

# Sistemas de Navegação

Manuel Júlio Oliveira Ribeiro

[julio\\_ribeiro@msn.com](mailto:julio_ribeiro@msn.com)

Paulo Castro

[1071010@isep.ipp.pt](mailto:1071010@isep.ipp.pt)

## Abstract

*We want to describe the main navigation system car of the day (GPS), describing its operating principle and the principle of operation of GPS receivers.*

cerca de 800 km com uma exactidão de cerca de 250 metros. E devido a enviar sinais sobre a superfície da terra, um sistema terrestre só consegue determinar uma posição em 2D. Isso significa que não se pode medir a altitude. Por isso, o sistema é inútil para propósitos de aviação.

## 1. Introdução

Um sistema de navegação é um sistema que auxilia o condutor a se deslocar até um determinado destino. Para tal apresenta um visor e um teclado que permite estabelecer a comunicação entre o condutor e o sistema. Memorizado no sistema terão de estar os dados sobre a região em que o veículo se encontra para que o sistema possa identificar o destino assim como sugerir o melhor caminho a percorrer. Esses dados encontram-se em CD ROMs ou cartões de memória específicos para cada região da Europa. Para saber onde o veículo se encontra o sistema recorre ao GPS.

### 1.1. Evolução da navegação

#### 1.1.1. O despontar da era moderna

A partir do Século XVII, descobertas, invenções e técnicas aperfeiçoadas seguiram-se umas às outras numa rápida sucessão, cada uma permitindo aos navegadores localizar a sua posição ou traçar a sua rota com uma crescente exactidão e fiabilidade.

Mas a navegação moderna começou apenas na década de 1920, com a introdução de sistemas de rádio terrestres. A começar por rádios que permitiam aos navegadores localizarem a direcção de transmissores na costa ao seu alcance, os sistemas terrestres usavam o mesmo princípio mais tarde adoptado pelo GPS: medir a distância em relação a uma série de torres de transmissão para determinar a sua localização.

Foi um enorme avanço, mas tinha as suas desvantagens. O alcance e a exactidão eram limitados. As torres do sistema LORAN, por exemplo, tinham um alcance de

#### 1.1.2. Das torres aos satélites

A introdução de satélites artificiais no início da década de 1960 trouxe sinais de navegação por rádio de linha-de-visão mais exactos. Inicialmente, eram usados satélites em sistemas 2D como o "Transit" da Marinha Norte-Americana. Mas apesar de poder ser relativamente simples, o "Transit" era fiável e abriu caminho para um sistema que viria a transformar a navegação para todo o sempre: O Sistema de Posicionamento Global, ou GPS. Assim que surgiu o GPS, os sistemas terrestres passaram a ser obsoletos. Apesar de alguns ainda serem usados hoje em dia, o primeiro sistema terrestre global (OMEGA) foi desactivado em 1997. A mensagem era clara: o futuro reside nas estrelas.

## 2. O que é o GPS

GPS (*Global Positioning System*) é a abreviatura de NAVSTAR GPS (*NAVSTAR GPS-NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System*). É um sistema de radionavegação baseado em satélites desenvolvido e controlado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América (U.S.DoD) que permite a qualquer utilizador saber a sua localização, velocidade e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre.

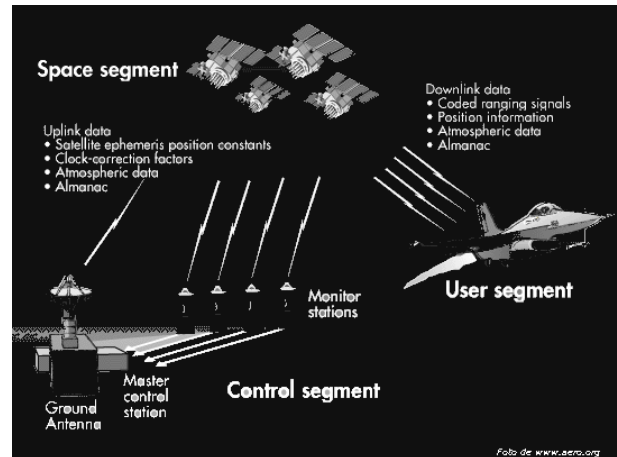


Depois da segunda guerra mundial, o U.S.DoD empenhou-se em encontrar uma solução para o problema do posicionamento preciso e absoluto. Decorreram vários projectos e experiências durante os seguintes 25 anos, incluindo Loran, Transit etc. Todos permitiam determinar a posição mas eram limitados em precisão ou funcionalidade. No começo da década de 70, um novo projecto foi proposto, o GPS.

## 2.1. Componentes do sistema

O GPS tem três componentes: a **espacial**, a de **controle** e a do **utilizador**.

