estação móvel. Outra base de dados é a *Visitor Location Register* (VLR) que encerra um subconjunto de informações do HLR, contendo apenas os assinantes que estão actualmente na sua área de localização. Com o VLR é reduzido o número de consultas ao HLR, reduzindo assim o tráfego na rede. Os VLRs são identificados pelo código da área de localização (LAC - *Location Área Code*) que permite saber a sua posição dentro da rede.

O *Equipment Identity Register* (EIR) é uma base de dados que contém uma lista com todos os equipamentos validados na rede usando o código único de cada aparelho, o IMEI. Cada rede possui apenas um EIR, sendo composto por uma lista branca, uma lista cinzenta e uma lista negra.

A lista negra contém os IMEIs a que será negado o acesso à rede. As razões podem ser: o aparelho é roubado ou clonado, o aparelho não reúne todas as capacidades técnicas para aceder à rede ou está a funcionar mal.

Os IMEIs que constam da lista cinzenta são aparelhos que estão a ser monitorizados devido a actividades suspeitas. A lista branca não tem nenhum IMEI guardado, ou seja, se um determinado IMEI não está na lista negra ou cinzenta então está “na lista branca”.

O *Authentication Center* (AuC) é uma base de dados protegida que guarda variáveis do cartão SIM usados para a autenticação na rede [13].

A arquitectura da rede GSM viu-se aumentada com a evolução da norma GSM, evolução que se designa por *General Packet Radio Service* (GPRS), representado na Figura 3-4. Com esta evolução passou a ser possível fazer transferência de dados por pacotes, que utilizam a rede somente quando é necessário. Assim, o utilizador deste tipo de serviço pode estar ligado à rede durante longos períodos de tempo sem que tenha custos, uma vez que é facturado o volume de dados trocados em vez do tempo de ligação.

O GPRS utiliza a arquitectura GSM para o transporte da voz, e permite o acesso à rede de dados, como é o caso da internet, utilizando o protocolo IP ou o protocolo X.25. Permite-se, assim novos serviços que não eram possíveis na norma GSM, como o serviço de ligação ponto-a-ponto (PTP), o serviço ponto-a-multipontos (PTMP) e, para além destes serviços, passa a ser possível enviar e receber SMS utilizando o GPRS.

Para que o GPRS fosse integrado na arquitectura GSM foi necessário introduzir novas classes de nós na rede, designando os nós introduzidos de *GPRS Support Nodes* (GSN). Os nós GSN são responsáveis por entregar e encaminhar os pacotes de dados da estação móvel e pacotes de dados de redes externas *Packet Data Networks* (PDN). O *Serving GPRS Support Node* (SGSN) é responsável por entregar os pacotes de dados de e para as estações móveis dentro da sua área de serviço geográfica. A *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) é responsável pelo interface com redes de pacotes de dados externas, como, por exemplo, a internet. Convertendo os pacotes de dados provenientes do SGSN para um formato *Packet Data Protocol* (PDP) apropriado, ou seja protocolo IP ou X.25, e enviar para a rede externa de destino [13].

3.2- Tecnologia GPS

O *Global Positioning System* (GPS) foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para determinar a posição de um lugar na Terra, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre. Começou a ser desenvolvido na década de 1960, com o nome “Projecto NAVSTAR”, sendo declarado totalmente operacional em 1995.

O posicionamento global é possível devido a 24 satélites que dão uma volta à Terra em cada 12 horas e que enviam continuamente sinais de rádio. Em cada ponto da Terra estão sempre visíveis quatro satélites, Figura 3-8. A partir dos diferentes sinais desses satélites, o receptor GPS determina a posição sobre a Terra em relação ao equador e ao meridiano de Greenwich que se traduz por três números: latitude, longitude e a altitude[16].

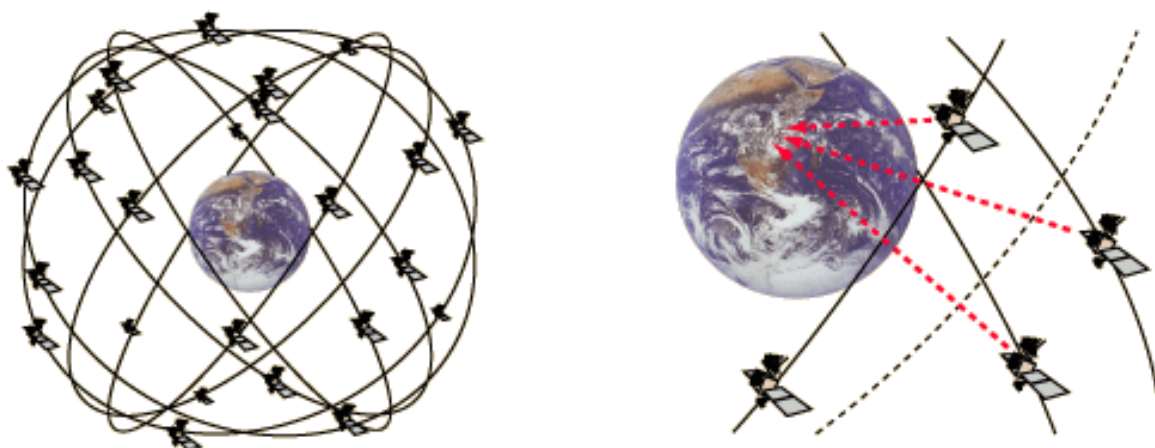


Figura 3-8: Satélites do sistema GPS.[17]

3.2.1- Altitude

A Terra é aproximadamente esférica, com um ligeiro achatamento nos pólos. Para se determinar a altitude de um ponto sobre a Terra definiu-se uma esfera de referência com um raio de 6378 km, sendo que a altitude de um determinado ponto é a distância na vertical entre esse ponto e a superfície de referência. A altitude de alguns pontos tomar valores negativos, como na Figura 3-9 [18].

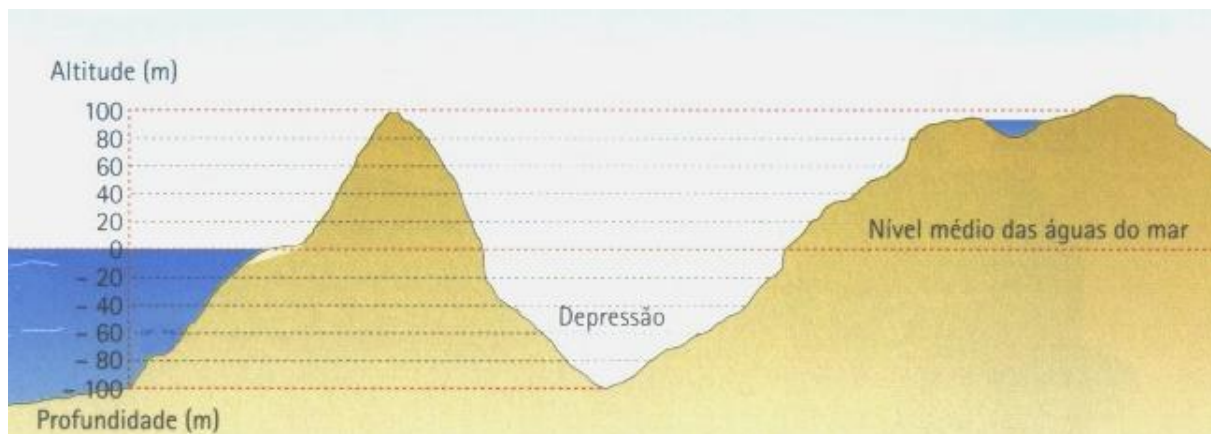


Figura 3-9: Altitude.

3.2.2- Triangulação

Para se conseguir determinar a localização de um ponto na superfície terrestre através de um receptor GPS, este tem de receber o sinal de quatro satélites.

Com a recepção do sinal de um satélite, o receptor GPS determina a que distância se encontra deste. O que, em termos gráficos, se traduz numa esfera imaginária, Figura 3-10a, com um raio igual à distância entre o satélite e o receptor. Este último pode estar num qualquer ponto desta superfície esférica. Com o sinal recebido de um segundo satélite, a incerteza da localização é reduzida ao hiperbolóide composto pela intersecção entre as duas esferas, Figura 3-10b, estando o receptor localizado num ponto da mesma. O sinal recebido de um terceiro satélite intersecta o hiperbolóide anterior em dois pontos. Como normalmente um dos pontos se encontra longe da Terra ou com uma velocidade elevada, o ponto de localização sobre a superfície terrestre fica automaticamente determinado por exclusão de partes (Figura 3-10c).

O quarto satélite é utilizado como auxiliar, enviando ao receptor um sinal usado como referência para determinar o instante em que ocorre o envio dos sinais dos diferentes satélites. Uma vez que os relógios dos satélites estão todos sincronizados e enviam os sinais todos ao mesmo tempo, o receptor, com base no atraso, e na velocidade de propagação dos sinais emitidos determina a sua distância a cada um dos satélites [19].

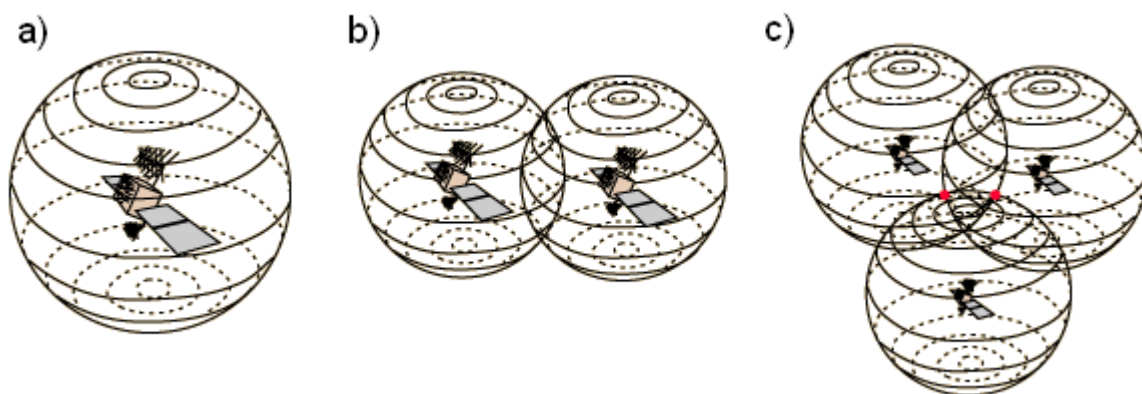


Figura 3-10: Sistema de triangulação para determinar a posição sobre a superfície terrestre.[17]

3.2.3- Arquitectura do Receptor GPS

O receptor GPS recebe os sinais dos satélites, sinais que são amplificados e posteriormente processados segundo um algoritmo, Figura 3-11. Apresentando na saída todas os dados que foram possíveis extrair dos sinais recebidos, no formato que respeita o protocolo NMEA.

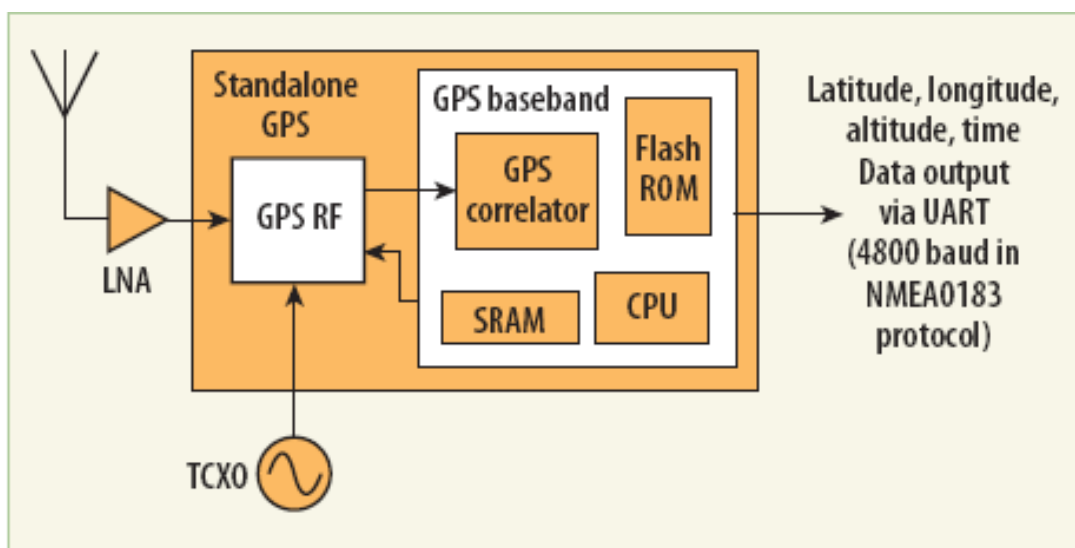


Figura 3-11: Arquitectura do receptor GPS.[20]

3.2.4- Protocolo NMEA

A associação sem fins lucrativos *National Marine Electronics Association* (NMEA), é uma associação de fabricantes, distribuidores, instituições de ensino e outros interessados em periféricos electrónicos de instrumentação marinha. Esta associação desenvolveu o protocolo NMEA 0183, consistindo num conjunto de especificações de dados e eléctricas para a comunicação de dispositivos electrónicos tais como anemómetros, sonares, receptores GPS,

giroscópios e muitos outros tipos de instrumentos. É usado o código ASCII e a comunicação série para a transmissão dos dados do emissor para um receptor. Prevendo um único emissor unidireccional que transmite uma mensagem para vários receptores ao mesmo tempo, as ligações entre os vários dispositivos podem ser feitas por RS-232,RS-422,RS-423 [21].

