

# Redes de Comunicações no Automóvel

Adelino Silva

*Aluno do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores – Sistemas e Planeamento Industrial – Sistema Automóveis (2008/09)*

[1890340@isep.ipp.pt](mailto:1890340@isep.ipp.pt) (AS)

## Resumo

*Actualmente os automóveis utilizam um elevado número de controladores de forma a descentralizar os sistemas para um mais rápido processamento e consequente ordem para o actuador. A informação recolhida pelos sensores tem de estar disponível para diversos controladores, assim, há necessidade de fazer circular esta informação, para isso faz-se uso de redes de comunicação. Neste trabalho será apresentado os protocolos mais utilizados no automóvel ou que se prevêem a venham a ser utilizados em massa no futuro.*

## 1. Introdução

Deste o Ford modelo T até aos dias de hoje os automóveis foram evoluindo de forma a satisfazer as necessidades e exigências dos utilizadores. O primeiro Ford oferecia iluminação eléctrica como opcional. Hoje poucos veículos são vendidos sem motores nos vidros ou fecho central de portas.



Fig. 1 – Ford modelo T e Mercedes SLR

Com a evolução da indústria automóvel e as exigências dos seus utilizadores os fabricantes tiveram necessidade de seguir um novo caminho na concepção e construção do automóvel.

O automóvel começou a incorporar novos sistemas que até então eram pouco utilizados. Sistemas para melhorar o desempenho, o conforto e a segurança.

De cada vez que se acrescentava um novo sistema havia mais cablagem associada a instalar. Desta forma o peso do automóvel aumentava consideravelmente.

Houve, também, a necessidade de fazer com que os vários sistemas comunicassem entre si de forma a permitir a partilha de informação.

No início dos anos 80, o crescimento de equipamentos electrónicos no carro, resultou num enorme crescimento de cabos necessários para a ligação dos vários sistemas. No total existia cerca de 2.000 m de cabos que resultava num peso adicional de cerca de 100 kg. A complexidade era de tal forma elevada que chegava a ser necessário cerca de 600 tipos de cabos diferentes. Os sistemas de comunicação disponíveis nessa altura não correspondiam às reais necessidades e não cumpriam com requisitos essenciais ao bom funcionamento dos sistemas no automóvel. Assim houve necessidade de desenvolver novos protocolos de comunicação que cumprissem com as exigências inerentes ao meio em que estaria envolvido, o automóvel.

Alguns dos requisitos que os protocolos teriam de cumprir eram os seguintes:

- Elevada imunidade a interferências electromagnéticas;
- Elevada fiabilidade;
- Velocidades de comunicação elevadas;
- Baixo preço para produção em massa.

## 2. Tecnologias com fios

Grande parte dos sistemas do automóvel, inicialmente, era ligada por cablagem dedicada. No entanto, os sistemas de automóvel tornaram-se mais complexos, e um novo conceito para ligar os sistemas tinha de ser encontrado.

Como o número de sistemas de automóvel com recurso à electrónica estava a aumentar era necessário colocar estes sistemas a comunicar entre si. A única forma de fazer isto acontecer era ligar estes sistemas através de uma rede de comunicações. Hoje a maioria dos ECU (*Electronic Control Unit*) trocam informação através de redes de comunicação.

A partilha de informação através de uma rede de comunicações não só diminui os cabos necessários como reduz a utilização de equipamento, por exemplo, um sensor de temperatura ligado numa rede pode

disponibilizar as medições para todos os ECU's dessa rede e para outras redes / sistemas.

## 2.1. CAN (Controller Area Network)

O protocolo CAN foi proposto pela Bosch, em 1980, para interligação dos sistemas de controlo em veículos, de forma a simplificar os sistemas complexos de fios. Em 1986, a Bosch anunciou oficialmente o desenvolvimento de um sistema de comunicação entre Unidades Electrónicas de Controlo (ECU) no automóvel, respondendo a um pedido feito pela Mercedes. Já em 1987 surgiram os primeiros circuitos integrados para CAN, fabricados pela Intel e pela Philips, e em 1994 tornou-se um padrão internacional (ISO 11898).