A **componente espacial** é constituída por uma constelação de 24 satélites em órbita terrestre aproximadamente a 20200 km com um período de 12h siderais e distribuídos por 6 planos orbitais. Estes planos estão separados entre si por cerca de 60° em longitude e têm inclinações próximas dos 55° em relação ao plano equatorial terrestre. Foi concebida por forma a que existam no mínimo 4 satélites visíveis acima do horizonte em qualquer ponto da superfície e em qualquer altura.



A **componente de controle** é constituída por 5 estações de rastreio distribuídas ao longo do globo e uma estação de controle principal (MCS- *Master Control Station*). Esta componente rastreia os satélites, actualiza as suas posições orbitais e calibra e sincroniza os seus relógios. Outra função importante é determinar as órbitas de cada satélite e prever a sua trajectória nas 24h seguintes. Esta informação é enviada para cada satélite para depois ser transmitida por este, informando o receptor do local onde é possível encontrar o satélite.

A **componente do utilizador** inclui todos aqueles que usam um receptor GPS para receber e converter o sinal GPS em posição, velocidade e tempo. Inclui ainda todos elementos necessários neste processo como as antenas e *software* de processamento.

## 2.2. Características do sinal

Os satélites transmitem constantemente duas ondas portadoras, estas ondas estão na banda L (usada para rádio):

A onda portadora L1 (Link one) é transmitida a 1575.42 MHz e contém dois códigos modulados. O **código de aquisição livre (C/A)** – *Coarse/Acquisition*, modulado a 1.023MHz e o **código (P)** – *Precise/Protected*, modulado a 10.23 MHz.

A onda portadora L2 (Link two) é transmitida a 1227.60 MHz e contém apenas o **código P**.

As portadoras são moduladas com uma mensagem de navegação contendo informação necessária à determinação da posição do satélite.

O Departamento de Defesa dos E.U.A. disponibiliza dois tipos de serviços de posicionamento:

**O Serviço de posicionamento padrão (SPS-*Standard Positioning Service*)** está disponível para todos os utilizadores. Este serviço opera apenas em L1 e é usado na aquisição inicial dos sinais do satélite, através da sintonia do código C/A. Antigamente, quando estava afectado pelo SA permitia aos utilizadores obter precisões na ordem dos 100 metros. Actualmente disponibiliza uma precisão muito semelhante à dada pelo PPS, ou seja na ordem dos 20 metros.

**O Serviço de posicionamento preciso (PPS-*Precise Positioning Service*)** está disponível apenas para utilizadores autorizados pelo governo dos E.U.A. Opera em L1 e L2 através do código P(Y), permite obter precisões de 22m e 27.7m para o posicionamento horizontal e vertical respectivamente (95%) e 100 ns na transferência de tempo para UTC (95%).

O objectivo inicial do U.S.DoD era disponibilizar dois serviços com precisões diferenciadas. O SPS foi idealizado para proporcionar navegação em tempo real com uma exactidão muito inferior ao proporcionado pelo PPS, mas verificou-se que os receptores usando apenas o código C/A proporcionavam uma exactidão muito próxima dos que usavam o código P. Como resultado o Departamento de Defesa implementou duas técnicas para limitar a precisão do sistema aos utilizadores autorizados:

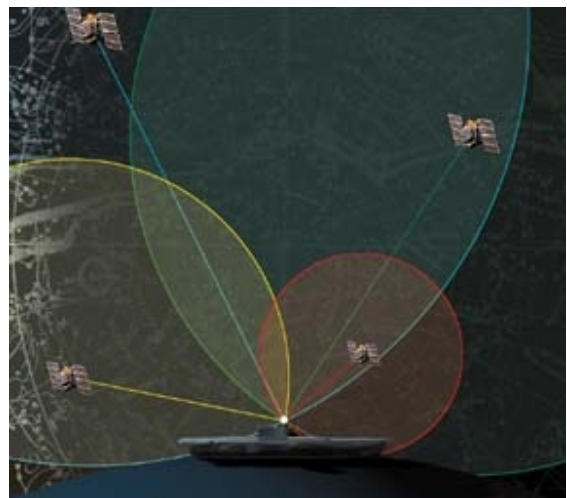
**Acesso Selectivo (SA - *Selective Availability*)** - até meados de 2000 o departamento de defesa dos EUA impunha a chamada "disponibilidade selectiva", que consistia em um erro induzido ao sinal impossibilitando que aparelhos de uso civil obtivessem um erro inferior a 90 metros.

**Anti-Sabotagem (AS - *Anti-spoofing*)** - é semelhante ao SA, no propósito de negar, aos civis e potências hostis, o acesso ao código P. Este sistema impede que os receptores GPS sejam enganados por falsos sinais encriptando o código P num sinal chamado código Y. Apenas os receptores militares conseguem descriptar o código Y.