O protocolo NMEA 01083 teve uma evolução que se denomina por NMEA 2000. Com esta evolução as transmissões passaram a ser bidireccionais, com multi-transmissores e multi-receptores na mesma rede de dados. Passando a ser uma rede multi-mestre e auto configurável não havendo a necessidade de um controlador central. Os equipamentos podem ser retirados ou adicionados não havendo necessidade de desligar a rede. A velocidade de transmissão de dados da interface série foi aumentada 26 vezes em comparação com o NMEA 0183.

O protocolo NMEA2000 passou a usar a rede conhecida como *Controller Área NetWork* (CAN), rede desenvolvida para operar em ambientes electricamente ruidosos, para ser robusta, confiável e com um tempo previsível de acesso dos equipamentos à rede [22].

Na Figura 3-12 temos uma possível configuração da rede CAN com equipamentos que utilizam o protocolo NMEA 2000.

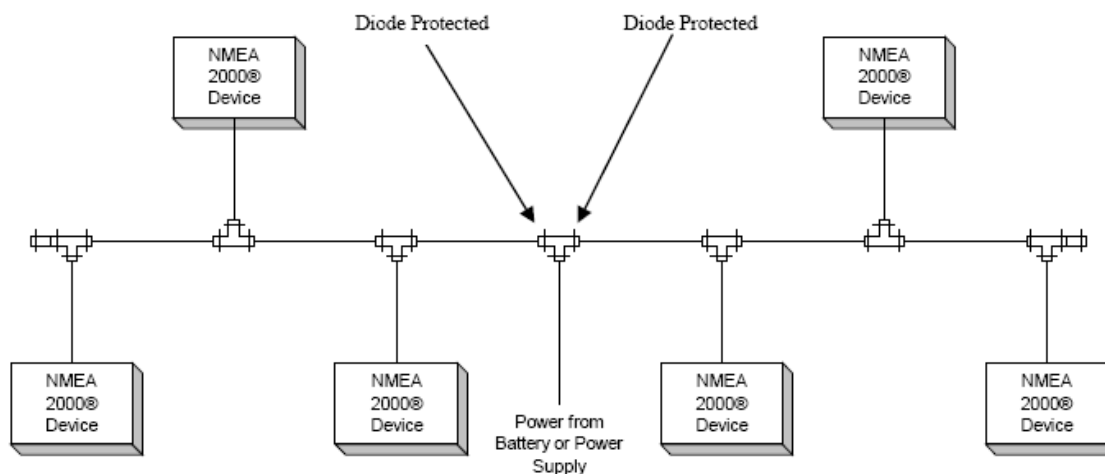


Figura 3-12: Rede CAN com equipamentos que utilizam o protocolo NMEA 2000[22].

Após a descrição do formato das tramas que são disponibilizadas pelos equipamentos de GPS que usam o protocolo NMEA 0183, feita no ponto 2.2- do capítulo 2, apresenta-se a descrição completa de uma das tramas disponibilizada pelo GPS:

Exemplo de mensagem \$GPGGA com sinal recebido em más condições:

\$GPGGA,235947.000,0000.0000,N,00000.0000,E,0,00,0.0,0.0,M,,0000*00

Exemplo de mensagem \$GPGGA com sinal recebido em boas condições:

\$GPGGA,092204.999,4250.5589,S,14718.5084,E,1,04,24.4,19.7,M,,0000*1F

Tabela 3-1: Mensagem GPGGA disponibilizada pelo GPS (NEMA 0183) [23].

Field	Example	Comments
Sentence ID	\$GPGGA	
UTC Time	092204.99	hhmmss.ss
Latitude	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S Indicator	S	N=North, S=South
Longitude	14718.5084	dddmm.mmmm
E/W Indicator	E	E= East, W= West
Position Fix	1	0 = Invalid, 1= Valid SPS, 2= Valid DGPS, 3= Valid PPS
Satellites Used	04	Satellites being used (0-12)
HDOP	24.4	Horizontal dilution of precision
Altitude	19.7	Altitude in meters according to WGS-84 ellipsoid
Altitude Units	M	M= Meters
Geoid Separation		Geoid separation in meters according to WGS-84 ellipsoid
Separation Units		M= Meters
DGPS Age		Age of DGPS data in seconds
DGPS Station ID	0000	
Checksum	*1F	
Terminator	CR/CF	

3.3- Microcontrolador

Os microcontroladores possuem uma unidade lógica e aritmética (ALU - *Aritmetic and Logic Unit*), uma unidade de processamento (CPU - *Central Processing Unit*), memória interna e dispositivos periféricos, tudo integrado no mesmo encapsulamento. Os periféricos conferem uma maior flexibilidade ao microcontrolador. Estes variam de acordo com o tipo de modelo. Os mais comuns são os seguintes:

- ADC- Portas destinadas a conversão Analógico/Digital;
- UART's - Portas para a comunicação série RS232 ou RS485;
- I2C/SPI/etc. - Portas de comunicação que permitem interligar periféricos externos podendo este ser outro microcontrolador permitindo realizar tarefas complexas;
- *Timer's* - Utilizados em tarefas que necessitem de temporizador;
- *Watchdog Timer* (WDT) - Este temporizador permite vigiar o processamento do CPU: caso o programa se perca o WDT faz um reset ao CPU evitando assim paragens do processamento.

Na Figura 3-13 está ilustrada a arquitectura genérica dos microcontroladores.

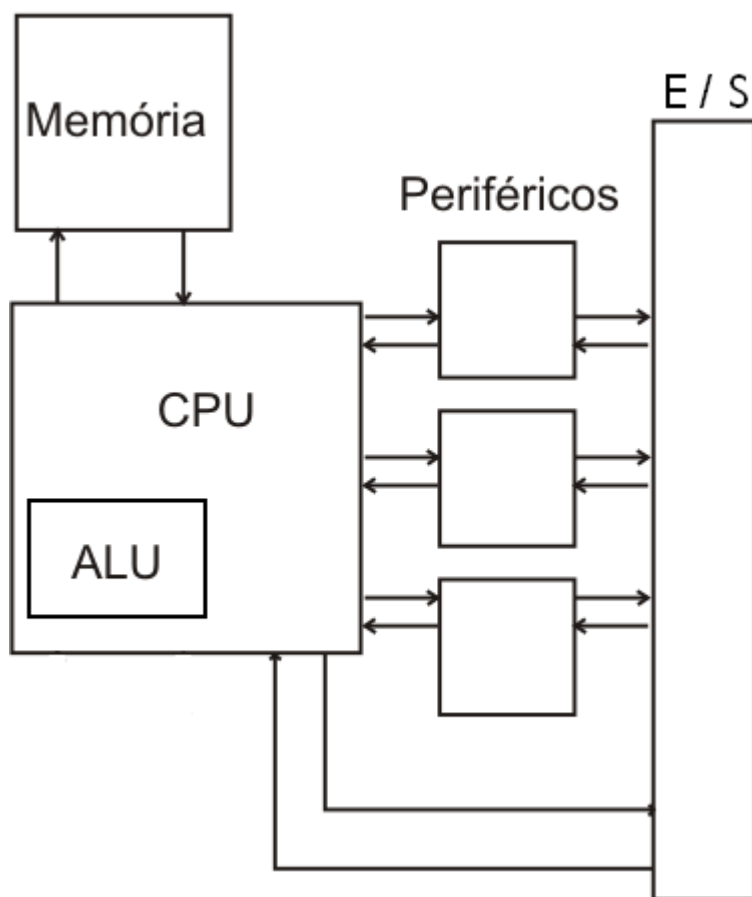


Figura 3-13: Arquitectura microcontrolador.

Relativamente às memórias do microcontrolador existem diferentes tipos, a memória de leitura, a ROM, que pode vir já programado de fábrica e memórias que podem ser programadas pelo utilizador a PROM, EPROM ou EEPROM [24].

Os microcontroladores têm uma frequência de trabalho relativamente baixa em comparação com os microprocessadores. No entanto são utilizados em muitas aplicações com requisitos muito variados. Aplicações que requerem vários tipos de entradas, saídas e interfaces de comunicação, entre outros, o que permite desenvolver a aplicação com um número reduzido de componentes adicionais. Na maioria das aplicações revela-se suficiente um microcontrolador com um barramento de dados de 8 bits.

3.4- Smartphone

Um *smartphone* é um telemóvel que oferece capacidades de computação, possuindo meios de conectividade mais avançadas do que um telemóvel convencional, combinando funcionalidades de um telemóvel com câmara e um assistente pessoal digital (PDA). Possui funcionalidades tais como: aceder ao correio electrónico, organizar contactos, visualizar o

calendário, navegar na internet, enviar e receber mensagens de texto, jogar jogos, ver arquivos multimédia, ver lista das tarefas e sincronização com o computador pessoal.

O utilizador pode usar a sincronização com o computador para manter sempre uma cópia actualizada dos contactos, calendário, correio electrónico, etc. Relativamente a conectividade estes possuem *Wi-Fi* para acesso a internet, *Bluetooth* para a transferência de dados sem fios, permitem a instalação de *software* para acederem a redes privadas virtuais (VPN- *Virtual Private Networking*). Suportam cartões de expansão de diversos formatos podendo ser cartões SD, SDIO ou formato MMC. Os cartões SD e MMC permitem aumentar o espaço de armazenamento do *smartphone*, os cartões SSDIO permitem a ligação de periféricos ao *smartphone*, tais como sistema de navegação, para dispositivo que não possuem GPS integrado, ligar impressoras, leitores de código de barras, ou leitores RFID [25].

Alguns dos sistemas operativos existentes para *smartphone's* são: *Windows Mobile*, *Blackberry OS*, *iOS*, *Palm OS*. Recentemente surgiram *smartphone's* com sistemas operativos abertos: *Symbian*, *Samsung Bada*, *WebOS*, *Android* e *Maemo*.

Os sistemas operativos abertos permitem que qualquer pessoa desenvolva uma aplicação para eles, podendo personalizar o *smartphone* com aplicações desenvolvidas com o propósito de desempenhar tarefas específicas que vão de encontro as necessidades de cada utilizador. Existem ferramentas para o seu desenvolvimento, como é o caso do sistema operativo Android [26].

3.5- Sumário

Neste capítulo foi apresentada a tecnologia de comunicação GSM/GPRS e o seu funcionamento. Foi apresentada a estrutura da rede e as comunicações existentes entre os vários sistemas que constituem a rede GSM/GPRS, referindo os protocolos envolvidos.

A tecnologia de localização GPS também foi abordada, fazendo-se um enquadramento histórico e apresentando o seu funcionamento, bem como os protocolos usados na apresentação da informação.

Apresentou-se o microcontrolador e a sua estrutura interna e o *smartphone*, referiram-se as características que distinguem o *smartphone* dos outros equipamentos semelhante mas com designação diferente.

Capítulo 4

Especificações do Sistema

O presente capítulo apresenta as especificações do sistema desenvolvido mostrando a arquitectura geral e as funções que desempenha, o enquadramento dos vários subsistemas e as aplicações envolvidas na solução.

4.1- Enquadramento geral

O sistema anti-roubo (SAR) contém a tecnologia de comunicação GSM/GPRS e a tecnologia de localização GPS. Os principais elementos que constituem o sistema desenvolvido são: o SAR a instalar no veículo e a aplicação “Encontrar Carro” instalada num *smartphone* com o sistema operativo *Android*. Na Figura 4-1 é apresentada uma visão geral de todo o sistema, sendo visível os sentidos das comunicações entre os vários elementos.

