

# Comunicações V2V e V2I

Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)  
Departamento de Engenharia Electrotécnica (DEE)

Ruben Dias N°1040172  
[1040172@isep.ipp.pt](mailto:1040172@isep.ipp.pt)

Filipe Monteiro N° 1020353  
[1020353@isep.ipp.pt](mailto:1020353@isep.ipp.pt)

## Resumo

Neste documento iremos abordar o tema da comunicação nas estradas, quer entre veículos (V2V) quer entre veículos e infra-estruturas (V2I) e vice-versa. Esta comunicação é, como outras, caracterizada por um transmissor, um receptor e uma mensagem. O transmissor e receptor podem ser um veículo (OBU – On-Board Unit) ou uma estrutura (RSU – RoadSide Unit), dependendo da aplicação em questão. A mensagem a transmitir deverá respeitar um standard (tanto ao nível de arquitectura como de protocolos de comunicação), independente da aplicação usada, os dados do campo de controlo deverão identificar o aplicativo/algoritmo do sistema a executar, para que todos os veículos consigam interpretá-las. Esta é constituída basicamente por três partes: Informação de controlo, Informação de posição e Informação da via. A informação de controlo deve conter dados inerentes ao manuseamento da mesma, tais como ID, validade, área limite, autenticidade, prioridade, etc. A parte da informação de posição deverá conter não só a posição como também o trajecto até à posição actual (sabendo-se assim o sentido de deslocação entre outras informações). A informação da via contém então os dados realmente informativos para o condutor, sobre a via em que está inserido.

Cada sistema/funcionalidade requer um determinado tipo de comunicação (uni ou bidireccional, etc), estando estes tipos reunidos em conjuntos, denominados aplicações, segundo o CAR 2 CAR Communication Consortium [3].

Posteriormente, iremos falar sobre funcionalidades concretas que este sistema de comunicação possibilita, ao nível da segurança, do entretenimento e da eficiência de tráfego.

## 1. Introdução

O sector automóvel sempre foi um nicho para as grandes evoluções, onde no início era o engenho que era posto em prática, passando depois para a electrónica o papel de revolucionar. Se a electrónica evoluiu um bocadinho a par com a sua implementação no automóvel, o mesmo já não se pode dizer da parte da comunicação. A comunicação rádio já está numa fase madura, mas ainda assim a sua implementação em sistemas inteligentes no automóvel tarda em se massificar. Isto para dizer, não que

não se seja capaz de utilizar a tecnologia já existente, mas para dizer que se trata muito mais do que isso. Trata-se de uma alteração do paradigma, da entrada numa nova era, que requer tanta a alteração de leis, como uma nova concepção da própria ideia de “condutor”, já que em estados mais avançados deste tipo de tecnologia, este passa a “conduzido”. Futurismos e sociologias à parte, a verdade é que estes sistemas vão a pouco e pouco entrar no nosso quotidiano, transformando um simples ligar de “pisca” num conjunto de instruções e activações de sensores e transmissores.

## 2. Arquitectura

A arquitectura representada na Figura 1 inclui três domínios distintos: no veículo, *ad-hoc*, e infra-estrutura.