O CAN é um protocolo de comunicação série síncrono utilizado para interligar dispositivos distribuídos. O sincronismo entre os módulos conectados à rede é feito em relação ao início de cada mensagem lançada ao barramento (evento que ocorre em intervalos de tempo conhecidos e regulares).

A rede é multi-mestre, isto é, todos os nós podem tornar-se mestre em determinado momento, e escravo em outro; além disso é possível que mais do que um nó seja controlador, o que facilita a criação de um sistema redundante. Cada nó tem livre acesso ao meio de transmissão podendo, enviar uma mensagem sempre que necessário ou em resposta a um evento.

O CAN usa o mecanismo de acesso ao meio CSMA/DCR (*Carrier Sense Multi-Access / Deterministic Collision Resolution*), isto é, cada nó, antes de enviar informação para a rede, "escuta" o que se passa nela e, se eventualmente estiver livre, envia a mensagem. Para evitar colisão, o algoritmo verifica o barramento analisando as prioridades das mensagens. Caso seja detectado a existência de dois nós a transmitir em simultâneo a mensagem que tiver menor prioridade termina a sua transmissão, e a de maior prioridade continuará enviando sua mensagem sem ter que reiniciá-la. A prioridade da mensagem é especificada por identificadores únicos, que podem ser de 11 ou 29 bits, e que também determinam a prioridade intrínseca da mensagem ao competir com outras pelo acesso ao barramento.

Esse identificador também serve para que os receptores decidam se devem ou não processar a mensagem, já que esta, quando transmitida no barramento, não possui endereço de receptor. Quanto menor o valor binário associado, maior a prioridade.

A taxa de transmissão dos dados é inversamente proporcional ao comprimento do barramento. A taxa máxima de transmissão é 1Mbit/s que utiliza um protocolo de arbitragem e mecanismos de detecção e

sinalização de erros que proporcionam a integridade das informações transmitidas.

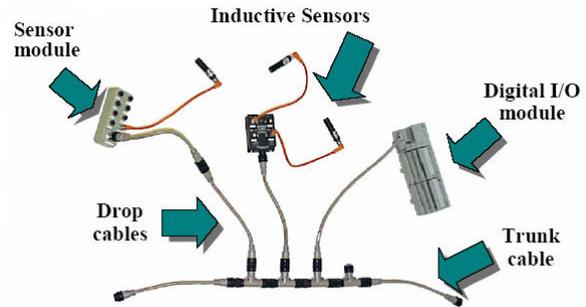


Fig. 2 – Exemplo de um barramento CAN

O CAN pode utilizar meio físico diferente de acordo com a implementação. O meio mais utilizado é o par trançado (ISO 11898-2) que permite velocidades até 1 Mbp/s desde que o barramento seja inferior a 40 m. É possível utilizar apenas um fio como barramento (SAE J2411) onde a velocidade pode ir até 33,3 kbit/s.

No CAN, os dados não são representados por bits em nível "0" ou nível "1" mas sim por bits Dominantes e bits Recessivos. Os dispositivos ligam a um barramento que é constituído por um par de fios trançados, desta forma é reduzida a interferência electromagnética uma vez que os sinais transmitidos/lidos são a diferença de potencial entre os dois fios.

A integridade da frame é garantida pelo campo CRC (*Cyclic Redundant Check*), composto pela sequência numérica gerada, e utilizado para verificação de erros no quadro.

Os primeiros veículos a serem comercializados com o protocolo CAN foi em 1992. Actualmente praticamente todos os veículos têm pelo menos um sistema com protocolo CAN a bordo.

Devido à falta de outras alternativas, nessa altura, o CAN, teve uma grande implementação não só na utilização no automóvel mas também em outras áreas como em equipamentos médicos, elevadores, automação industrial, robótica, agricultura de precisão, barcos e navios, dando mesmo origem a uma nova organização que se dedica ao desenvolvimento do CAN para todos os fins, a CiA (*CAN in Automation*).

## 2.2. LIN (Local Interconnect Network)

O LIN é um protocolo de comunicação projectado pelo Consórcio LIN, composto, entre outros, pela Volkswagen, Audi, BMW, Daimler Chrysler, Volvo. O seu objectivo é especificar um padrão aberto de baixo custo para uma rede de comunicações em automóvel,

onde a largura de banda e a versatilidade do protocolo CAN não são necessários.