Os satélites GPS enviam os sinais que permitem determinar o posicionamento global. Estes sinais são recebidos pela antena GPS que o SAR dispõe. A comunicação com o utilizador faz-se através da rede GSM, por intermédio de mensagens de texto, permitindo que o SAR envie respostas a pedidos realizados pelo utilizador, ou o envio de informação gerada pelo sistema. O utilizador pode enviar as ordens para o SAR usando um telemóvel ou através da aplicação “Encontrar Carro”.

Quanto à interacção com o computador pessoal, presente na Figura 4-1, esta será realizada com recurso a tecnologia GPRS utilizando uma ligação *Access Point Name* (APN) recorrendo ao protocolo de comunicação TCP/IP. A informação enviada para o computador pessoal será em forma de hiperligação. Esta contém o endereço do *Google Maps* com as coordenadas GPS para visualizar a localização do veículo sobre o mapa.

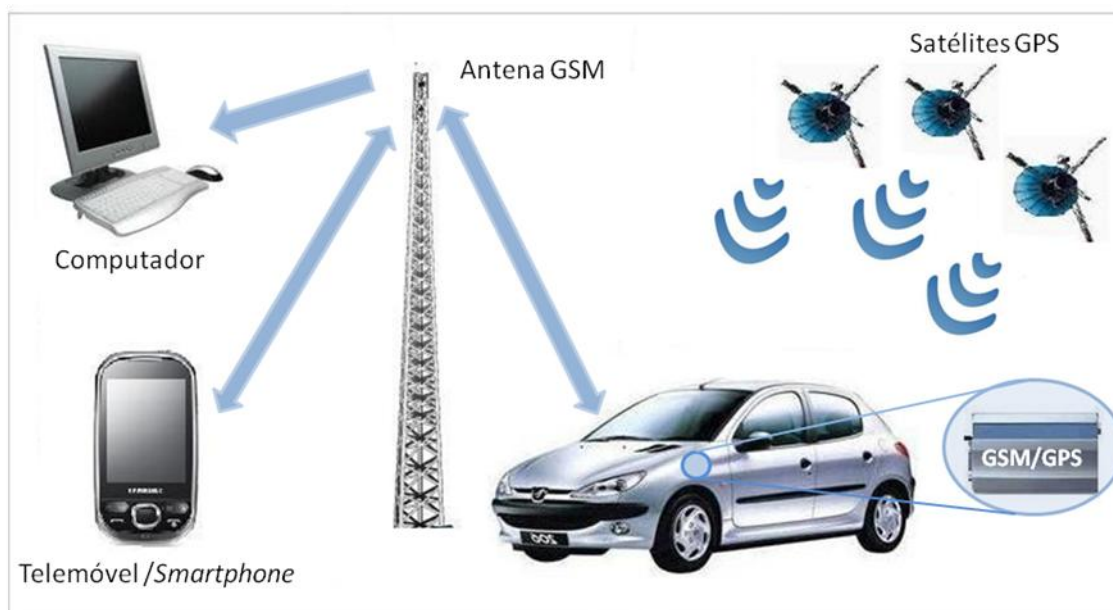


Figura 4-1: Arquitectura geral do sistema.

4.2- Funcionalidades do sistema

4.2.1. Sistema Anti-Roubo

O SAR permite receber os seguintes comandos: ordem para bloquear/desbloquear o veículo, pedidos de localização e pedidos para ouvir o interior do veículo. Os comandos são dados através de um telemóvel, enviando uma mensagem de texto com o código da ordem pretendida para o SAR.

Com o envio do código de bloqueio *bloq#, o veículo será desligado quando a sua velocidade for inferior a 10km/h. Assim, pretendem prevenir-se acidentes que ponham em causa pessoas e bens no momento em que é feito o bloqueio do veículo. A quando do bloqueio é enviada uma mensagem, em resposta a este pedido, com a coordenadas GPS e a velocidade do veículo. Para que o carro seja desbloqueado há duas possibilidades: através do pressionar do botão de desbloqueio ou enviando para o SAR o código *desbloq#.

O pedido de localização é realizado com o envio do código de localização *loc#. Em resposta a este pedido é enviada a localização com as coordenadas GPS não sendo exercida nenhuma acção sobre o veículo. A Figura 4-2 apresenta um conjunto de mensagens do pedido de auxílio, localização e de bloqueio enviadas pelo SAR para o telemóvel.



Figura 4-2: Conteúdo das mensagens de localização, bloqueio e pedido de ajuda.

Para se ouvir o interior do automóvel é necessário enviar, para o SAR, uma mensagem com o código *ouv#. Assim as chamadas recebidas nos subsequentes 3 minutos serão atendidas, permitindo que seja usado qualquer telemóvel ou telefone para se ouvir o interior do veículo. No caso de o cartão do SAR ser pré-pago o seu saldo não é decrementado, havendo saldo disponível para outras acções.

Sem o envio da mensagem, com o código que permite ouvir o interior, ou decorridos os 3 minutos estabelecidos, as chamadas recebidas serão rejeitadas.

Pressionando o botão de pânico que o SAR dispõe é enviado uma mensagem de texto com um pedido de auxílio. A mensagem contém as coordenadas GPS e velocidade do veículo, como apresentado na Figura 4-2. Esta contém a sigla SOS no cabeçalho.

Para ser visualizada a localização do veículo sobre o mapa, no computador pessoal, deve enviar-se para o SAR o código *locpc# e a ligação será estabelecida.

4.2.2. Aplicação do Smartphone

A aplicação “Encontrar Carro” desenvolvida para o *smartphone* está representada na Figura 4-3. A área “Posição Actual” mostra as coordenadas GPS e o endereço onde se encontra o *smartphone*, esta informação pode ser guardada na base de dados pressionando o botão “Guardar Posição Actual” e é preenchida a área “Lembrete Posição”. Com a aplicação aberta todas as mensagens recebidas do SAR são apresentadas automaticamente na área “Mensagem Recebida”, guardadas na base de dados e é preenchido o campo “Lembrete Posição”.



Figura 4-3: Apresentação da aplicação Encontrar Carro

Caso seja recebida uma mensagem e a aplicação não esteja aberta é possível copiar a mensagem e inserir na aplicação. Pressionado o botão “Inserir Coordenadas” e introduzindo no campo que aparece com a mensagem “Insira aqui a Mensagem”, como apresenta a Figura 4-4. A mensagem inserida é tratada como se tivesse sido recebida com a aplicação aberta, preenchendo automaticamente os campos “Lembrete Posição” e “Mensagem recebida”.

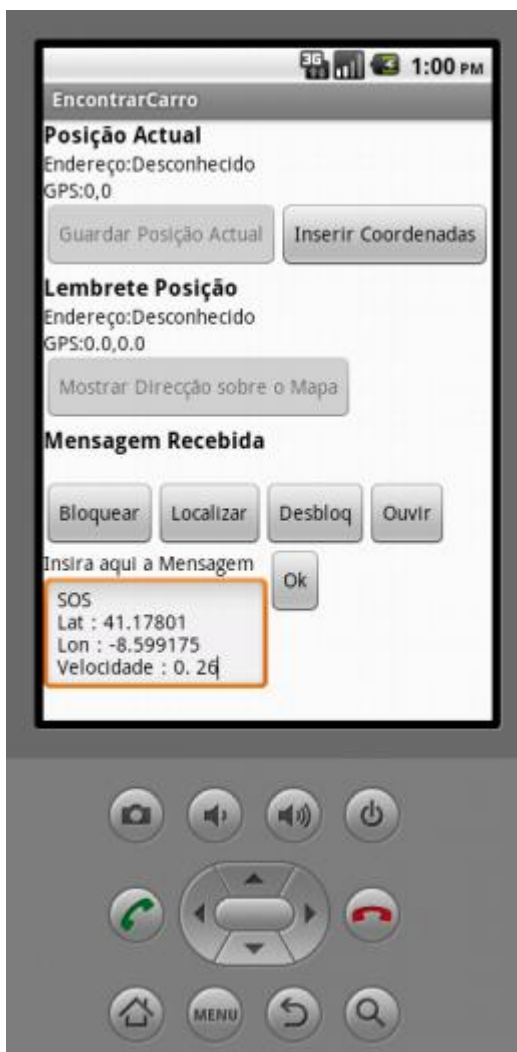


Figura 4-4: Inserir mensagem na aplicação.

Os botões presentes na parte inferior da aplicação são dedicados ao envio de mensagens de texto, com o código correspondente a acção que pretendemos que o SAR execute. O envio da mensagem ocorre automaticamente com o pressionar do botão correspondente à acção pretendida. Para que não sejam enviadas acidentalmente ordens para o SAR surge no ecrã um aviso, este pergunta se pretende enviar o comando que corresponde ao botão pressionado. O comando só é enviado se for pressionada a opção “Sim” presente no aviso, como ilustrado na Figura 4-5.

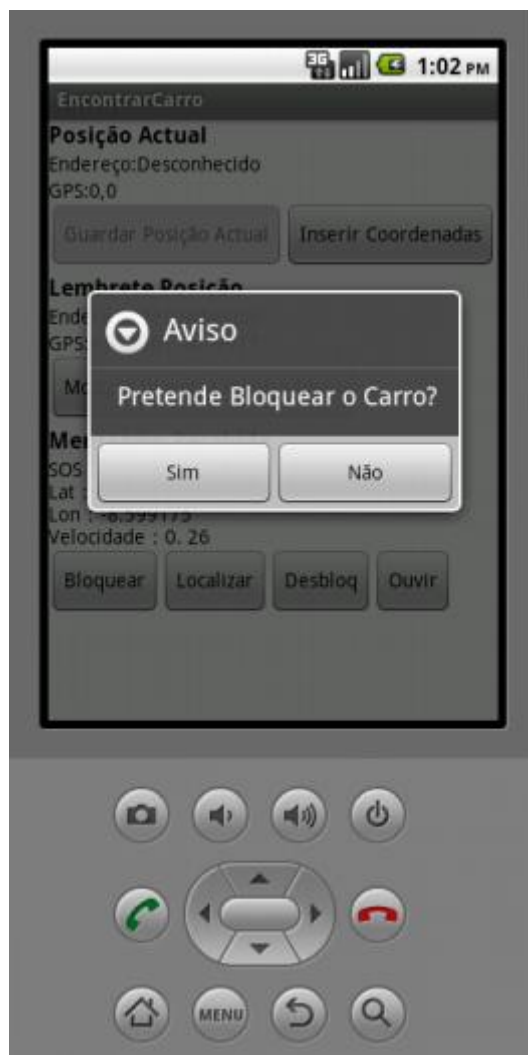


Figura 4-5: Aviso para confirmação da ordem de bloqueio.

As mensagens recebidas com a aplicação aberta são tratadas automaticamente e apresentadas no ecrã do *smartphone* se forem enviadas a partir do SAR. Mensagens recebidas de outros números são ignoradas pela aplicação.

Quando a aplicação é aberta são preenchidos automaticamente o campo correspondente a “Posição Actual” e “Lembrete Posição”, sendo que o “Lembrete Posição” só é preenchido se houver localizações guardadas na base de dados.

Só é possível pressionar o botão “Mostrar Direcção Sobre o Mapa” se os campos “Posição Actual” e “Lembrete Posição” estiverem preenchidos. Após acção sobre o botão a aplicação acede ao GoogleMaps, como mostra na Figura 4-6.



Figura 4-6: Acesso da aplicação “EncontrarCarro” ao GoogleMaps.

Pressionado “Ir” é gerada a descrição do trajecto desde a “Posição Actual” até a “Lembrete Posição”. Após gerada a descrição do itinerário seleccionado há a opção de o apresentar sobre o mapa. Com a descrição, como mostra a Figura 4-7, e o traçado sobre o mapa apresentado na Figura 4-8, o utilizador pode deslocar-se rapidamente para o local onde se encontra o veículo.