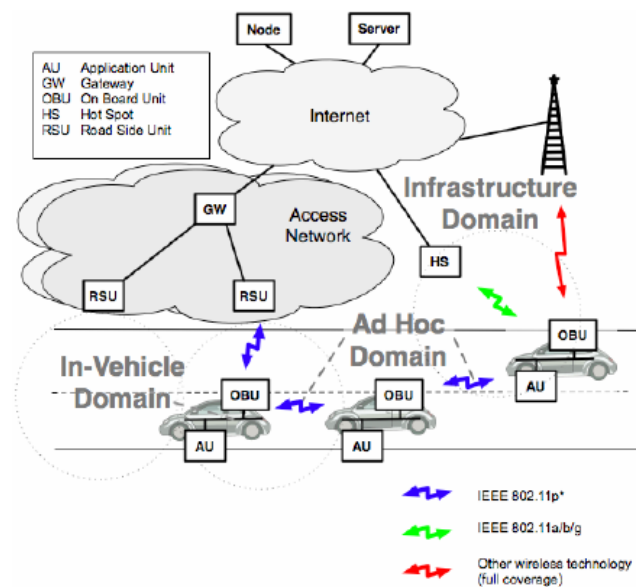


Figura 1 - Esboço da arquitectura C2C

O domínio do veículo é composto por uma unidade de bordo (OBU) e uma unidade de aplicação (AUs). Uma AU pode ser uma parte do veículo, tipicamente um dispositivo dedicado que utiliza as capacidades de comunicação da OBU.

O domínio *ad hoc*, rede veicular *Ad hoc* (VANET), é composta por veículos equipados com OBUs e unidades estacionárias ao longo da estrada (RSUs). Uma OBU é

equipada com um dispositivo de comunicação *wireless*, dedicado para segurança na estrada, podendo ser equipada com dispositivos de comunicação opcionais. Uma OBU de uma rede móvel ad hoc (MANET), permite a comunicação entre nodos de numa maneira distribuída sem a necessidade de uma instancia centralizada de coordenação. Uma RSU tem como objectivo o melhoramento da segurança na estrada, executando aplicações especiais e enviando recebendo ou retransmitindo informação no domínio ad hoc, de modo a aumentar a área de cobertura da rede. Uma RSU pode permitir a uma OBU aceder a infra-estrutura de modo a comunicar com a internet. As OBUs também podem utilizar as capacidades de comunicação da rede de telemóvel (GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, WiMax, 4G), se for integrado nas aplicações que não são de segurança.

### 3. Protocolos

As camadas da arquitectura da unidade de bordo são apresentadas na Figura 2. Esta figura mostra a distinção de três tipos de tecnologias *wireless*: *IEEE 802.11p wireless technology*, tecnologia LAN baseada na *IEEE 802.11a/b/g/n*, e outras tecnologias rádio (como GPRS ou UMTS).

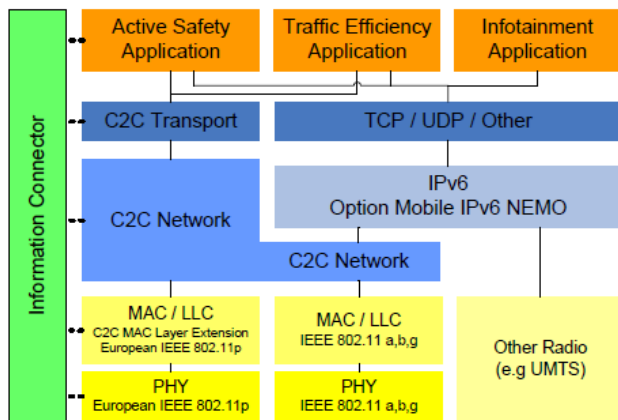


Figura 2 - Protocolos de *C2C Communication System*

Por cima das camadas de rádio MAC e PHY das respectivas tecnologias *wireless*, a camada de rede permite comunicações *wireless* múltiplo salto (*multi-hop*), baseadas em endereçamento geográfico e roteamento, executando funções específicas para comunicações veiculares como o controlo de congestionamento e disseminação de tráfego. Para aplicações não seguras utiliza-se o protocolo TCP ou UDP sobre IPv6, podendo aceder a aplicações nos veículos, a unidade a margem da estrada ou a internet. No caso de necessidade de ligação segura é utilizado as camadas de transporte e rede C2C, que permite a multiplexagem e desmultiplexagem de dados, oferecendo também conexões *unicast*.