Este consórcio iniciou suas actividades como um grupo de trabalho em 1998 e lançou a primeira especificação em 1999.

O protocolo LIN não especifica somente a transmissão de dados, mas também fornece ferramentas automatizadas, endereçando as complexas e crescentes necessidades de implementação e de manutenção de software em sistemas distribuídos. Por esta mesma razão, a especificação do LIN cobre, além da definição do protocolo, as interfaces para as ferramentas de desenvolvimento e para uma aplicação de rede independente.

Esta rede foi desenvolvida como um complemento ao protocolo CAN, sendo usada em aplicações onde o custo é crítico e as taxas de transmissão de dado são baixas. As aplicações que utilizam a tecnologia de rede LIN são essencialmente: vidros eléctricos, fecho central de portas, iluminação, ar condicionado, sensor de chuva, regulação de bancos, entre outros que requerem baixo poder de processamento e de recursos de comunicação. Nesses sistemas o uso do LIN é mais adequado do que o uso do CAN no que diz respeito ao custo.

As principais motivações para se utilizar LIN, entre outras, devessem ao facto de que ele possui apenas um fio para transmissão/recepção de dados (baixo custo); a arquitectura do barramento apenas possui um único nó mestre e vários nós escravos, no máximo de 16 nós por rede; implementação de baixo custo baseado no interface de hardware UART/SCI (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter / Serial Communications Interface*); auto-sincronização sem cristal nos nós escravos, ou seja, apenas o mestre possui o relógio de sincronização.

O LIN, normalmente, é utilizado como uma sub-rede do CAN. A interface é realizada através do nó mestre, estendendo os benefícios de trabalhar em rede por todos os componentes do veículo.

Todos os nós incluem uma tarefa escrava, usada para que eles se comuniquem com os outros nós, que é dividida em duas funções: transmitir e receber mensagens, enquanto o nó mestre inclui uma tarefa adicional também chamada mestre. A interacção entre os nós numa rede LIN é sempre inicializada pelo mestre.

O nó mestre envia o cabeçalho da mensagem para o nó escravo, e somente uma tarefa escrava é activada através do identificador da mensagem. O nó que recebeu a mensagem inicia a transmissão da mensagem de resposta com os devidos dados.

O protocolo é aberto e foi introduzido no mercado no ano 2000. A velocidade de comunicação apenas pode ir até os 19.2 kbit/s.

### 2.3. FlexRay

O protocolo FlexRay é apontado como a próxima geração de redes em automóveis, as quais exigem barramentos de dados de alta velocidade que são determinantes para um sistema distribuído de controlo.

Com o aumento dos dispositivos electrónicos presentes no automóvel e o aumento da quantidade de mensagens, o protocolo tem que ser capaz de ter largura de banda suficiente para responder a todos os nós.

O FlexRay tem uma largura da banda 20 vezes superior ao CAN, um comportamento determinístico e tolerante a falhas (dois canais de comunicação com redundância). Ou seja, transmite as mensagens no tempo certo e de forma confiável para as aplicações críticas de segurança, além de ser flexível e de permitir uma maior liberdade de topologias de rede.

O sistema FlexRay é mais do que um protocolo de comunicação, inclui também especificações para transmissões de alta velocidade e definições de interfaces de hardware e software, entre os componentes de um nó FlexRay.

O meio físico utilizado pelo FlexRay é um par de fio entrançado. Podem ser utilizadas várias topologias, em barramento, em estrela ou a mistura das duas. Os ECU FlexRay podem ter até dois canais de comunicação, isto permite ligar os ECU a dois pontos da rede criando assim uma redundância, isto é, se um canal falhar o outro continua a funcionar e a manter todas as funcionalidades, desta forma há uma diminuição da probabilidade de falha.