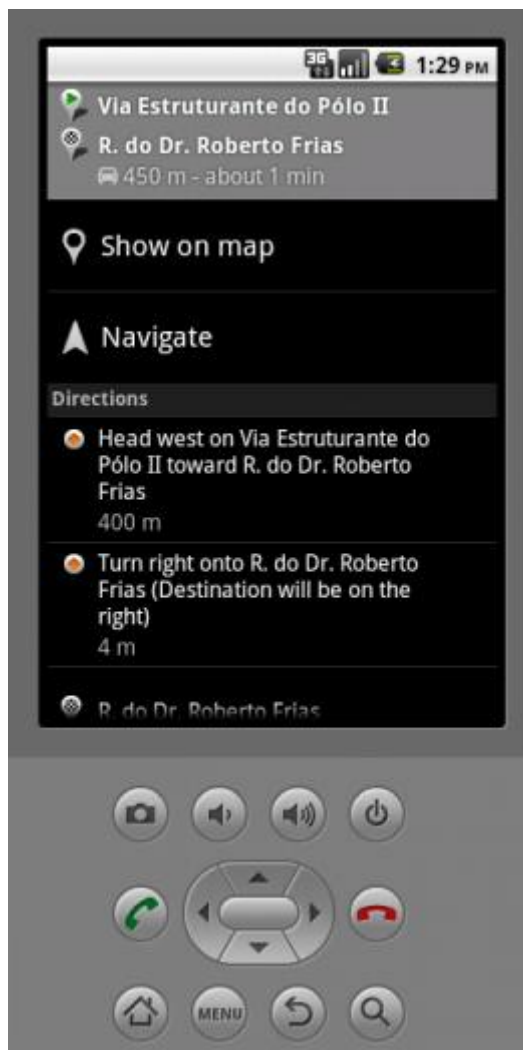


Figura 4-7: Descrição do itinerário.



Figura 4-8: Traçado sobre o mapa do itinerário.

A funcionalidade que permite obter percursos entre os dois pontos geográficos pode ser utilizada em várias situações como, por exemplo, para relembrar o local onde foi estacionado o veículo. O local do estacionamento pode ser guardado utilizando o botão “Guarda Posição Actual” a quando do estacionamento, e posteriormente obter o percurso até o local onde está o veículo. Assim o utilizador evita um pedido de localização ao SAR.

4.3- Sumário

Neste capítulo apresentou-se a arquitectura geral do sistema desenvolvido e a interacção entre os subsistemas e as suas funcionalidades. Em relação ao SAR foram apresentadas as funções que desempenha e os códigos dos comandos relativos a cada função. Referiram-se as funcionalidades implementadas na aplicação “Encontrar Carro”, que permite que o utilizador controle o sistema de uma forma simples e intuitiva. Referiram-se ainda as formas como são apresentadas, ao utilizador, as informações provenientes do SAR.

Capítulo 5

Arquitectura do Sistema Anti-roubo

Neste capítulo apresenta-se o *hardware* e *software/firmware* que integram a arquitectura geral anteriormente apresentada, bem como as soluções desenvolvidas para o sistema anti-roubo em estudo, que permitem o desempenho das funções referidas no capítulo anterior.

5.1- *Hardware* utilizado

O *hardware* utilizado no SAR pode subdividir-se em seis blocos, sendo estas a fonte de alimentação, o microcontrolador, o módulo de comunicação GSM/GPRS & GPS, optoacopladores, transístores *Darlington* e relés. A Figura 5-1 ilustra a arquitectura do *hardware* que integra a solução.

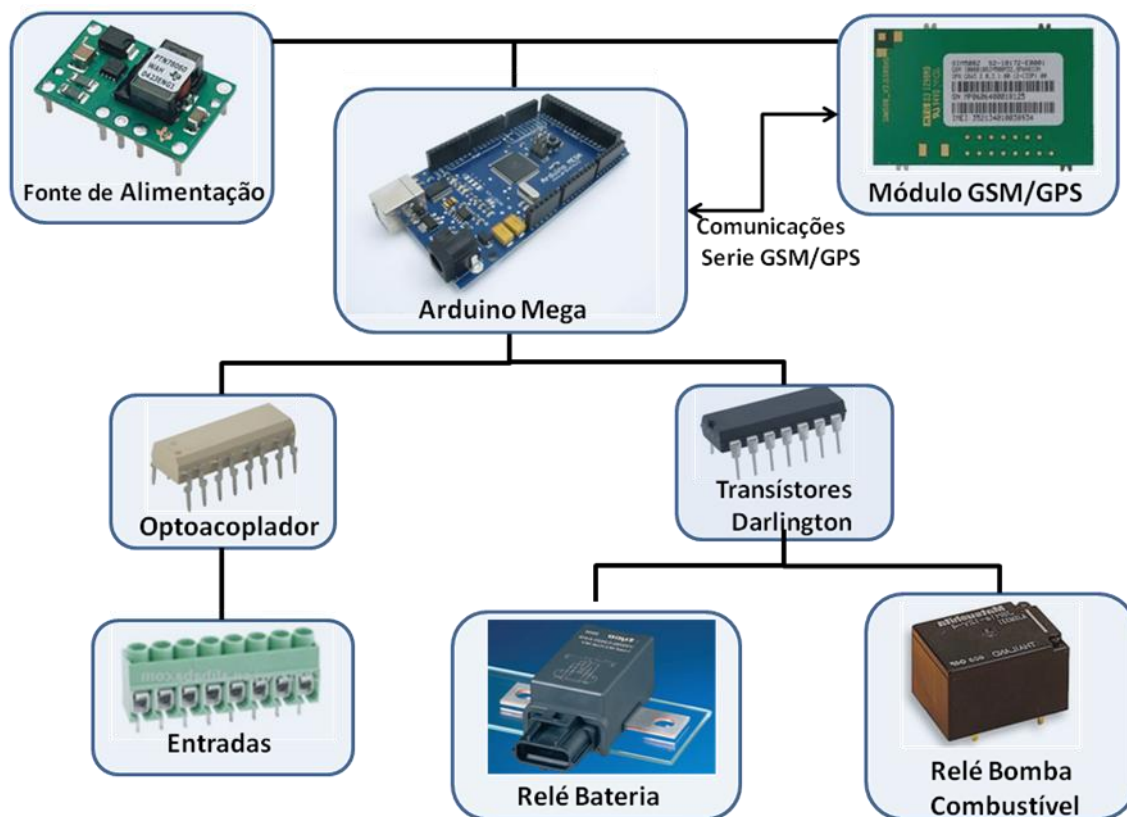


Figura 5-1: Arquitectura geral do hardware utilizado.

5.1.1. Fonte de alimentação

O SAR será ligado à bateria de 12V do veículo. Assim há, necessidade de um conversor DC/DC, de tensão, para dispor dos níveis de tensão de 5V e 8V necessários para alimentar os subsistemas que o integram. O circuito electrónico tem de ser protegido de sobretensões e sobrecorrentes que ocorrem quando se liga o veículo. O conversor DC/DC escolhido foi o PTN78060W, ilustrado na Figura 5-2. Este é adequado para aplicações na indústria automóvel e pode fornecer na saída 3A. A tensão de saída é ajustável podendo-se definir um valor entre 2.2V a 12.6 V. A tensão de entrada pode variar de 7V a 36V.



Figura 5-2: Conversor DC/DC de tensão comutado PTN78060W.

5.1.2. Microcontrolador

O algoritmo que controla todo o SAR está implementado no microcontrolador *ATmega1280*, disponível já montado numa placa de circuito impresso designada *Arduino Mega*, ilustrada na Figura 5-3. O microcontrolador possui 54 pinos de entra/saída (14 dos quais podem ser utilizados como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 portas série (UART), I2C, SPI e funciona com uma tensão de 5V. No entanto, a placa *Arduino Mega* é alimentada a 8V uma vez que possui um regulador de tensão que fornece os 5V para o microcontrolador. É necessário que na entrada do regulador de tensão presente na placa esteja uma tensão superior a 7V, para que o mesmo disponha dos 5V na sua saída.

A presença das quatro portas série foi umas das características que mais peso teve na escolha deste microcontrolador. Sendo necessário duas portas série para comunicar com o módulo GSM/GPRS & GPS.

A placa *Arduino Mega* dispensa montagens extras para que possa ser utilizada. A programação é realizada recorrendo ao *software Arduino*. O *software* é baseado no ambiente *Processing*, e está disponível no *site* oficial da comunidade *Arduino*. O código é escrito na linguagem de programação *Arduino*, baseada na linguagem *Wiring* [27]. O programador tem ao dispor bibliotecas, que permitem simplificar a implementação de funções como, por exemplo, gestão das comunicações da porta série.

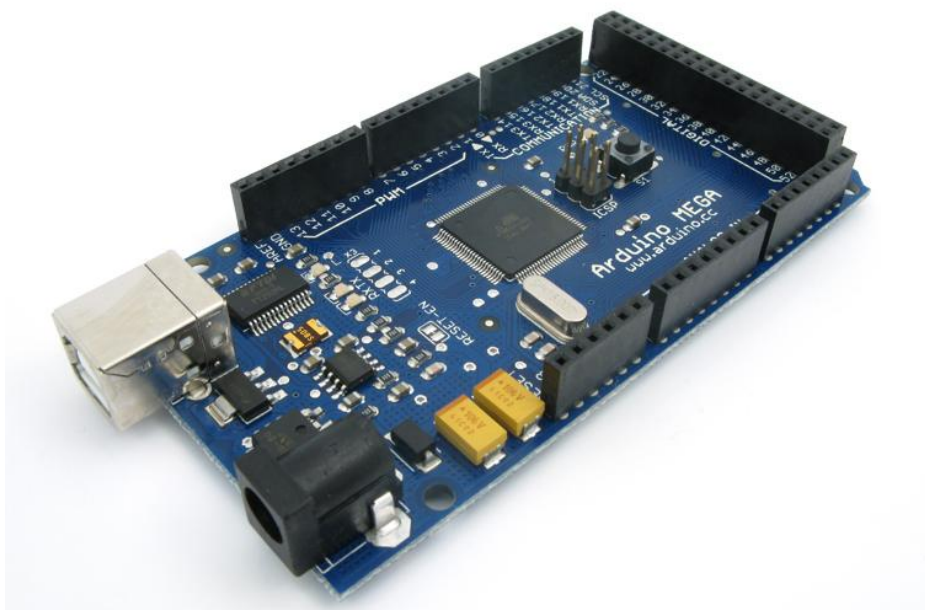


Figura 5-3: *Arduino Mega*.



Figura 5-5: Kit de desenvolvimento para o módulo SIM 548.

5.1.4. Optoacoplador

As entradas para os sensores foram isoladas opticamente do restante circuito do SAR, usando o componente TLP620 apresentado na Figura 5-6. Este circuito integrado possui dois LEDs em anti-paralelo, salvaguardando assim a troca de polaridades ao fazer as ligações dos sensores. Como as entradas são isoladas, podem ser utilizadas tensões relativamente elevadas, sem correr o risco de danificar o *Arduino Mega* que a elas está ligado.

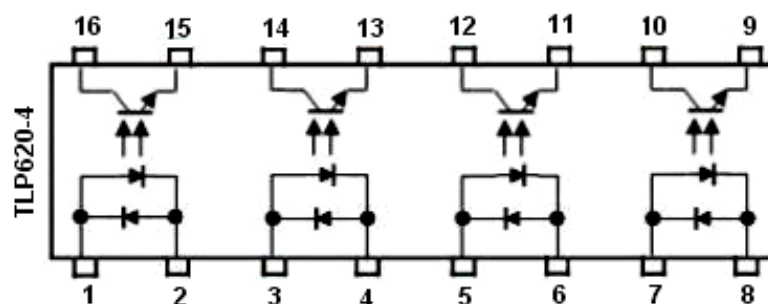


Figura 5-6: Optoacoplador TLP620.

5.1.5. Transístores *Darlington*

As saídas do SAR, são accionadas por intermédio do componente ULN2803A ilustrado na Figura 5-7. Este é constituído por transístores *Darlington* que suportam tensões de 50V e correntes de 500mA, vocacionados para comandar relés.

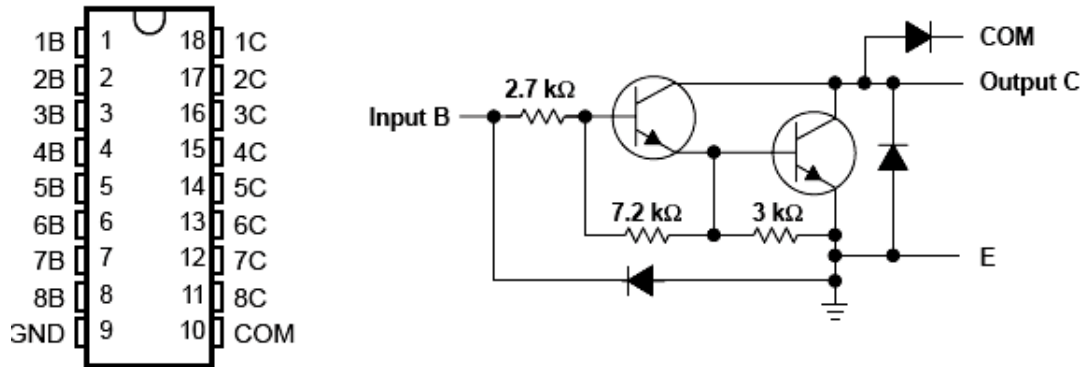


Figura 5-7: Transístores *Darlington*.