## 4. Tipos de Aplicações

Existem seis tipos de aplicações genéricas (segundo o C2C-CC) que servem de base a um sem número de funcionalidades. Estas aplicações diferem entre si no tipo de comunicação e nas infra-estruturas usadas, sendo estas as RSU (*Road Side Units*) e as OBU (*On-Board Units*). Os detalhes da comunicação devem ser completamente transparentes ao nível da aplicação, sendo responsabilidade das camadas inferiores dos protocolos de comunicação.

### 4.1. V2V Cooperative Awareness

Esta aplicação caracteriza-se por permitir a comunicação entre veículos sem ser necessária uma ligação constante entre eles. Os veículos partilham a informação por difusão para a zona envolvente, para que os veículos que nela transitam possam aceder. Esta difusão tem tipicamente um alcance entre 300 e 1000 metros e é constituída pelo transmissor no veículo A, responsável por reunir e enviar a informação relativa a cada funcionalidade específica, um receptor e um OBU no veículo B,C,D, etc. Depois de receber e processar a informação, o receptor passa os dados à OBU que vai actuar dispositivos no veículo, conforme cada situação.



Figura 3 – Esquema do *V2V Cooperative Awareness*

Um exemplo concreto é o Aviso de colisão frontal. O remetente envia os dados necessários específicos deste exemplo, o receptor analisa os dados recebidos através de um algoritmo, juntamente com os dados do próprio veículo. Se é detectada uma possibilidade de colisão, a OBU irá avisar o condutor, através de sinais sonoros e/ou visuais.

Esta aplicação é usada noutras funcionalidades, tais como a Assistência em cruzamento, Assistência de mudança de faixa, Cruise Control colectivo, etc.

### 4.2. V2V Unicast Exchange

Esta aplicação permite uma comunicação directa entre dois veículos para troca de informação. Esta comunicação é caracterizada por quatro fases: Procura, Conexão, Conservação e Término. A primeira fase é quando um veículo decide conectar-se a outro veículo em busca de alguma informação, iniciando então a procura de veículos disponíveis. A fase da conexão é iniciada no momento em

que um veículo solicitar a abertura de uma ligação com outro, podendo este outro aceitar ou não. Depois da ligação efectuada, passa-se à fase da Conservação, onde os veículos trocam dados entre si, até algum dos intervenientes decidir o término da ligação.

Nesta aplicação, a comunicação tem um alcance até 5 km, sendo necessário um transmissor, um receptor e uma OBU em cada um dos intervenientes.

Um exemplo desta aplicação é o *Pre-crash Sensing*. Supondo que tanto o veículo A como B possuem o serviço apropriado e que estão em rota de colisão iminente, o veículo A tenta estabelecer comunicação com o veículo B, através das fases descritas anteriormente. Assim que é estabelecida a ligação, é pedido ao veículo B informação relevante à situação em concreto, tais como o peso do veículo, velocidade, etc, de modo a preparar o veículo para a colisão. Outros exemplos que usam esta aplicação são o Assistência em cruzamento, Assistência de entrada em via-rápida, etc.

### 4.3. V2V Decentralized Environmental Notification

Esta aplicação caracteriza-se por permitir a divulgação de informação sobre acontecimentos e dados de uma via. Esta informação está disponível aos veículos interessados (que circulam ou vêm a circular nessa via) durante determinados espaços de tempo (enquanto houver filas de trânsito por exemplo). Esta informação é encaminhada de veículo em veículo (ou infra-estrutura) sem sofrer alteração, isto é, não existe uma unidade central de controlo. Nesta comunicação, as infra-estruturas (RSU) actuam como veículos parados, fazendo apenas o encaminhamento de mensagens recebidas ou então adicionando novas (no caso de terem sistemas de detecção de filas de trânsito por exemplo).

Esta aplicação tem uma série de características importantes que a distingue:

- Permite que a área coberta pela transmissão seja muito superior ao alcance de um transmissor individual;
- Permite uma validade temporal adequada à situação em questão;
- Permite que um mesmo acontecimento seja reportado/validado por vários intervenientes (fim de congestionamento de trânsito por exemplo).