## 2.3. Como funciona?

Os fundamentos básicos do GPS baseiam-se na determinação da distância entre um ponto, o receptor, a outros de referência, os satélites. Sabendo a distância que

nos separa de 3 pontos podemos determinar a nossa posição relativa a esses mesmos 3 pontos através da intersecção de 3 circunferências cujos raios são as distancias medidas entre o receptor e os satélites. Na realidade são necessários no mínimo 4 satélites para determinar a nossa posição correctamente.



Cada satélite transmite um sinal que é recebido pelo receptor, este por sua vez mede o tempo que os sinais demoram a chegar até ele. Multiplicando o tempo medido pela velocidade do sinal (a velocidade da luz), obtemos a distância receptor-satélite, ( $\text{Distancia} = \text{Velocidade} \times \text{Tempo}$ ).

No entanto o posicionamento com auxílio de satélites não é assim tão simples. Obter a medição precisa da distância não é tarefa fácil.

A distância pode ser determinada através dos códigos modulados na onda enviada pelo satélite (códigos C/A e P), ou pela integração da fase de batimento da onda portadora.



Esses códigos são tão complicados que mais parecem ser um ruído pseudo-aleatório, mas de facto eles têm uma sequência lógica. O receptor foi preparado de modo a que somente decifre esses códigos e mais nenhum, deste modo ele está imune a interferências geradas quer por fontes rádio naturais quer por fontes rádio intencionais,

será esta uma das razões para a complexidade dos códigos.

Como o código P está intencionalmente reservado para os utilizadores autorizados pelo governo norte-americano, (forças militares norte americanas e aliados) os utilizadores “civis” só podem determinar a distancia através da sintonia do código C/A.

A distância é determinada da seguinte forma:

O código C/A é gerado por um algoritmo pseudo-aleatório com um período de 0,001 segundos e usa o tempo dado pelos relógios atômicos de alta precisão que estão no satélite, o receptor que também contém um relógio, é usado para gerar uma réplica do código C/A. O código recebido é depois correlacionado com versões ligeiramente adiantadas ou atrasadas da réplica local e deste modo consegue medir o tempo que o sinal levou a chegar ao receptor.

Numa situação ideal com os relógios do satélite e do receptor perfeitamente sincronizados e a propagação do sinal a ser feita no vácuo, o tempo de voo estaria perfeitamente determinado e por conseguinte a distância medida correctamente. Geralmente esta distância denomina-se por Pseudo-distância por diferir da distância verdadeira por influência dos erros de sincronização entre os relógios do satélite e do receptor.

O outro método de determinar a distância é medindo o número de ciclos decorridos desde o instante em que a portadora foi emitida e o instante em que foi recebida e se medir a diferença de fase.

O comprimento de onda da portadora é muito mais curto que o comprimento do código C/A daí que a medição da fase de batimento da onda portadora permita atingir um nível de precisão muito superior à precisão obtida para a distância através da pseudo-distância. No entanto põe-se um problema: o desconhecimento da ambiguidade de ciclo, ou seja, o nº total de ciclos completos decorridos desde que o sinal deixou o satélite até ao instante da sintonia. As ambiguidades de ciclo podem ser determinadas. Existe uma ambiguidade de ciclo por cada par receptor-satélite desde que não haja saltos de ciclo, perda momentânea de sinal, neste caso uma nova ambiguidade é adicionada.

Depois deste pequeno estudo podemos concluir que o problema da dessincronização dos relógios dos satélites e dos receptores é pertinente, no entanto os idealizadores do GPS arranjam uma forma de contornar esse problema: fazer uma medição extra para outro satélite! Para determinarmos a nossa posição tridimensional correctamente temos que resolver um sistema de 3

equações a 4 incógnitas ( X,Y,Z e o tempo) então o truque é adicionar uma nova medição, ou seja, uma nova equação e temos o sistema resolvido!



## 2.4. Fontes de erro

Os erros que afectam as observações GPS podem ter várias origens:

### 2.4.1. Erros dependentes dos satélites

#### Erros nos relógios dos satélites

Embora os relógios dos satélites sejam muito precisos (cada satélite contém quatro relógios atômicos, dois de rubídio e dois de cézio), não são perfeitos. Posso-lhe avançar que apenas um nanosegundo de erro, ou seja 0,000 000 001 s, resulta num erro de cerca de 30 cm na medição da distância para um satélite.