5.1.6. Relés

Para imobilizar o veículo é necessário actuar em pontos específicos fazendo com que o motor do mesmo se desligue. Um dos pontos a actuar é a bateria, que será desligada através do relé V23130C2021A412, mostrado na Figura 5-8. Este relé é biestável, ou seja, permanece com os contactos abertos ou fechados sem consumir energia, sendo necessário uma ordem para abrir os contactos e outra ordem para que os contactos se fechem. No momento em que este comuta, a corrente consumida pelo relé atinge 1A. Uma vez que o integrado ULN2803A só suporta correntes de 500mA, foram utilizados nas saídas deste transístores PNP (BD140) que suportam os níveis de corrente do relé da bateria.

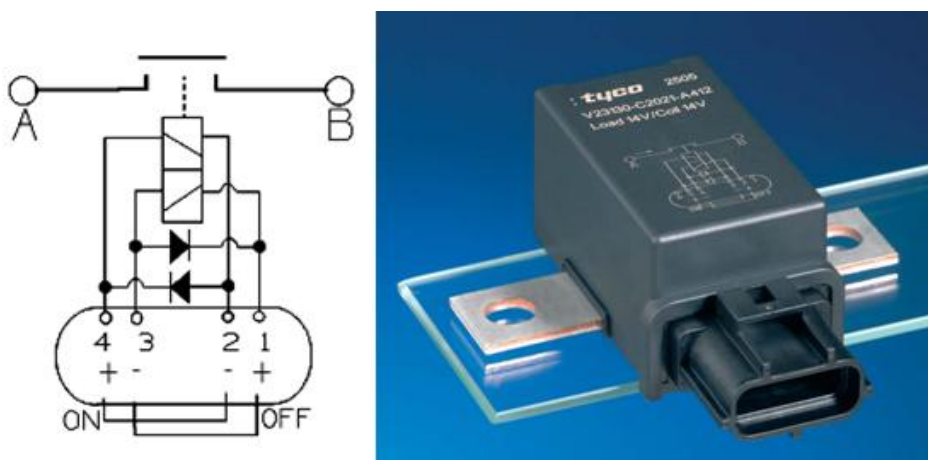


Figura 5-8: Relé para desconectar a bateria.

Outro dos pontos a actuar para desligar o motor é a alimentação da bomba de combustível, fazendo com que o combustível não chegue ao motor, o que resulta no desligar do mesmo. Para actuação neste ponto foi utilizado o relé JSM1-12V-4, apresentado na Figura 5-9.

O SAR possui dois relés JSM1-12V-4, sendo um deles auxiliar para desempenhar uma função que actue noutro ponto do veículo, podendo esta função não estar relacionada com o bloqueio do mesmo.

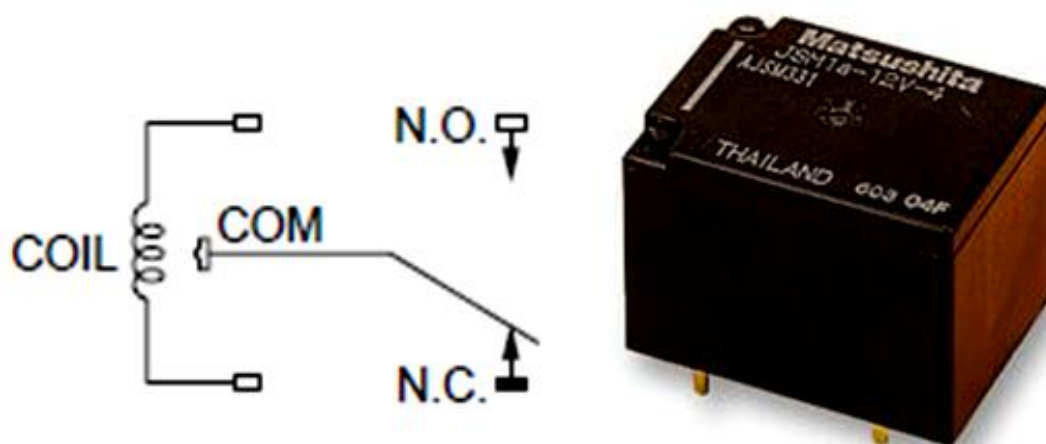


Figura 5-9: Relé JSM1-12V-4.

5.2- Software/Firmware utilizado e desenvolvido

5.2.1. Algoritmo de controlo implementado no *Arduino Mega*

Para controlar todo o SAR foi implementada o algoritmo de controlo no *Arduino Mega* estruturado segundo uma máquina de estados, havendo uma máquina de estados principal e duas complementares da principal. Na máquina de estado principal estão definidos seis estados, um dos quais é de inicialização do SAR e cinco que desempenham as funções requeridas pelo utilizador do sistema. Na Figura 5-10 está representada a máquina de estado principal.



Figura 5-10: Máquina de estados principal.

Quando se liga o SAR este entra no estado de inicialização. Neste estado é ligado o módulo GSM/GPRS & GPS. Após a ligação verifica-se se a parte do GSM/GPRS está pronta a funcionar e com o respectivo registo na rede GSM. Após todas as verificações feitas é realizada uma chamada para o número de telemóvel predefinido. Esta chamada indica que o SAR está pronto a funcionar e dá-se a transição para o estado 0.

O estado 0 é responsável por ler as entradas do SAR e verificar se foi dada alguma ordem, por parte do utilizador, através das mensagens de texto com os códigos correspondentes à acção pretendida. É a partir do estado 0 que se fazem as transições para os outros estados e é para este estado que regressa, após cumpridas todas as tarefas do estado que retorna.

Quando é pressionado o botão de pânico instalado no veículo, que permite o envio do pedido de auxílio, a máquina de estados passa para o estado 1. Aqui é feita uma leitura do GPS integrando na mensagem a enviar a latitude, longitude e a velocidade a que se desloca o veículo. A mensagem de texto com o pedido de auxílio é enviada para os números de telemóvel pré-definidos.

A quando da recepção do código de bloqueio a máquina de estados principal passa para o estado 2. Este estado é sinalizado com o ligar de um LED vermelho presente no SAR indicando que foi dada a ordem de bloqueio. No estado 2 é concedida a permissão para o bloqueio, entrando em funcionamento a máquina de estados auxiliar responsável por bloquear o veículo.

A Figura 5-11 apresenta a máquina de estados que permite bloquear o veículo em segurança. Esta máquina de estados auxiliar é constituída por cinco estados. No primeiro estado fica à espera da permissão para bloquear o veículo, permissão que é concedida pela máquina de estados principal. Permitido o bloqueio ocorre a transição para o estado seguinte, onde é lido o GPS de forma a determinar a velocidade a que se desloca o veículo. Satisfeita a condição da velocidade ser menor do que 10 km/h, dá-se a passagem para o estado “Bloqueia Veículo”.

Nesse estado é accionado o relé que desliga a alimentação da bomba de combustível, originando o desligar do motor do veículo. Passados 5 segundos é actuado o relé que desconecta a bateria, ficando o carro sem qualquer tipo de alimentação. Assim evita-se quaisquer danos que possam ocorrer na ignição do veículo, caso a chave fique em posição de marcha. Antes da passagem para o estado seguinte é enviada uma mensagem para o número de telemóvel definido, com a localização e velocidade do veículo.

O estado seguinte fica à espera que seja dada a ordem de desbloqueio, ordem que pode ser ministrada de duas formas diferentes: uma delas é pelo pressionar do botão de desbloqueio; a outra pelo envio de uma mensagem para o SAR com o código de desbloqueio.

Assim, dá-se a transição para último estado da máquina de estados, onde vai ser desbloqueado o veículo. Neste estado é accionado o relé que actua sobre a alimentação da bomba de combustível, fazendo com que esta volte a ter o circuito operacional. Decorridos 5 segundos é actuado o relé da bateria, ligando-a aos circuitos do veículo ficando este novamente operacional.

Executadas a totalidade das funções do último estado ocorre a passagem para o estado inicial, onde a máquina de estados fica a aguardar nova ordem de bloqueio.

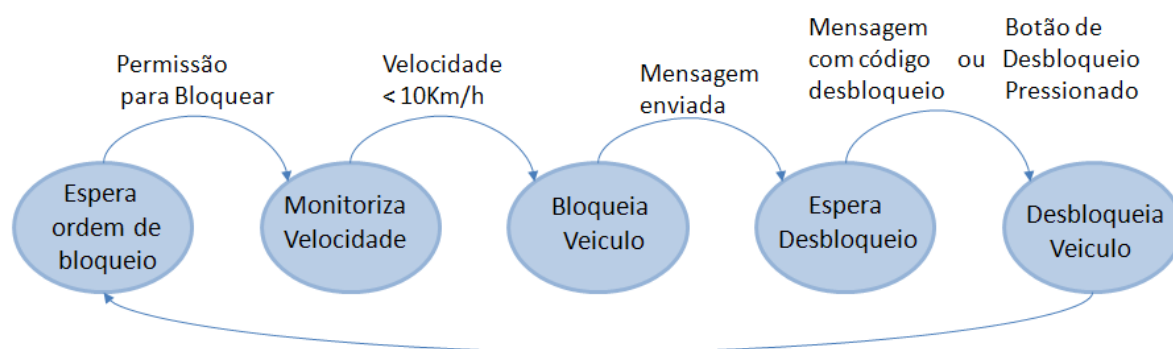


Figura 5-11: Máquina de estado auxiliar, para bloquear ao veículo.

Regressando a descrição da máquina de estado principal, presente na Figura 5-10, estando esta no estado 0, ao receber uma mensagem com o código de localização acontece a passagem para o estado 3, estado de localização.

No estado 3 é feita a leitura dos dados provenientes do GPS: latitude, longitude e velocidade do veículo. A mensagem com as informações anteriormente recolhidas é enviada para o número de telemóvel definido, regressando ao estado 0.

Para se ouvir o interior é necessário enviar uma mensagem para o SAR, contendo o código com o pedido, para que este permita ouvir o interior. O SAR, ao receber o código, transita para o estado 4 onde é dada a permissão para que se ouça o interior do veículo.

Com esta permissão a máquina de estados auxiliar, presente na Figura 5-12, passa do estado inicial para o estado seguinte onde liga a entrada de áudio e espera que seja recebida uma chamada. Se não for recebida nenhuma chamada no espaço de 3 minutos volta ao estado inicial. Caso seja recebida uma chamada dentro dos 3 minutos definidos, ocorre a passagem para o estado onde a chamada é atendida.

Quando a chamada termina a máquina de estados volta ao estado inicial. Neste estado se for recebida uma chamada esta será rejeitada.

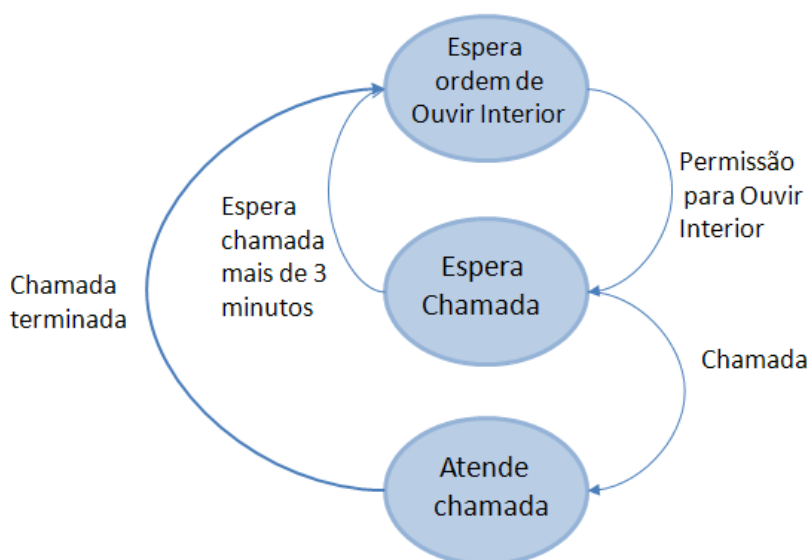


Figura 5-12: Máquina de estados auxiliar, para ouvir interior.