Quanto a características da difusão em si, esta aplicação tem tipicamente uma área até 20km e requer sistemas de transmissão e recepção nos veículos, assim como OBU e RSU, embora estas últimas nesta situação funcionem como veículo normal (OBU).

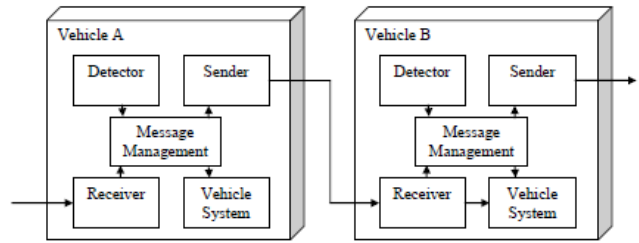


Figura 4 - Esquema do V2V DEN

Requer igualmente sistemas de detecção de acontecimentos/anomalias na via (acidente, nevoeiro, gelo, curva fechada) e respectiva localização para o transmissor poder difundir a mensagem de alerta/notificação com os parâmetros todos.

Em termos de capacidades computacionais, o sistema (OBU ou RSU) deverá ser capaz de:

- Guardar mensagens e transmiti-las posteriormente (a pensar nos casos de pouca densidade de veículos equipados, para que o alerta não se perca)
- Identificar e filtrar notificações sobre o mesmo acontecimento
- Informar o condutor atempadamente
- Pôr em causa a informação recebida através da análise dos dados dos próprios sensores.

Como exemplo desta aplicação, temos os sinalizadores de perigo. Quando o detector do sistema encontra um incidente de trânsito, transmite os dados à unidade de processamento que vai ser responsável, primeiro por avisar o condutor e depois por levar a mensagem ao transmissor, de modo a que esta possa chegar igualmente aos veículos circundantes e assim sucessivamente, havendo por tanto uma área em volta do incidente onde os condutores estão avisados do perigo. Outros exemplos são o Aviso de veículo lento/parado, Aproximação de saída/zona de emergência, etc.

### 4.4. I2V (One-Way)

A difusão de dados de estruturas (RSU) para veículos (OBU) – unidireccional - está contemplada nesta aplicação. Aqui também não há uma ligação dedicada entre dois pontos, antes uma difusão por parte da infra-estrutura onde os veículos que circulam na área podem captar. Esta difusão tem alcance até 5km.

Como exemplo desta aplicação, temos o avisador de limite de velocidade. Se considerarmos este limite dinâmico conforme as condições da via, da altura do dia ou das condições do tráfico, a RSU divulga periodicamente o limite de velocidade. Esta periodicidade varia conforme a urgência da notificação em questão. Na parte do receptor, este verifica se a mensagem recebida se aplica a ele (cada sentido de uma auto-estrada pode ter



Como descrito, *Cooperative Forward Collision Warning* têm como requisitos:

- A habilidade de todos os veículos para compartilhar entre si informação aproximadamente entre uma distância de 20 a 200 metros para prevenir uma colisão por trás,
- O posicionamento relativo preciso dos veículos,
- Os veículos tem de confiar na informação que recebem de outros veículos,
- Penetração de mercado razoável para ter um impacto na segurança.

## 5.2. Pre-Crash Sensing/Warning

O *Pre-Crash Sensing/Warning* é o passo a seguir depois do aviso de colisão cooperativo. Aqui, a suposição é que um acidente é inevitável. Semelhante ao aviso de colisão frontal cooperativo este caso requer que todos os veículos periodicamente partilhem informação sobre os veículos vizinhos para prever uma colisão. Quando uma colisão já não é evitável (nenhuma maneira possível de guiar ou travar para evitar o acidente), os veículos envolvidos exercem uma comunicação rápida e segura para trocar informação como uma posição mais detalhada e o tamanho do veículo. Esta informação extra, providência a ambos os veículos um aperfeiçoamento do uso de actuadores como *airbags*, pré-tensores monitorizados do cinto de segurança, e pára-choques prolongáveis.