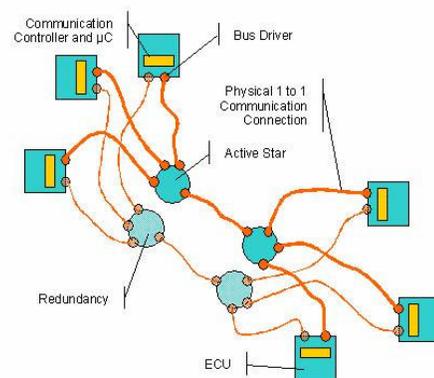


Fig. 3 – Exemplo de uma rede FlexRay com dois canais

O desenvolvimento do FlexRay teve início em 2000, com a participação Daimler Chrysler, BMW, Philips e Motorola, posteriormente, uniram-se a este grupo também a Volkswagen, a General Motors e a Bosch

Como qualquer nova tecnologia, também o FlexRay, começou a ser utilizado nos automóveis de gama alta,

neste caso no BMW X5 que utiliza o FlexRay para controlo da suspensão em cada uma das quatro rodas. Com a utilização do FlexRay, aproveitando a transmissão rápida de dados, pretende-se criar uma condução mais confortável, uma vez que o automóvel vai-se adaptar mais rapidamente ao estado da estrada e da condução a que está a ser sujeito

#### 2.4. TTP (Time Triggered Protocol)

O Protocolo TTP foi desenvolvido nos anos 80 pela *Vienna University of Technology* no âmbito de um projecto europeu onde teve a participação da Daimler Chrysler. Em 1998, após a conclusão do projecto, foi realizado um *spin-off* (TTTech) para continuar o desenvolvimento da tecnologia e sua comercialização que teve início em 2002.

O TTP foi desenvolvido em função de requisitos semelhantes ao FlexRay, dando origem a que ambas as tecnologias tenham características semelhantes. A maior diferença entre os protocolos é que o TTP é aberto e o FlexRay é proprietário.

O meio físico utilizado pelo TTP é o par entrançado e permite velocidades até 25 Mbp/s.

#### 2.5. Byteflight

O Byteflight é usado em aplicações críticas de segurança, como o airbag. O Byteflight utiliza o protocolo TDMA [*Time Division Multiple Access*] de acesso ao meio e permite velocidades até 10 Mbp/s. O meio físico utilizado pode ser o par de fios entrançado ou fibra óptica. A topologia em estrela permite que a falha de um elemento não afecta as comunicações nos restantes.

A BMW é a única empresa construtora de automóveis que participa no desenvolvimento deste protocolo.

#### 2.6. MOST (Media Oriented Systems Transport)

O MOST (*Media Oriented Systems Transport*) é um protocolo de rede para ligar equipamentos multimédia em automóveis. A grande vantagem em relação a outras tecnologias é o facto de poder transmitir uma grande quantidade de dados, por fibra óptica, actualmente até 150 Mbp/s com um comprimento de fibra até 20 m, mas num futuro próximo poderá atingir os 500 Mbp/s. A especificação do MOST define todas as sete camadas do modelo ISO/OSI. As redes MOST podem suportar até sessenta e quatro dispositivos ou nós. É possível utilizar um serviço *plug and play* que permite adicionar e remover dispositivos de maneira muito fácil e simples. Existe um temporizador mestre, que é um dos nós, que

constantemente alimenta o frame de dados. O preâmbulo ou cabeçalho do pacote sincroniza os outros nós chamados de temporizadores escravos.

A rede é realizada em anel e liga todos os equipamentos associados ao sistema de multimédia; rádio, ecrãs, computador de bordo, antenas de GPS e telemóvel e colunas de som. Em paralelo com o cabo de fibra óptica segue mais dois fios de cobre para alimentação dos equipamentos.

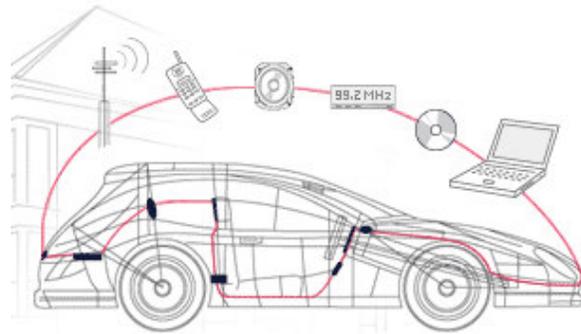


Fig. 4 – Rede MOST

Uma vez que os dados circulam em anel e num só sentido, a avaria de um equipamento pode dar origem à falha de toda a comunicação no sistema.