Por último, o estado 5, da máquina de estados principal, permite o envio da localização do veículo para um computador pessoal. A ligação com o computador inicia-se quando é recebido o respectivo código, a máquina de estados passa do estado 0 para este estado 5. A informação enviada pelo SAR para o computador pessoal só é visualizada se estiver aberta a aplicação *Server* disponibilizada pelo fabricante do módulo GSM/GPRS. Esta aplicação lê a porta TCP/IP pela qual o SAR vai enviar os pacotes de dados.

Antes de ser estabelecida a ligação de dados é verificado o registo do módulo GSM/GPRS na rede GPRS. Confirmada a ligação é realizada a ligação ao APN da operadora telefónica do cartão SIM presente no módulo, introduzindo o nome de utilizador a palavra passe que é definido pela operadora. Estabelecida a ligação com o APN é iniciada a

transmissão de dados e é pedido à rede que atribua um IP local ao módulo GSM/GPRS. A ligação de dados será estabelecida a com um computador pessoal, cujo IP está definido no algoritmo implementado.

Com a confirmação da ligação de dados entre o SAR e o computador é enviada a localização do veículo sobre a forma de uma hiperligação, e esta é apresentada no área de mensagens recebidas a aplicação *Server*, como mostra a Figura 5-13. Após o envio da informação para o computador a ligação de dados é fechada.

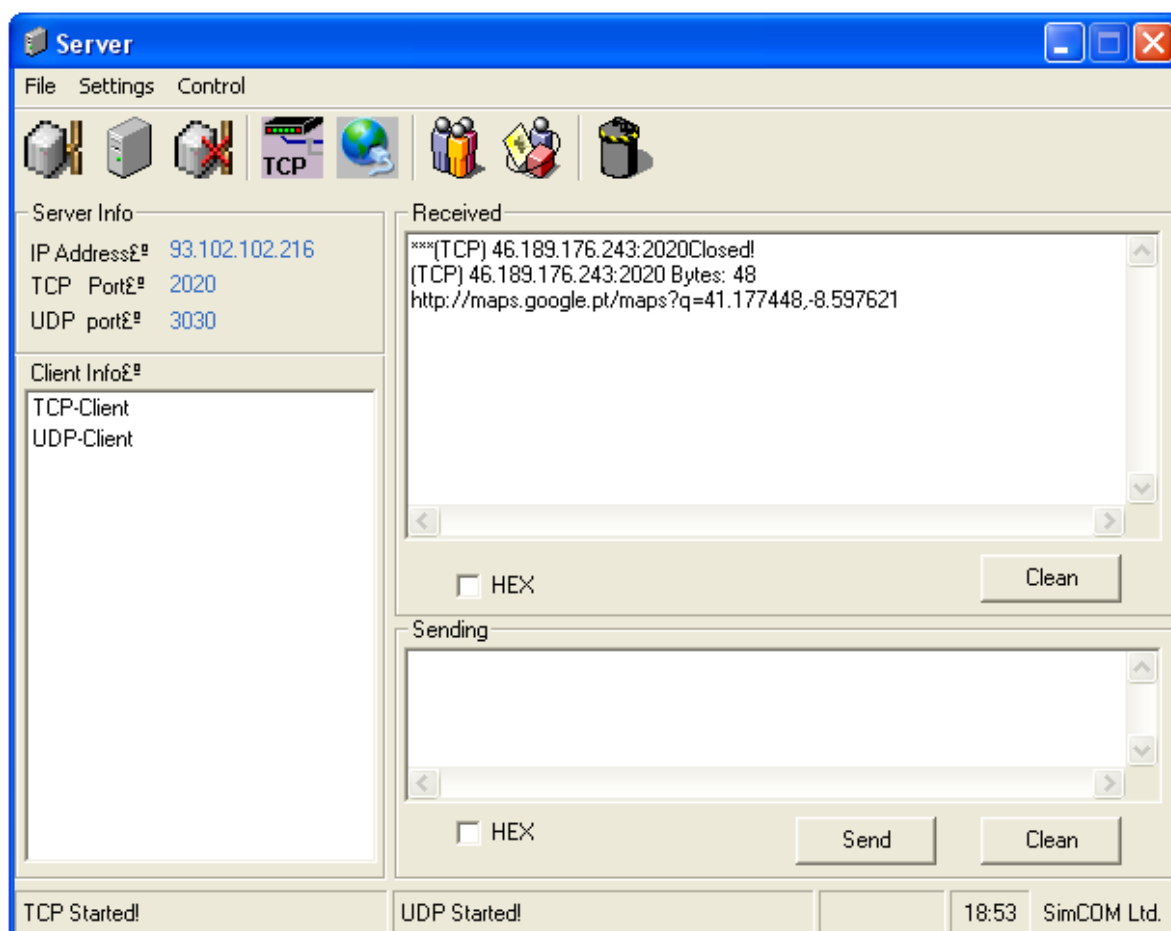


Figura 5-13: Hiperligação com a localização do veículo.

Copiando a hiperligação e introduzindo-a na barra de endereços do *browser*, é aberta a página da internet do *Google maps* e mostra a localização do veículo sobre o mapa, como ilustra a Figura 5-14

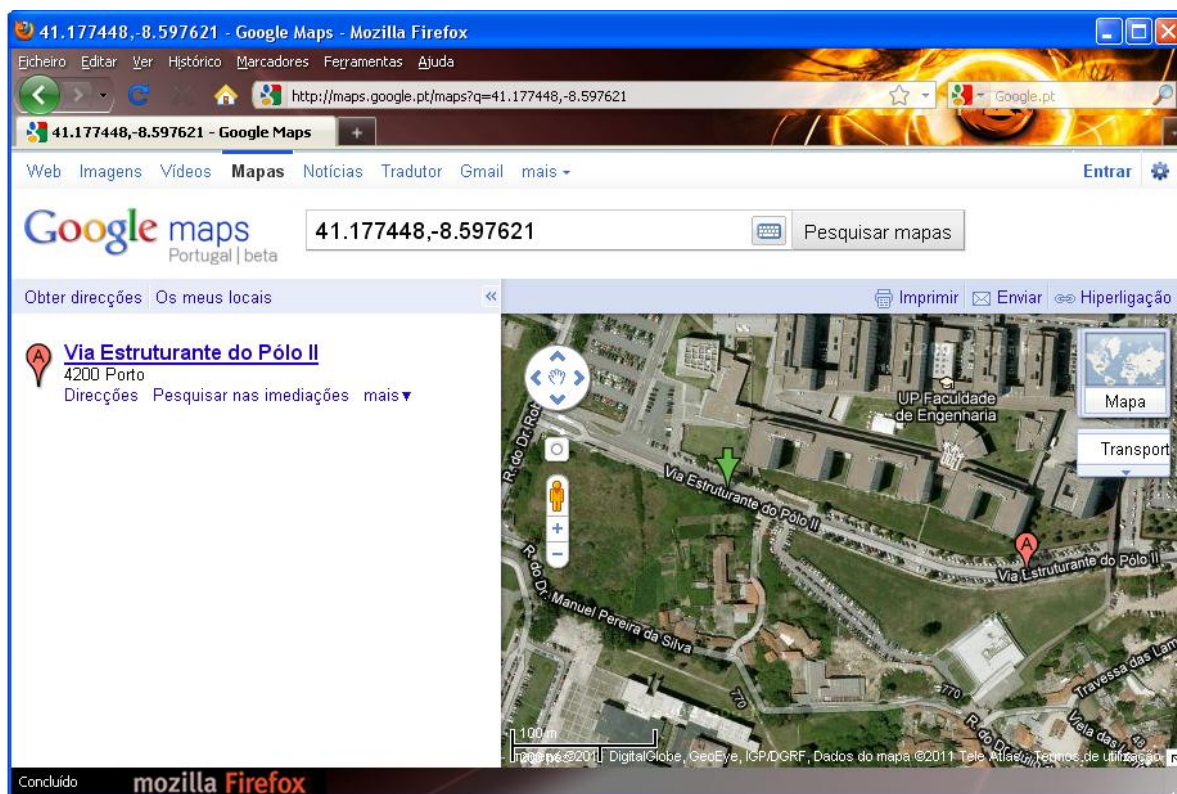


Figura 5-14: Localização do veículo sobre o mapa do *Google maps*.

5.2.2. Funções implementadas no algoritmo de controlo

Para a leitura das mensagens foi criada a função `LerSMS()` que é chamada sempre que o módulo GSM/GPRS recebe uma mensagem. A função configura o módulo GSM/GPRS para que a leitura da mensagem seja feita em formato de texto. Caso contrário a mensagem seria apresentada no formato Protocol Data Unit (PDU), em que cada símbolo que constitui a mensagem aparece no seu código ACSII em hexadecimal. As mensagens recebidas com os códigos de comando são apagadas após serem lidas. Mensagens que não contenham nenhum código são apagadas ao fim de 10 segundos. A Tabela 5-1 descreve os comandos AT usados na função `LerSMS()`.

Tabela 5-1: Comando AT utilizados na função LerSMS().

Comando AT	Descrição
AT+CMGF=1	Configura o módulo GSM/GPRS para que as mensagens sejam apresentadas em formato de texto.
AT+CMGR=1	Permite ler a mensagem recebida, que se encontra na posição 1.
AT+CMGD=1	Apaga a mensagem que esta na posição 1.

As mensagens de texto são enviadas com recurso à função designada de EnviarSMS(). Tal como na função anterior é necessário configurar o módulo GSM/GPRS para que aceite mensagens em formato de texto. No estado em que é chamada a função é definido o assunto e número para o qual vai ser enviada. A função EnviarSMS() estrutura e integra a informação das coordenadas e da velocidade disponibilizada pelo GPS. Depois de completa a mensagem é enviada para o número indicado. Os comandos AT utilizados na função EnviarSMS() estão descrito na Tabela 5-2.

Tabela 5-2: Comandos AT utilizados na função EnviarSMS().

Comando AT	Descrição
AT+CMG=1	Configura o módulo GSM/GPRS para que este aceite mensagem em formato de texto.
AT+CMGS= <Numero Telemóvel> <Mensagem>	Permite o envio de mensagens de texto para o número de telemóvel indicado.

Para o tratamento das chamadas de voz foram utilizados os comandos AT descritos na Tabela 5-3, estes são enviados para o módulo GSM/GPRS nos estados responsáveis pelo tratamento das comunicações de voz.

Tabela 5-3: Comandos AT referentes a comunicações de voz.

Comando AT	Descrição
ATD <Numero de telemóvel>;	Fazer uma chamada telefónica para o número indicado.
ATH	Terminar uma chamada telefónica em curso, ou rejeitar uma chamada recebida.
ATA	Atender uma chamada telefónica recebida pelo módulo GSM/GPRS.
AD+CHFA=1	Ligar entrada de áudio para que se ouça o Interior do veículo.

A ligação de dados com o computador pessoal realizada no estado 5, da máquina de estados principal, utiliza os comandos AT mencionados na Tabela 5-4.

Tabela 5-4: Comandos AT utilizados na ligação GPRS.

Comandos AT	Descrição
AT+CGATT?	Verificar se o módulo GSM/GPRS está registado na rede GPRS.
AT+CGATT=1	Registar o módulo GSM/GPRS na rede GPRS.
AT+CSTT="APN", "Utilizador", "Palavra Passe"	Fazer a ligação ao APN indicado, introduzindo o utilizador e palavra passe necessário para o registo.
AT+CIICR	Fazer a ligação de dados GPRS.
AT+CIFSR	Pede à rede que atribua ao módulo GSM/GPRS um IP local.
AT+CIPSTART="TCP", "EndereçoIP", "Porta TCP"	Ligação de dados com o protocolo TCP/IP, ao computador com o endereço IP indicado e porta pela qual será feita a ligação.
AT+CIPSEND <Mensagem>	Enviar a mensagem para o computador conectado.
AT+CIPSHUT	Desligar ligação GPRS em curso.

5.2.3. Implementação da aplicação Encontrar Carro

5.2.3.1. Apresentação da ferramenta utilizada

A aplicação “Encontrar Carro” foi desenvolvida com recurso à ferramenta de desenvolvimento *App Inventor*, ferramenta que é disponibilizada pela *Google Labs* [28]. Esta ferramenta foi desenvolvida para que se possam criar aplicações para um *smartphone* com o sistema operativo Android. A aplicação é desenvolvida visualmente conjugando blocos, não sendo necessário escrever código.