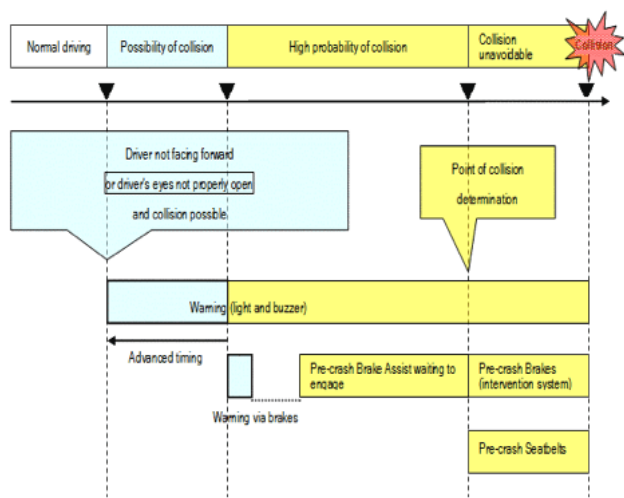


Figura 7 - Toyota's pre-crash technologies

O uso do sistema de *Pre-Crash Sensing/Warning* requer:

- A habilidade de todos os veículos para compartilhar entre si informação aproximadamente entre uma distância de 20 a 200 metros para prever um acidente inevitável,
- Posicionamento relativo preciso dos veículos,
- Veículos para confiar na informação que eles recebem de outros veículos,

- Penetração de mercado razoável para ter um impacto na segurança,
- Uma conexão rápida e segura entre dois veículos no caso de um acidente inevitável ser detectado.

## 5.3. Hazardous Location V2V Notification

O sistema *Hazardous Location V2V Notification* utiliza a rede de veículos para compartilhar informação que se relaciona com locais perigosos na estrada, como por exemplo estradas escorregadias ou buracos. Assim, o assunto principal é a geração de informação sobre a condição motriz de um local específico. Por exemplo, um veículo que sofre uma actuação de seu sistema ESP (*Electronic Stability Program*), o veículo guarda a informação sobre o local e partilha o seu conhecimento com outros veículos na área a sua volta. Os veículos que recebem a informação avisam o condutor ou usam-na para aperfeiçoar automaticamente os seus chassis ou sistemas de segurança. A informação pertinente pode ser compartilhada com qualquer número de veículos numa determinada área. Além do caso onde a informação é criada num veículo, a informação pode ser recolhida pelos provedores de serviço externos através de uma unidade à margem da estrada e ser propagada na rede da mesma maneira.



Figura 8 - Veículo de monitorização

O sistema *Hazardous Location V2V Notification* requer:

- Veículos confiem na informação originada por outros veículos,
- Veículos confiem na informação originada por unidades à margem de estrada,
- Penetração de mercado razoável para ter um impacto de segurança,
- A habilidade para os veículos para compartilhar informação sobre uma área geográfica específica por múltiplo-salto,
- A habilidade para avaliar e localizar a validade da informação compartilhada por múltiplo-salto.

## 6. Eficiência de tráfego

Este capítulo explica o funcionamento de alguns sistemas de melhoria de eficiência de tráfego, bem como

os requisitos necessários e os objectivos a que se destinam.