O MOST é desenvolvido pela MOST Cooperation, um associação de indústrias que fabricam automóveis (incluindo FORD, BMW, Daimler Chrysler e General Motors), empresas que fornecem equipamento eléctrico para automóveis (incluindo Infineon Technologies, Delphi), a Bosch e empresas de áudio e vídeo (incluindo Sony, Philips e Motorola).

#### 2.7. 1394 para Automóvel

O FireWire, também conhecido como IEEE-1394 ou i.Link é um protocolo série de alta velocidade utilizada em computadores, periféricos de computador e em equipamentos de vídeo como câmaras. Este protocolo é desenvolvido e promovido pela 1394 Trade Association que é uma associação de empresas com interesses na tecnologia.

A 1394TA, aproveitando o conhecimento e a experiência acumulada bem como as características do 1394, desenvolveu, com a contribuição da Renault, Grupo PSA, Nissan, Ford, Honda e Daimler, a tecnologia de forma a ser utilizada em automóveis que deu origem à 1394 Copper Automotive Standard.

Poderá utilizar cabo em par entrançado, cabo coaxial ou fibra óptica e atingir velocidades até os 400 Mbp/s. O mesmo sistema pode ter mais do que um meio físico em simultâneo. A figura em baixo mostra um exemplo com

utilização de fibra óptica para a rede principal (azul) e fio de cobre para as redes secundárias (laranja).

O protocolo poderá ser utilizado em sistemas de multimédia ou noutros sistemas do automóvel.

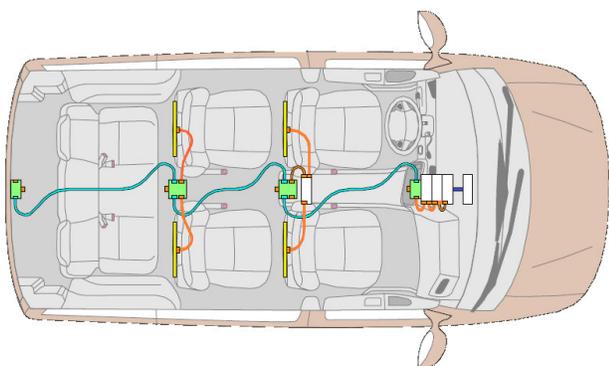


Fig. 5 – Topologia tipo da rede 1394

A tecnologia ainda está em fase de desenvolvimento e apenas em 2009 deverá estar disponível para comercialização. A Renault apresentou uma versão com recurso ao 1394. O exemplo apresentado dispõe de três ecrãs sensíveis ao toque. Um instalado na frente do veículo para utilização do condutor e os outros dois para os passageiros dos lugares traseiros. A demonstração apresentada mostra como é possível visualizar conteúdos diferentes nos três ecrãs. Um ecrã pode estar a funcionar com o sistema de navegação e a reproduzir música através de um leitor de MP3 externo e os outros dois ecrãs podem estar a visualizar filmes diferentes. Quando em marcha atrás, automaticamente, o ecrã do condutor apresenta a imagem da câmara instalada na traseira do veículo.

## 2.8. Caso prático

Na figura ao lado podemos ver um exemplo de várias redes num automóvel e as interligações entre elas.

Neste exemplo três tecnologias são utilizadas.

A rede LIN faz o controlo dos vidros eléctricos, espelhos eléctricos, ar condicionado e fecho central de portas.

A rede CAN faz a interligação de todos os controladores LIN e ainda assume o sistema de iluminação, o painel de instrumentos e funções do motor.

A rede MOST tem ligado o sistema de rádio e áudio, o sistema de navegação e o computador de bordo. Embora o esquema não represente, a esta rede, pode ainda ser ligado ecrãs para visualizar conteúdos multimédia ou navegar na internet ou mesmo para operar nos diversos sistemas do automóvel.