#### Erros nas efemérides

Já sabemos que a precisão da nossa posição depende da precisão com que sabemos a localização dos satélites. O departamento de defesa dos estados unidos (US DoD), coloca cada satélite numa órbita muito precisa, sendo a sua órbita muito previsível por um modelo matemático bastante rigoroso. No entanto o insuficiente conhecimento do campo gravítico terrestre, as forças gravitacionais da Lua e do Sol e o atrito remanescente da atmosfera terrestre bem como a pressão das radiações solares nos satélites provoca variações nas suas órbitas, daí que elas sejam constantemente monitorizadas pelas estações de rastreio na Terra.

## Acesso selectivo (SA)

O SA antes de ser desactivado em Maio de 2000, também limitava a precisão do sistema para os utilizadores do SPS. O código C/A idealizado para dar uma precisão de 30 metros via a sua precisão original reduzida para 100 metros.

## 2.4.2. Erros dependentes da antena-receptor

### Erros nos relógios dos receptores

Este erro é semelhante ao erro provocado pelos relógios dos satélites.

### Multi-Trajecto



Na medição da distância para cada satélite, assumimos que o sinal do satélite viaja directamente desde o satélite até à antena do receptor. Mas, em adição ao sinal, existem sinais reflectidos provocados por objectos que se encontram perto da antena e que interferem com o sinal verdadeiro. A este efeito chamou-se multi-trajecto. Este erro apenas afecta medições de alta precisão, a sua magnitude ronda os 50 cm.

### Erros causados pela variação do centro de fase da antena

Estes erros são função da sua construção. Dependem das características da antena e do ângulo da direcção do sinal observado. Estas variações podem atingir alguns centímetros.

## Ruído do Receptor

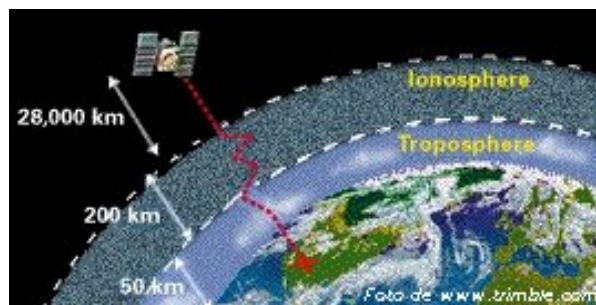
O receptor GPS não é perfeito e tem as suas limitações. Ele está limitado à sua própria precisão, ou seja ao desvio padrão associado a cada medição.

## 2.4.3. Erros dependentes do meio de propagação

### Atrasos ionosféricos

Ao medir a distância para um satélite, medimos o tempo que o sinal leva a chegar ao receptor e multiplicamos esse tempo pela velocidade da luz. O problema é que a velocidade da luz varia sob as condições atmosféricas. A camada mais alta da atmosfera, a ionosfera, contém partículas "carregadas" que atrasam o código e adiantam a fase. A magnitude deste efeito é maior durante o dia do que de noite.

Os atrasos ionosféricos não modelados podem afectar a precisão até 10 metros.



### Atraso troposférico

Ao passar pela camada mais baixa da atmosfera - a troposfera, o sinal também sofre um atraso na fase e no código. Este atraso é causado por duas componentes (componente seca e húmida). O principal problema relaciona-se com a componente húmida (vapor de água).

## 2.5. Aplicações GPS

Embora o GPS tenha sido desenvolvido para ir ao encontro das necessidades militares, logo foram

desenvolvidas técnicas capazes de o tornar útil para a comunidade civil.

Em seguida estão apresentadas algumas aplicações no intuito de dar uma visão global das potencialidades do GPS:

### **2.5.1 GPS aplicado aos transportes**

A ligação do GPS com o SIG (Sistemas de Informação Geográfica) gerou um grande interesse por parte do mundo empresarial ligado ao sector do transporte de mercadorias. Já muitas empresas adoptaram sistemas conjuntos GPS/SIG para fazer gestão e monitorização de frotas.

Como exemplo de uma aplicação GPS aos transportes, temos um sistema que a conhecida empresa de aluguer de automóveis (Hertz) está a utilizar chamado “Hertz NeverLost”. Este sistema foi desenvolvido pela Rockwell Automotive e permite localizar um veículo em qualquer lugar geográfico.

### **2.5.2 Aplicações GPS no desporto**

Em 12 de Setembro de 1992, foi realizada uma corrida de balões transatlântica. Cinco balões com tripulação de diferentes países participaram na corrida que se iniciou na América do Norte e terminou no continente Europeu. Dois receptores GPS Garmin Model 100 foram levados em cada balão. Os receptores foram usados para ajudar na navegação e para verificar os recordes do mundo. Em adição, as informações de direcção e velocidade dadas pelo GPS ajudavam às tripulações identificar as correntes de ar, e as informações de posição permitiam aos salvavidas encontrar rapidamente as tripulações em perigo devido às descidas rápidas.