### 6.1. Enhanced Route Guidance and Navigation

O sistema *Enhanced Route Guidance and Navigation* usa informação recolhida pelo concessionário da infra-estrutura para entregar a informação de orientação a um condutor. Constantemente, o concessionário da infra-estrutura recolhe informação e prevê congestionamento de tráfego em estradas ao longo de uma grande região. Quando um veículo equipado com o sistema passa por uma unidade à margem da estrada que apoia o sistema, a unidade à margem de estrada envia a informação relativo as condições de tráfego esperadas ao longo da região, ou só para a rota seleccionada na unidade de navegação. O veículo usa esta informação para informar o condutor sobre demoras esperadas ou melhores rotas puderam existir. Porque é provável que este sistema dirija várias pessoas congestionadas das áreas em redor, o sistema de transporte global fica mais eficiente com o uso de rotas alternadas que não se encontram congestionadas.

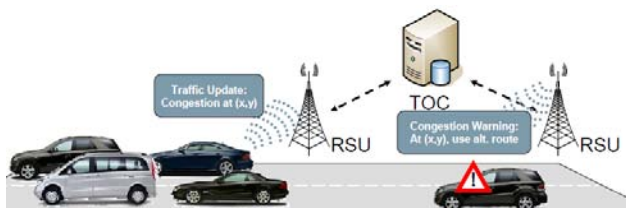


Figura 9 - Aviso de congestionamento

O melhoramento de orientação e navegação requer:

- Concessionário da infra-estrutura para recolher e manter a informação sobre congestão de tráfego,
- Veículos para confiar na informação provida pela unidade à margem de estrada,
- A habilidade para uma unidade à margem de estrada para oferecer um serviço a transmitir aos veículos.

### 6.2. Green Light Optimal Speed Advisory

O *Green Light Optimal Speed Advisory*, fornece informação ao condutor num esforço para fazer a sua condução mais suave e evitar a paragem. Quando um veículo se aproxima de uma intersecção sinalizada, o veículo recebe informação relativa ao local da intersecção e o tempo do sinal (número de segundos para trocar de luz verde para luz vermelha). Com esta informação, o veículo calcula uma velocidade ideal usando a distância do veículo até a intersecção e o tempo para o sinal ficar verde. Se o veículo viaja a velocidade ideal, é provável que o semáforo fique verde e o condutor não terá que reduzir a velocidade ou parar o veículo. O efeito deste sistema é menos paragens nas estradas resultando num

aumento de fluxo de tráfego e aumento de economia de combustível para veículos equipados.

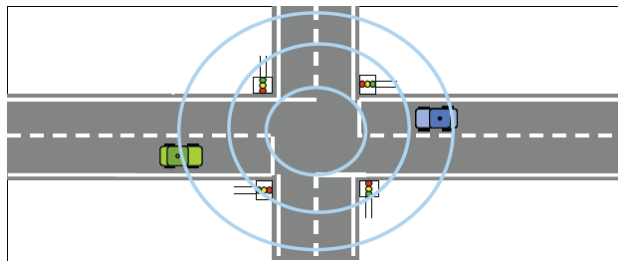


Figura 10- *Green Light Optimal Speed Advisory*

O aconselhador de óptima velocidade para luz verde requer:

- Uma intersecção sinalizada para transmitir posição da intersecção, o estado do semáforo, informação do tempo para cada direcção de viagem e cada via com sinal individualizado cronometrado,
- Veículos para confiar na informação providenciada pelo semáforo.

### 6.3. V2V Merging Assistance

O sistema *V2V Merging Assistance* permite aos veículos convergir para uma via sem perturbar o fluxo do tráfego. Quando um veículo entra numa entrada a uma estrada de acesso limitado, o veículo comunica com o tráfego que será adjacente quando tentar convergir na estrada. O veículo pede manobras específicas dos participantes no tráfego de modo a permitir uma segura e não perturbante fusão no tráfego regular. Sem objecções do tráfego, o tráfego vai automaticamente se ajustar ou vai aconselhar os condutores como agir. Com as acções do tráfego convergido, o veículo pode entrar no fluxo de tráfego sem grandes perturbações para o fluxo. Este sistema também pode ser estendido para providenciar um serviço de convergência de rampa onde o veículo a convergir está informado quando pode proceder na entrada para se fundir num espaço sem tráfego.