Em alternativa a esta ferramenta pode ser utilizada o Android SDK e a ferramenta de desenvolvimento *Eclipse* [26]. No entanto, para se utilizar esta opção é necessário ter bons conhecimentos da linguagem de programação *Java*, para se obter os mesmos resultados que se consegue em aplicações desenvolvidas com recurso ao *APP Inventor*.

A parte visível da aplicação é delineada na interface presente na página da internet do *AppInventor*, onde são escolhidos os objectos que vão fazer parte da aplicação. É aqui que se configura a aparência da aplicação alterando atributos específicos de cada objecto, como mostra a Figura 5-15.

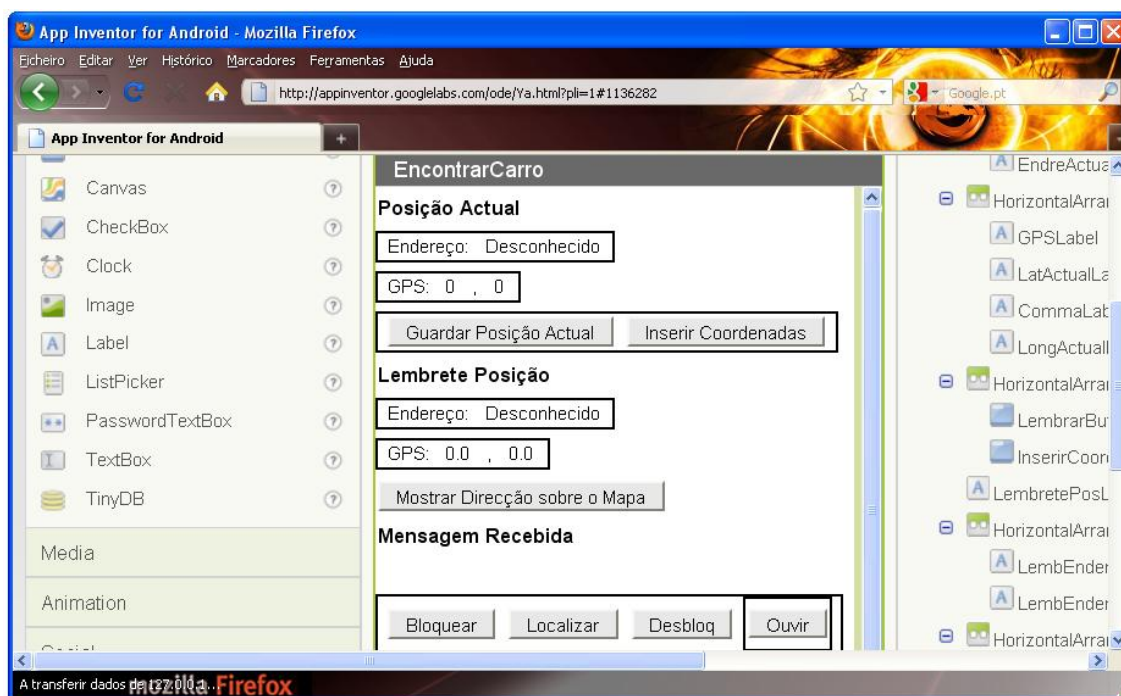


Figura 5-15: Interface de desenho da aplicação no App Inventor.

O editor de blocos permite definir como a aplicação vai agir, como ilustrado na Figura 5-16, onde são definidas as acções dos objectos presentes na aplicação através da construção de um *puzzle*.

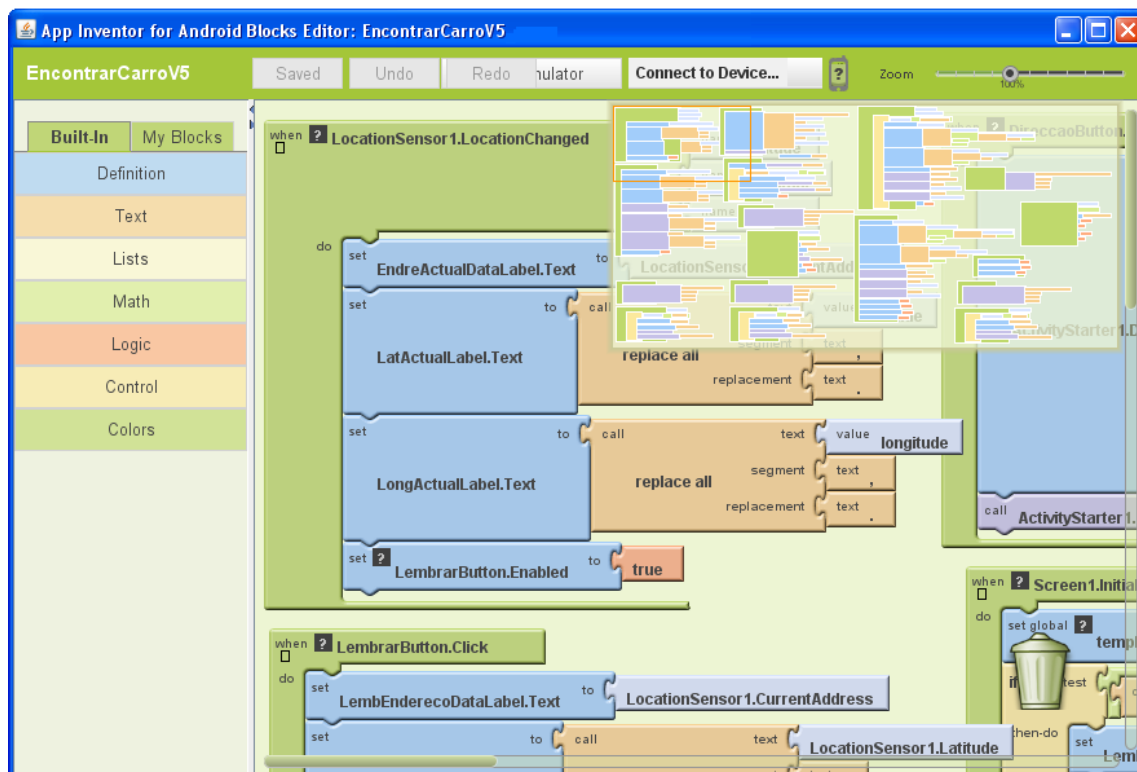


Figura 5-16: Editor de blocos APPInventor, da aplicação Encontrar Carro.

5.2.3.2. Funções principais utilizadas

Ao iniciar a aplicação o bloco *Screen.Initialize* é activado, preenchendo o campo “Lembrete Posição” e valida o botão “Mostrar Direcção sobre o Mapa”. O campo “Lembrete Posição” só é preenchido caso haja localizações guardadas na base de dados do *smartphone*.

No momento da abertura da aplicação o bloco *LocationSensor.LocationChanged* também é iniciado, fazendo a leitura do GPS do *smartphone*. As coordenadas e o endereço do local onde se encontra são apresentados no campo “Posição Actual”, momento que o botão “Guardar Posição Actual” pode ser seleccionado. Este botão permite guardar na base de dados a localização presente em “Posição Actual”, e transcreve-a para o campo “Lembrete Posição”.

Neste momento o “Botão Mostrar sobre o Mapa” permite que seja seleccionado, uma vez que estão preenchidos todos os campos necessários para que se aceda ao *Google Maps*. Este acesso é realizado pelo bloco *Button.click* do respectivo botão, onde tem as tarefas a desempenhar e a hiperligação de acesso ao *Google Maps*.

Todos os botões após serem pressionados activam o bloco *Button.click* respectivo, que encerra a actividade a executar. Salvaguardando os botões que possuem notificações, estes

têm dentro deste bloco a convocação do bloco *Notifier.AfterChossing*. Na notificação é mostrada uma pergunta com duas alternativas “Sim” e “Não”, perguntando ao utilizador se pretende executar aquela função. Conforme a opção escolhida o bloco *Notifier.AfterChossing* executa ou não a tarefa associada ao botão.

Com a aplicação a correr no *smartphone*, este, ao receber uma mensagem, coloca em funções o bloco *Text.MessageReceveid*. O bloco verifica se o número do remetente corresponde ao número do SAR. Em caso afirmativo é lida a mensagem e o seu conteúdo apresentado no campo “Mensagem Recebida”. Preenchendo o campo “Lembrete Posição” com a localização presente na mensagem recebida e guardando essa localização na base de dados. Assim, quando a aplicação for novamente aberta, o bloco *Screen.Initialize* apresenta a localização recebida na mensagem no campo “Lembrete Posição”.

O botão “Inserir Coordenadas” tem definido no seu bloco *Button.click* a permissão para que fiquem visíveis a caixa de texto e o botão “OK” para que se insira uma mensagem, como ilustrado na Figura 4-4. O bloco *Button.click* do botão “OK” desempenha parte das tarefas implementadas no bloco *Text.MessageReceveid*, tratando a mensagem inserida como se tivesse sido recebida com a aplicação aberta.

5.3- Sumário

Neste capítulo apresentou-se o *hardware* e *software/firmware* utilizados e desenvolvidos durante a implementação do sistema.

Em relação ao *hardware* referiram-se os principais componentes que constituem o SAR e as suas características.

Quando ao *firmware* foi explicado o algoritmo implementado no mesmo, as funções desenvolvidas e os comandos AT utilizados em cada função. Apresentaram-se também o programa utilizado para programar o microcontrolador e o *software* que permite apresentar a informação da localização do SAR no computador pessoal.

Em relação à aplicação “Encontrar Carro” foi referida a ferramenta utilizada para a desenvolver e as funções utilizadas na implementação da mesma.

Capítulo 6

Validação da solução

Neste capítulo são apresentados os principais testes realizados para validar o sistema implementado. Testes ao nível das comunicações e das aplicações envolvidas provam o sistema em diferentes cenários de modo a mostrar os seus pontos fortes e fracos.

Os testes, na sua maioria, foram realizados sobre boas condições de recepção de sinal GPS e ligação com a rede GSM.

6.1- Teste de inicialização

6.1.1- Inicialização do SAR

Ao ligar o SAR este faz uma chamada para o número predefinido, indicando assim que está pronto a funcionar. Durante os testes realizados a chamada foi efectuada sempre com sucesso.

Passado escassos segundo, após ligar o SAR, o sistema de localização GPS fica pronto a funcionar fornecendo todas as tramas. Salientando que esta disponibilidade se verifica no caso de o mesmo se encontrar num local com boas condições de recepção dos sinais provenientes dos satélites GPS.

6.1.2- Inicialização da aplicação encontrar carro

A aplicação “Encontrar Carro”, quando é aberta, terá de preencher o campo “Posição Actual” com as coordenadas onde se encontra o *smartphone*. Em situações com má recepção dos sinais GPS, como no interior de edifício, ou junto a prédios altos, o preenchimento deste campo não se verifica. Assim, é necessário reabrir novamente a aplicação. Após o preenchimento inicial a aplicação consegue alterar a coordenadas da “PosiçãoActual” com a deslocação geográfica do *smartphone*.

6.2- Teste de comunicação

6.2.1- Comunicações SAR

Em termos de comunicação GSM/GPRS o módulo presente no SAR consegue realizar e receber chamadas quando está sem antena e sem nenhum tipo de invólucro. Esta situação muda quando é colocado dentro da caixa metálica que encerra todo o SAR, sendo necessário ligar a antena.

Foi testada a comunicação do SAR com vários materiais a envolver a antena GSM/GPRS, para se aferir quais os materiais que iriam interferir nas comunicações. Para tal foram usados os seguintes materiais: metal, vidro, cartão e madeira. Com os três últimos materiais as comunicações foram sempre estabelecidas com sucesso, não havendo nenhuma interferência ou atraso anormal. Usando o metal, verificou-se que em alguns dos ensaios houve dificuldades em estabelecer as comunicações. No entanto estas não foram inviabilizadas.

Relativamente ao GPS, presente no SAR, não é apresentada nenhuma informação válida se não estiver colocada a antena do GPS. Independentemente de este estar ou não envolvido por algum tipo de material.

Os testes realizados nas comunicações GSM/GPRS foram também experimentados com o GPS, utilizando os mesmos materiais para obstruir a antena do GPS. Conclui-se que ao usar os materiais vidro, cartão e madeira, as tramas disponibilizadas pelo GPS estavam completas. Verificou-se que estes materiais não apresentam um entrave à boa recepção dos sinais do GPS.

Realizando os testes tendo o metal com obstáculo, algumas das tramas com a informação da localização apresentavam campos em branco.