O GPS também já é indispensável não só nos grandes ralís como o Granada-Dakar, como também nos raides nacionais.

### **2.5.3. GPS aplicado a protecção civil**

Alguns serviços de protecção civil já estão também a utilizar GPS. Uma esquadra de uma equipa de salvamento Norte Americana utiliza desde 1992 um receptor Trimble Transpak em ambulâncias com o objectivo de guiar os helicópteros de serviços médicos até elas muito mais

rapidamente e em situações onde a visibilidade é reduzida.

### **2.5.4. GPS aplicado à topografia e geodesia.**

Os avanços tecnológicos da informática e da electrotecnia vieram revolucionar o modo de praticar topografia. Primeiro com o aparecimento dos instrumentos electrónicos de medição de distâncias (EDM) e agora mais recentemente com os receptores GPS.

O GPS é hoje em dia utilizado em todas as aplicações topográficas, a sua precisão milimétrica permite utiliza-lo para determinar ângulos, distâncias, áreas, coordenar pontos, efectuar levantamentos, etc.

### **2.5.5. Aplicações militares**

Embora a constelação de satélites só recentemente tenha sido completada, o GPS já demonstrou ser um instrumento de grande valor as forças militares norte americanas. Nos desertos devido à sua grande grandeza, o terreno parece-nos sempre igual por muitos quilómetros. Sem um seguro sistema de navegação, as forças norte americanas não poderiam realizar a Operação tempestade do deserto, durante a guerra do Golfo. Com o GPS, os soldados estavam aptos a ir para qualquer lugar até mesmo à noite e sobre tempestades de areia. Inicialmente foram comprados 1000 receptores comerciais portáteis para esse uso, mas os resultados foram tão bons que antes do fim do conflito mais de 9000 receptores comerciais foram usados no Golfo pérsico.

## **3. Mapas Digitais**

O mundo está repleto de inúmeros milhões de estradas, desde auto-estradas enormes a pitorescas estradas de aldeia. A cartografia de todas essas estradas, bem como das várias direcções e outros pormenores que as

condicionam, é feita pelos governos e outras organizações por todo o mundo. Esses mapas são a base de todos os mapas.

### **3.1. As vantagens dos mapas digitais**

#### **3.1.1. Os mapas digitais podem ser actualizados**

Para além do facto dos mapas tradicionais serem menos práticos, menos interactivos e, conseqüentemente, menos eficazes do que os mapas digitais, uma das principais razões pelas quais os mapas tradicionais em papel estão a ser substituídos pelos mapas digitais é que os mapas em papel não podem ser actualizados.

Em média, 5% das estradas são alteradas de alguma forma todos os anos. Por isso, com um mapa em papel com apenas dois anos, tem cerca de 1 em cada 10 probabilidades de estar a ir na direcção errada a cada leitura que faz!

Na verdade, dado o espaço de tempo entre a recepção dos dados para os mapas e o processo de desenhá-los, compô-los, imprimi-los, distribuí-los e por aí em diante, um mapa novo em papel já está desactualizado antes da tinta do mesmo secar.

O actual desafio para os cartógrafos digitais é reduzir o espaço de tempo entre a ocorrência de uma mudança no sistema de estradas e o seu aparecimento no mapa do seu sistema de navegação.

Os principais fornecedores de mapas digitais (existem vários, dos quais a TeleAtlas e a Navteq são os maiores) empregam literalmente centenas de pessoas, para conseguirem ultrapassar este desafio e tornar o seu mapa digital o mais actual e rigoroso possível.

#### **3.1.2. Mais do que apenas direcções.**

Até os mapas mais antigos melhoravam a sua cartografia básica com informações adicionais que se esperava serem do interesse dos leitores. Nos mapas medievais vemos, muitas vezes, coisas escritas em zonas que ainda estavam por explorar; avisos como 'Hic sunt dracones' que significa: 'Aqui existem dragões'.

A grande variedade de informação que os mapas digitais podem oferecer (com sinais de trânsito, manobras proibidas, restrições de veículos, códigos postais,

números de casas, pontos de interesse, informações para turistas, dados de radares de velocidade, e muito mais) é apenas outro exemplo do quanto são muito mais fáceis de utilizar do que os mapas tradicionais.

Por isso, enquanto os melhores mapas tradicionais lhe mostram apenas onde está, e talvez indiquem a sinalização da estrada, etc (como esta era na altura da impressão), os mapas digitais põem a informação noutro plano:

- Com cálculo de rotas - a melhor rota segundo os critérios do condutor (velocidade, cenário, consumo de combustível, etc), distâncias, pontos de interesse e por aí em diante.
- Com orientação de rotas - informação em tempo real, por exemplo, sobre a circulação do trânsito (e não circulação!) e radares de trânsito; e apoio, por exemplo em intersecções complexas, preparando-o antecipadamente para avisos sobre quando deve virar; e muito mais.