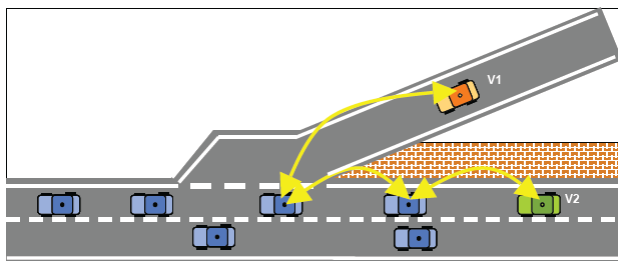


Figura 11 - *V2V Merging Assistance*

O sistema *V2V Merging Assistance* requer:

- A habilidade de todos os veículos para compartilhar informação entre si dentro de uma distância adequada para executar a manobra de convergência,
- Veículos para confiar na informação que recebem de outros veículos,
- Veículos para concordar com as acções para permitir espaço para um veículo a convergir.

## 7. Entretenimento e utilidades

Este capítulo vem no seguimento dos últimos dois, explicando alguns dos sistemas que tiram partido das tecnologias mencionadas para proporcionar um maior comodidade aos ocupantes das viaturas.

### 7.1. Acesso a internet no veículo

O sistema de acesso a internet no veículo permite uma conexão à Internet. Isto permite o uso de todos os tipos de serviços baseado no IP comum no veículo. Então, uma rota de múltiplo salto para uma RSU é estabelecida e mantida agindo como uma *gateway* de Internet. A rota de múltiplo salto é mascarada transparentemente sobre camadas da pilha de protocolo, permitindo quase qualquer protocolo baseado em IP e serviço ser a colocado nos veículos. Este sistema permite ao veículo ou ao condutor aceder a qualquer tipo de informação disponível na Internet.

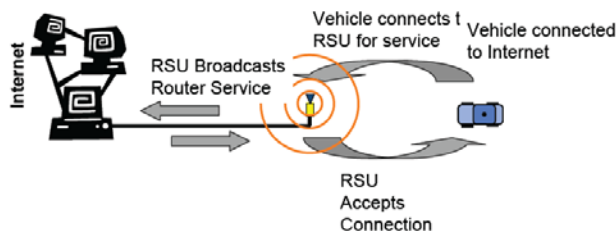


Figura 12 - Internet no veículo

O acesso a internet no veículo requer:

- A habilidade para um veículo conectar a uma unidade à margem de estrada que oferece a conexão de Internet,
- A habilidade para um veículo endereçar servidores de Internet pela unidade à margem de estrada,
- A habilidade para transmitir mensagens por múltiplo salto a uma unidade à margem da estrada de um veículo quando os dois não podem comunicar directamente entre si,
- Uma manutenção de rota dinâmica que assegura os parâmetros de qualidade de serviço necessários e reinicia a rota de múltiplo salto quando necessário,
- Como um cenário alternativo, a conexão a um *hotspot* que corre o protocolo IEEE 802.11 a, b, g WLANs.

### 7.2. Notificação de pontos de interesse

O sistema de notificação de pontos de interesse permite aos negócios locais, atracções turísticas ou outros pontos de interesse anunciar a sua disponibilidade a veículos nas suas redondezas. Neste sistema, uma unidade a margem da estrada difunde informação relativa a um ponto de interesse, como o seu local, horas de funcionamento, e preço. A elevada quantidade de informação é filtrada pelos veículos numa situação adaptável e quando apropriado apresenta ao condutor. Por exemplo, se a medida de combustível for acabando, o veículo poderia apresentar ao condutor, locais e preços de postos de combustível nas proximidades. O benefício deste sistema é que o anúncio fica mais eficiente dentro da audiência que está dentro da área geográfica e pode ser mais provável visitar que alguém ouvindo uma estação de rádio ou navegado na Internet. O benefício para consumidores é informação actualizada de um negócio na proximidade.