Outro dos testes realizados ao sistema foi a colocação de uma antena junto a outra e realizar uma chamada. Em relação à comunicação GSM não se verificou nenhuma alteração significativa. Já com o GPS este apresentava, em alguns ensaios, tramas com campos por preencher no momento em que decorria a chamada. Com uma distância entre antenas de pelo menos um metro, não se verificou alterações muito significativas nas comunicações.

Com base nos resultados obtidos nestes testes, foi estabelecido qual o melhor local para instalar as antenas de comunicação do SAR no veículo. Um dos pontos que, à partida, apresenta melhores condições para a instalação das antenas de comunicação é junto a parte inferior do pára-brisas. Como as mesmas não podem estar visíveis terão de ser colocadas por debaixo do tablier do veículo. Como normalmente os tabliers são de materiais não ferrosos as comunicações não saíram prejudicadas. A distância de instalação deve ser suficiente para tirar o melhor partido das duas comunicações presentes no SAR.

Nas situações em que o SAR se encontrava junto a prédios altos, ou dentro dos mesmos, a recepção dos sinais GPS não foi feita em boas condições, não permitindo que se apurasse a localização com base nos dados disponibilizados pelo GPS.

6.2.2- Comunicações Aplicação Encontrar Carro

Relativamente à aplicação “Encontrar Carro”, a determinação da “Posição Actual” é dificultada quando o *smartphone* se encontra junto a edifícios alto ou dentro destes.

A comunicação GSM necessária para comunicação entre o *smartphone* e o SAR, a comunicação GPRS, utilizada para aceder ao *Google Maps*, não apresentaram nenhuma limitação que inviabilizasse o funcionamento da aplicação.

6.3- Teste de segurança

6.3.1- Segurança SAR

Para determinar a segurança do veículo quando este é bloqueado pelo SAR foram realizados testes de velocidade. Nestes testes pode concluir-se que a velocidade medida pelo GPS é semelhante à velocidade marcada no velocímetro do veículo. Como o veículo vai ser bloqueado a uma velocidade inferior a 10 km/h, velocidade medida pelo GPS, a esta velocidade é possível controlar o carro sem pôr em causa pessoas e bens.

Quando ao acesso de terceiros ao sistema, é necessário que estes conheçam os códigos para que o SAR cumpra uma ordem. Sem o conhecimento dos códigos é muito difícil exercer alguma acção sobre o veículo, mesmo que este receba mensagens com palavras relacionadas com as ordens. Dado que os códigos começam com o carácter * e terminam com o carácter #, a palavra com a ordem tem de estar entre estes caracteres sem que haja espaços entre eles. Caso contrário a mensagem será apagadas. Mesmo que a sequência esteja correcta se houver espaços a ordem será definitivamente rejeitada.

O sistema pode ser posto fora de serviço se for desligada a sua alimentação, uma vez que não possui alimentação auxiliar. Neste caso não é possível avisar o utilizador que a alimentação do sistema se encontra desligada para que o mesmo tome medidas.

6.3.2- Aplicação encontrar carro

A aplicação “Encontrar Carro” não apresenta nenhum sistema de autenticação para que possa ser usada. Tal permite que qualquer pessoa envie comandos para o SAR, não tendo de conhecer os códigos associados a cada botão. Assim, pode actuar de má fé, exercendo uma ordem sobre o veículo sem ter autorização para tal.

6.4- Sumário

No capítulo dedicado aos testes foram apresentados os resultados observados durante os testes realizados a todo o sistema. Pode assim indicar-se os locais de instalação do SAR, no veículo, e referir as situações em que o sistema pode ter um comportamento erróneo.

Capítulo 7

Conclusão e Trabalhos Futuros

O presente capítulo sumariza as principais conclusões e apresenta melhorias para o sistema projectado e implementado. Apresenta ainda novas funcionalidades que podem ser implementadas em trabalhos futuros no âmbito do tema desta dissertação.

7.1- Conclusões

Esta dissertação teve como objectivo desenvolver um sistema que permitisse localizar e bloquear um veículo à distância, utilizando para tal as tecnologias GSM/GPRS & GPS.

O estudo do estado da arte, dos sistemas existentes, permitiu saber quais as tecnologias usadas e o funcionamento deste tipo de sistemas.

Posto isto, foi apresentada uma solução que permitiu que se alcançassem todos os objectivos propostos para esta dissertação, apresentando um funcionamento que se pode considerar satisfatório. Em termos das comunicações GSM estas apresentam um elevado nível de desempenho, o que foi observado durante os testes realizados. Quando à tecnologia GPS houve situações de teste em que a mesma não apresentou resultados satisfatórios, podendo-se dizer que este é um dos pontos que pode impedir o correcto funcionamento do SAR.

Ao nível da aplicação “Encontrar carro”, os testes realizados demonstraram que é possível monitorizar o veículo à distância. A monitorização pode ser feita através do uso da aplicação ou então enviando manualmente os comandos com a ordem que se pretende para o SAR.

Nos testes de segurança foi possível verificar que o veículo é bloqueado a uma velocidade não muito diferente dos 10 km/h, não pondo em perigos terceiros nem os bens envolvidos.

Em suma, o sistema apresentado nesta dissertação permitiu cumprir os objectivos propostos, podendo ser utilizado em situações reais. Sendo que antes terá de ser melhorado para se possa vingar no mercado, uma vez que se trata de uma versão protótipo e existem pontos que devem ser aperfeiçoados e adicionadas novas funcionalidades.

7.2- Melhorias

O SAR em termos de *hardware* mostrou robustez. No entanto este pode ser melhorado através da concepção de uma PCB que permita integrar todos os componentes, de tal forma que se possa produzir um sistema compacto e de tamanho reduzido, para que o mesmo possa ser instalado no veículo de uma forma simples. Em termos de *firmware* deve dotar-se o sistema de rotinas que verifiquem maus funcionamentos, corrigindo-os automaticamente sem por em causa o seu funcionamento normal.

Quanto à aplicação pode-se melhorar a aparência tornando-a visualmente mais apelativa e adicionar uma opção de autenticação para aumentar a segurança no uso da mesma.

Para as comunicações o uso de uma antena multi-banda, que combine as comunicações GSM e GPS, permitirá instalar a mesma sem a restrição de manter a distância entre antenas. Isto permitirá garantir mais locais para a instalação da antena, sempre tendo em atenção que a mesma não pode se obstruída por materiais ferrosos.

Para melhorar o desempenho do GPS, poder-se-ia tirar partido da funcionalidade A-GPS que o módulo SIM 548 suporta. Com esta funcionalidade o GPS é assistido por uma ligação GPRS que melhora o seu desempenho em condições de má recepção dos sinais dos satélites GPS.

Para que se possa fazer uso desta funcionalidade seria necessária adquirir um novo *firmware*, uma vez que a versão do módulo utilizado não tem implementada esta funcionalidade, apesar de a suportar.

O GPS poderá também ser complementado com o uso de um sinal de rádio frequência para localizar o veículo quando as tecnologias de comunicação não permitem determinar uma posição geográfica.

7.3- Trabalhos futuros

Nesta dissertação foi desenvolvido um sistema que permita ouvir o interior do veículo. Em novas versões este sistema poderia apresentar uma imagem ou transmitir um vídeo do interior do veículo. Para tal terá de ser usado um novo módulo GSM/GPRS & A-GPS/GPS, sugerindo-se o módulo SIM5218. Este módulo suporta o envio de MMS e a realização de chamadas de vídeo permitindo ter uma imagem de vídeo ou fotográfica do interior do veículo.

O utilizador pode receber uma fotografia, ou uma vídeo chamada com imagens do interior do veículo em situações de emergência, por exemplo, quando for pressionado o botão de pânico. As imagens podem ser visualizadas num telemóvel ou então num computador pessoal, fazendo-se uso da ligação de dados GPRS que o módulo dispõe.

O módulo SIM5118 possui a tecnologia de localização A-GPS, podendo tirar partido desta funcionalidade para melhorar o desempenho do sistema de localização.

Dotar o sistema com uma bateria auxiliar, para que o mesmo não fique fora de serviço quando se desliga a bateria do carro.

A nível da recepção da localização no computador pessoal, desenvolver uma aplicação que permita apresentar a localização do veículo sobre o mapa. À semelhança da aplicação

desenvolvida para o *smartphone*, fazendo com que a visualização do local onde se encontra o veículo se processe de um forma fácil de utilizar.

Em trabalhos futuros poder-se-ia detectar se o veículo foi elevado ou rebocado, introduzindo no sistema um acelerómetro para detectar a inclinação ou movimento do mesmo. Monitorizando a inclinação do veículo ou movimentos, este começaria a verificar a posição do veículo após o estacionamento. Neste momento seria guardada a inclinação do veículo, se ocorresse um desvio significativo em relação à referência seria enviado um alerta para o utilizador.

Referências

1. Bisalarmes. http://www.bisalarmes.com/por/auto_al/blocar.htm. Acesso em 25 de Janeiro 2011.
2. Imparset. <http://www.imparset.pt/Biocode.htm>. Acesso em 8 de Fevereiro de 2011.
3. Nv-Auto. <http://www.nv-auto.com/>. Acesso em 25 de Janeiro de 2011.
4. Inosat. <http://www.inosat.pt/Default.aspx>. Acesso em 25 de Janeiro de 2011.
5. NMEA. <http://www.nmea.org/>. Acesso em 9 de Fevereiro de 2011.
6. SiRF Technology, *NMEA Reference Manual, versão 1.3, USA*. 2005.
7. Cartrack. <http://www.cartrack.pt/>. Acesso em 25 de Janeiro de 2011.
8. European Space Agency (ESA). <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html> Acesso em 10 de Fevereiro de 2011.
9. Geostudio. <http://www.geostudio.com.br/info.asp?Code2=238>. Acesso em 25 de Janeiro de 2011.
10. SIMCOM Ltd, *SIM548 Hardware Design, versão 1.01*. 2007.
11. SIMCOM Ltd, *SIM 548C AT Commands Set, versão 1.00*. 2008.
12. Lita, I., I.B. Cioc, and D.A. Visan, *A new Approach of Automobile Localization System Using GPS and GSM/GPRS Transmission*. 2006, University of Pitesti: Pitesti.
13. Eberspächer, J., C. Bettstetter, and H.-J. Vögel, *GSM - Architecture, Protocols and Services*. 2009, Hoboken, NJ, USA: Wiley.
14. http://www.rfcafe.com/references/electrical/images/gsm_timeslot.gif. Acesso a 6 de Junho de 2011.
15. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/Gsm_structures.svg/800px-Gsm_structures.svg.png. Acesso em 9 de Fevereiro de 2011.
16. Global Positioning System, <http://www.gps.gov/>. Acesso a 7 de junho de 2011.
17. Hyperphysics. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/gps.html>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2011.
18. Ciência Viva, <http://www.cienciaviva.pt/latlong/anterior/gps.asp>. Acesso em 9 de Fevereiro de 2011.
19. Miranda, H. *Sistema GPS - Introdução Disponível em* <http://paginas.fe.up.pt/~hmiranda/st2/galileu.pdf>. Acesso em 14 de Fevereiro de 2011.
20. http://mwrf.com/Files/30/18934/fig_01.gif. Acesso em 15 de Fevereiro de 2011.

21. Klaus Betke, *The NMEA 0183 Protocol*. Maio de 2000. Revisto Agosto de 2001. Disponível em <http://www.cs.put.poznan.pl/wswitala/download/pdf/NMEAdescription.pdf> Acesso em 1 Junho de 2011.
22. Steve Spitzer, T.D., National Marine Electronics Association, *NMEA 2000® Past, Present and Future*. RTCM 2009 Annual Conference St. Petersburg, Florida. Disponível em <http://www.nmea.org/Assets/20090423%20rtcm%20white%20paper%20nmea%202000.pdf> Acesso em 1 Junho de 2011.
23. Satsleuth. http://www.satsleuth.com/GPS_NMEA_sentences.htm. Acesso a 1 de Junho de 2011.
24. Ferreira, J.M.M., *Introdução ao Projecto com Sistemas Digitais e Microcontroladores*, ed. FEUP Edições. 1998.
25. Ilyas, M. and S.A. Ahson, *Smartphones: Research Report*, ed. I. Chicago, USA. 2006.
26. Android. <http://www.android.com/>. Acesso em 18 de Junho de 2011.
27. Arduino. <http://arduino.cc/>. Acesso em 18 de Junho de 2011.
28. App Inventor, <http://appinventor.googlelabs.com/about/>. Acesso em 18 de Junho de 2011.