### **3.2. Manter os mapas digitais actualizados**

Há três formas principais de recolher os dados para desenvolver e actualizar os mapas digitais:

1. Trabalho de campo. Os colectores de dados que viajam pelas redes de estradas de todo o mundo, registando alterações e discrepâncias.
2. Análise das imagens aéreas e de satélite.
3. Feedback dos clientes.

O mapeamento digital é um processo que consome tempo e que é difícil de fazer em termos logísticos. Por isso, uma empresa como a TeleAtlas está constantemente a desenvolver novas tecnologias e práticas para aumentar a abrangência e velocidade a que os seus mapas são actualizados.

Trabalho de campo. A TeleAtlas também desenvolveu sistemas de mapeamento móveis.

### **3.3. Sistemas de mapeamento móveis**

As carrinhas de mapeamento móvel estão equipadas com seis câmaras digitais de alta-resolução, das quais pelo menos duas funcionam estereoscopicamente. Isso

significa que duas câmaras estão espaçadas, para que as suas imagens combinadas forneçam informação 3-D.

As carrinhas também contêm um receptor de GPS diferencial, um giroscópio de fibra óptica, conta-quilómetros e 4 computadores equipados com programas para processar dados a bordo.

Isso significa que a TeleAtlas pode criar uma biblioteca de informação e, ainda mais importante, que os seus mapas estão actualizados de forma a reflectir as mudanças do mundo real o mais depressa possível após a sua ocorrência.

### 3.3.1. Mais mapas para o seu megabyte

Mas os princípios básicos do mapeamento nunca mudaram realmente. Quer utilizassem desenhos ou conchas do mar, os antigos cartógrafos inseriam informação sobre o mundo real de forma eficaz em algo milhares de vezes mais pequeno do que o mundo em si. A diferença é a escala.

O que torna viável o mapeamento digital é a eficiência através da qual os dados são comprimidos. Hoje em dia temos tendência em ficar muito indiferentes em relação aos avanços tecnológicos, mas se pararmos para pensar um minuto, é extraordinário o facto de podermos ter todas as estradas da Europa contidas num cartão do tamanho da unha do seu polegar.

### 3.3.2. O futuro do mapeamento digital

Há provavelmente duas áreas principais onde estão a ser feitos avanços que são importantes para facilitar ainda mais a deslocação do ponto A para o ponto B.

A primeira é na qualidade dos próprios mapas. A visualização melhorada deve melhorar a sua experiência de condução. Áreas como 3D, modelos de elevação e marcos divisórios, têm um enorme potencial.

A outra área é uma tecnologia chamada 'actualização de incrementação'. Basicamente, isto significa que apenas lhe é entregue a parte da base de dados que é acrescentada, apagada ou modificada; o que pode ajudar bastante na batalha constante para reduzir o espaço de tempo entre a ocorrência das mudanças nas estradas e as mudanças que aparecem no seu mapa.

## 4. Como funciona um receptor GPS

### 4.1. O software e hardware GPS

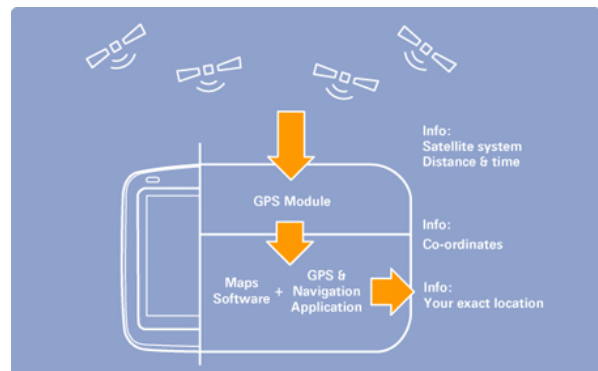
Dito de uma forma simples, o receptor consiste em dois elementos distintos: o software e o hardware.

Um pequeno computador dentro do aparelho garante que o software é executado na perfeição. Dependendo do equipamento, o software pode ser encontrado no cartão SD ou no disco rígido. O disco rígido em si pode armazenar uma quantidade de 20GB de dados.

Um "boot loader" no computador procura o software e os dados dos seus mapas no disco rígido ou no cartão SD.

Depois, transfere o software para os 64MB de memória RAM interna do aparelho e inicia o software. Apenas a parte do mapa que é necessária no momento é que é carregada. Se considerarmos que, em 1991, um computador pessoal IBM tinha apenas 16MB de memória, apercebemo-nos do poder que o pequeno aparelho contém!