A notificação de pontos de interesse requer:

- Veículos para confiar na informação originada por unidades à margem de estrada,
- A habilidade para uma unidade à margem de estrada para difundir informação a veículos circunvizinhos.

### 7.3. Diagnósticos remotos

O sistema de Diagnóstico Remoto permite uma estação de serviço avaliar o estado de um veículo sem fazer uma conexão física ao veículo. Quando um veículo entra na área de uma garagem de serviço, a garagem pode consultar a informação de diagnóstico do veículo para apoiar a resolução do problema informado pelo cliente. Até mesmo com aproximação do veículo, o histórico dos veículos e a informação de clientes pode ser recolhida de uma base de dados e ser preparada para o técnico a usar. Se for necessárias actualizações de software, o sistema também pode instalar as actualizações sem a conexão física. Este sistema pode reduzir a quantidade de tempo necessária para servir um cliente durante uma visita a uma garagem. Isto também resultará em despesas inferiores para conserto e menos tempos de espera.



Figura 13 - Diagnósticos remotos

O sistema de diagnósticos remotos requer:

- Veículos para estabelecer uma conexão de confiança e segura com uma unidade à margem de estrada a uma estação de serviço,
- A habilidade de veículo se identificar quando solicitado por um solicitador autorizado.

## 8. Conclusão

Apesar de teoricamente todas estas tecnologias terem como objectivo a melhoria da segurança e do conforto dos passageiros dos veículos, há algumas questões que se colocam: como é que as leis vão ser alteradas para algumas destas tecnologias? Qual será o método ou técnica para conduzir o veículo? Será possível desenvolver sistemas tão seguros que os governos permitiram que o veículo nos leve a algum lado sem a nossa intervenção? Estes sistemas não podem ser intrusivos ou perturbarem o condutor a não ser que seja necessário. Mas quem é que decide quando e se é necessário? Todas as novas tecnologias levantam questões sobre os seus aspectos positivos e negativos, sendo necessário analisar se os aspectos positivos justificam os negativos.

Outro dos aspectos a considerar é a necessidade de padronização das tecnologias utilizadas de modo a que os sistemas dos diversos fabricantes sejam compatíveis aumentando assim a penetração no mercado para que os sistemas tenham um impacto positivo na segurança.

Embora exista muitas etapas a ultrapassar para que alguns destes sistemas sejam a realidade no nosso dia-a-dia, não há dúvida que farão parte dele num futuro próximo.

## 9. Bibliografia

[1] *Vehicular Communication and VANETs*  
<http://events.ccc.de/congress/2006/Fahrplan/events/1608.en.html>

[2] *BroadBit project*  
<http://www.broadbit.net/portal/?tag=c2c-cc>

[3] *CAR 2 CAR Communication Consortium*  
<http://www.car-to-car.org/>

[4] *NEC*  
[http://www.nec.com/global/onlinetv/en/society/car\\_communication.html](http://www.nec.com/global/onlinetv/en/society/car_communication.html)

[5] *MotorAuthority*  
<http://www.motorauthority.com/bmw-enlists-in-car-2-car-communications-development.html>

[6] *Honda ASV-3*  
<http://www.world.honda.com/HDTV/ASV/ASV-3/>

[7] *General Motors vehicle to vehicle (V2V) technology*  
<http://www.acarplace.com/brands/gm/vehicle-to-vehicle.html>

[8] *Toyota's pre-crash technologies*  
<http://www.toyoland.com/toyota/precrash.html>

[9] *FEHRL Europe's road research centres*  
<http://www.fehrl.org/>

[10] IEEE 802.11-05/0764r0 *Communications Performance Evaluation of Cooperative Collision*  
<https://mentor.ieee.org/802.11/file/05/11-05-0764-00-000p-elbatt-802-11p-slides-07202005.ppt>