Um sistema Linux no equipamento garante que o hardware funciona correctamente. É o próprio hardware que inicia o GPS e a aplicação de navegação. A navegação de aplicação lê então as definições que tem instaladas, tais como a voz da sua preferência e o último percurso escolhido.



### 4.2. O módulo GPS

O módulo GPS garante que o sinal de satélite seja traduzido em coordenadas que apontam a sua localização no mapa.



Assim que tudo é "iniciado", o módulo GPS no seu equipamento calcula a sua posição a partir do sinal de satélite que recebe. Os satélites enviam constantemente sinais e capta os que estão mais próximos.

Como sabe, o módulo GPS mede a sua posição, calculando a distância até, pelo menos, quatro satélites diferentes. Mas apesar do equipamento poder saber a distância a que se encontra desses satélites, não sabe ao certo onde está até saber também onde os satélites estão posicionados. Mas mesmo nesse momento, as coisas não são assim tão simples, uma vez que cada satélite está em constante movimento numa órbita em torno da Terra.

Este último problema é resolvido pelo facto de que o sinal GPS que os satélites enviam contém a chamada informação "almanaque". Essa informação é acerca de coisas como a altitude do satélite, de que satélite se trata, a sua posição em relação aos outros satélites, e por aí em diante. Através da utilização dessas informações, o seu módulo GPS pode traduzir estes sinais para coordenadas, que depois envia para a aplicação de navegação.

É aí que o seu módulo GPS entra realmente em funcionamento. Dentro do módulo encontra-se um pequeno chip GPS de alta sensibilidade que consegue receber e registar sinais mesmo quando se encontra locais muito inacessíveis, tais como becos estreitos a descer, entre edifícios altos ou em florestas densas. É óbvio que isso melhora em muito a precisão e consistência do seu equipamento.

### **4.3. Mais do que simplesmente levá-lo de A a B**

#### **4.3.1. RDS-TMC**

Agora já sabe como é que o seu equipamento calcula a sua localização exacta. Mas, na verdade, o seu equipamento também pode usar toda essa tecnologia para melhorar a sua viagem de muitas outras formas. Um ótimo exemplo de como o seu equipamento usa tecnologia inteligente para se tornar ainda mais inteligente é o RDS-TMC ("Sistema de Dados por Rádio-Canal de Mensagens de Trânsito").

Isto é um serviço que fornece informações de trânsito em tempo-real para o seu dispositivo de navegação. Um receptor RDS-TMC recebe dados de trânsito, descodifica-os e tradu-os para alertas visuais ou audíveis'. Aparecem símbolos de aviso no seu ecrã, para que possa ver

exactamente onde se situa o problema. E quando os dados são directamente integrados no seu equipamento, é-lhe proposto automaticamente um percurso alternativo.

#### **4.3.2. Como funciona o RDS-TMC?**

Os sistemas de informação de trânsito TMC estão em conformidade com um padrão global que foi adoptado por colectores de dados, fornecedores de informação, emissores e fabricantes de veículos e sistemas de navegação.

Por isso, os dados relacionados com circulação de trânsito, incidentes, tempo, etc. pode ser recolhida a partir de uma variedade de fontes (sistemas de monitorização de trânsito, serviços de emergência, chamadas de condutores, etc), comparados num centro de informação central e passados para um fornecedor de serviços de informação TMC.

As mensagens TMC contêm uma quantidade considerável de informação:

Identificação: o que está a causar o problema de trânsito e a sua gravidade

Localização: a área, estrada ou localização específica afectada

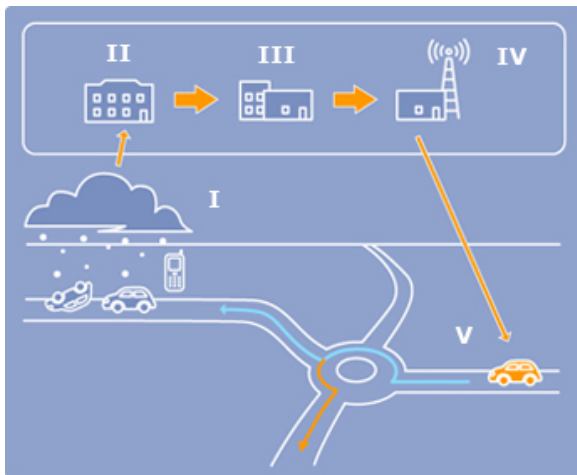
Sentido: os sentidos de trânsito afectados

Extensão: até onde o problema se estende em cada sentido  
Duração: quanto tempo se espera que o problema afecte a circulação de trânsito

E talvez o mais útil:

Conselhos de desvio: percursos alternativos para evitar o congestionamento.

O fornecedor de serviços codifica a mensagem e envia-a para emissores de rádio FM, que a transmitem como sinal RDS (Radio Data System - Sistema de Dados de Rádio) dentro de transmissões de rádio FM normais. O descodificador TMC no interior do seu aparelho descodifica então a mensagem e apresenta-a como uma mensagem visual ou falada. O espaço de tempo entre o primeiro relatório de um incidente para o centro de informação de trânsito e a recepção da mensagem pelo seu receptor RDS TMC costuma ser de apenas 30 segundos.



I = Primeira informação sobre a situação de trânsito

II = Centro de informação central: recolhe todas as informações de trânsito

III = Fornecedor de serviços de informação TMC: descodifica informações de trânsito

IV = Emissores de rádio FM: sinal de transmissão RDS

V = Descodificador TMC: descodifica o sinal RDS para uma mensagem visual e/ou falada

Estes e muitos outros serviços extra estão disponíveis directamente para o seu equipamento ou por descarregamento através da internet.

Os mais recentes equipamentos têm muitas outras excelentes características. Como permitir-lhe controlar a música no seu I-Pod ou passar uma apresentação de diapositivos das suas fotografias preferidas.

## 5. Sistemas de satélite alternativos

### 5.1. GLONASS

O GLONASS (Sistema Global de Navegação por Satélite) é o sistema de satélite russo, que ficou totalmente operacional em Dezembro de 1995. Tal como o GPS, o GLONASS também utiliza 24 satélites e, embora seja ligeiramente mais preciso do que o GPS, a grande desvantagem é que os satélites só duravam cerca de três anos.

Com uma grande crise económica na Rússia no final da década de 90', os satélites nem sempre foram substituídos, por isso, o sistema foi perdendo a sua eficiência gradualmente. Em 2000, apenas 8 dos 24

satélites estavam operacionais. Contudo, nos últimos anos, a Rússia tem estado a trabalhar arduamente num regresso do GLONASS e espera ter o sistema totalmente operacional em 2012.

### 5.2. GPS III

GPS BLOCK III é a nova versão do GPS. A grande melhoria em relação ao sistema de GPS actual é que o GPS III emitirá um sinal muito mais forte. Também seguirá uma órbita diferente, para que os países situados em latitudes mais elevadas, como os países escandinavos, tenham uma melhor cobertura. Outra grande vantagem é a sua capacidade de operar com precisão em conjunto com o GALILEO, o novo sistema de satélite europeu.

### 5.3. GALILEO

O GALILEO é o novo sistema de satélite da União Europeia. Uma das razões-chave para a UE ter desenvolvido o seu próprio sistema de satélite foi para deixar de depender do GPS.

O GALILEO terá uma maior precisão e cobertura do que o GPS e destina-se principalmente para propósitos civis. Prevê-se que esteja terminado em 2008/9 e o primeiro satélite foi lançado em Dezembro de 2005. Consistirá numa constelação de 30 satélites a orbitar a cerca de 14700 milhas/ 23.600 quilómetros acima da Terra.

### 5.4. WAAS/EGNOS

Apesar da impressionante precisão do GPS e do GLONASS, foram lançados outros dois sistemas para fazer com que estes fossem ainda mais precisos. O WAAS (Sistema de Aumento de Área Alargada) para o Continente Americano e o EGNOS (Sistema Europeu Complementar Geoestacionário de Navegação) para o Continente Europeu.

Cada um consiste em três satélites que enviam sinais para os receptores. As estações de medição calculam depois se o sinal do satélite tem alguma discrepância e envia as eventuais correcções para dois dos três 'satélites' geoestacionários. Esses satélites geoestacionários enviam o sinal de correcção de volta para a Terra, onde os receptores de GPS WAAS/EGNOS aplicam essa correcção à sua posição de GPS calculada.

No entanto, os sistemas do novo GPS III e do GALILEO não só trabalharão juntamente com o WAAS ou EGNOS,

como também serão capazes de medir e corrigir as suas próprias inexactidões

## **6. Conclusão**

Como se pode concluir, seria impossível enumerar toda a multiplicidade de usos do GPS. Novas aplicações irão sendo desenvolvidas assim como a tecnologia que as envolve.

O GPS pode ser o sistema de satélite mais conhecido, mas não é o único. Actualmente, há muita actividade no mundo dos sistemas de satélite. Estão a ser desenvolvidos mais sistemas e os sistemas existentes estão a tornar-se cada vez mais poderosos.

## **7. Referencias**

[www.gpsglobal.com.br](http://www.gpsglobal.com.br)

[www.arvm.org](http://www.arvm.org)

[www.cienciaviva.pt](http://www.cienciaviva.pt)

<http://www.tomtom.com/>

<http://www.garmin.pt/>