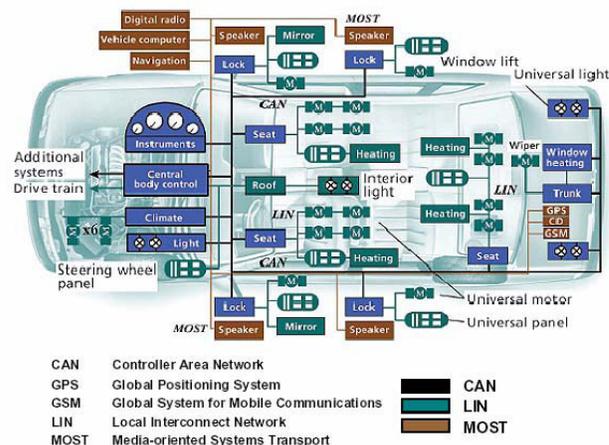


Fig. 6 – Topologia tipo com redes CAN, LIN e MOST

O condutor, quando pretende fechar o vidro do passageiro, pressiona o respectivo botão (sensor) na sua porta, o controlador LIN dessa porta recebe a informação do sensor e transmite o seu estado à rede CAN (através de uma *gateway*) que por sua vez entrega a informação ao controlador LIN da porta do passageiro. Este ao receber a informação dá comando ao actuador do motor do vidro para fechar.

Quando uma porta está aberta, o controlador LIN dessa porta detecta o estado do sensor e envia a informação para a rede CAN que por sua vez envia a informação para a rede MOST para que o computador de bordo gere um alarme para o condutor.

Com as várias redes ligadas entre si o estado de um sensor pode ser transmitido para qualquer sistema que necessite dessa informação.

## 2.9. Comunicações no desporto automóvel

Nos carros de competição há necessidade de analisar uma série de informações relativamente ao comportamento do carro e do piloto durante os treinos e as corridas. Desta forma, os carros de desporto, são equipados com dezenas de sensores para medir diversas grandezas. Por exemplo, um carro de fórmula 1 tem sensores que medem não só a velocidade mas também a pressão realizada nos pedais e sua posição em qualquer instante, a pressão realizada no volante e a sua posição, a distância do carro ao piso, a inclinação do carro, temperaturas e pressões em diversos pontos do motor, quantidade de ar admitido, combustível no depósito, etc. Todos os dados recolhidos pelos sensores são armazenados num computador a bordo para posterior análise.

Se todos os sensores tivessem de ser ligados por fios individuais ao computador o peso dos cabos seria

incomportável para um carro de competição. Assim a solução implementada é realizada através de sensores com transmissão de dados utilizando o CAN como protocolo de comunicação. Com a utilização desta tecnologia por cada sensor que se pretenda adicionar ao carro apenas o peso do sensor irá fazer aumentar o peso total do carro uma vez que não há necessidade de acrescentar cablagem.

Em algumas competições é possível que o carro ao passar na zona das boxes, possa transmitir as informações recolhidas pelos sensores na última volta e, ao mesmo tempo, o computador de bordo possa receber novos dados de afinação. Com isto é possível alterar a afinação do carro em cada volta da corrida.

### 3. Tecnologias sem fios

Actualmente diversos equipamentos impõem a adopção de comunicações sem fios nos automóveis, tanto dentro do veículo, entre veículos e entre veículo e meio envolvente.

Equipamentos como o computador portátil, telemóvel ou leitor de música começam a ter nas suas características técnicas funcionalidades que aliciam a sua ligação aos sistemas dos automóveis.

Os veículos têm adquirido novas capacidades e oferecem mais serviços aos seus utilizadores. Alguns exemplos de aplicação são:

- Sistemas de navegação e de informação de tráfego. Um veículo equipado com um sistema de navegação pode indicar o caminho para o destino desejado, fornecendo, em tempo real, informações de trânsito;
- Reconhecimento de voz e ligação à internet sem fios. O condutor e passageiros podem receber e enviar correio electrónico, enquanto na estrada através de comandos por voz;
- Os sistemas de segurança podem receber informações de veículos, que circulam em sentido contrário, do estado da estrada ou de acidentes.
- Comunicação com a estrada pode disponibilizar informações do estado da estrada ou de informações de tráfego. O veículo pode comunicar com a estrada, que por sua vez comunica com uma central de controlo, dando informação de acidente do próprio veículo ou de furto do mesmo.

Adiante são apresentadas duas tecnologias que podem ser utilizadas em comunicações dentro do veículo, o Bluetooth e o ZigBee. Para as comunicações entre o veículo e o exterior será abordado o *Wi-Fi*.

#### 3.1. Bluetooth

O Bluetooth é um protocolo de comunicação sem fios para transmissão de voz e dados muito utilizado em equipamentos portáteis como telemóveis, agendas electrónicas, auriculares, portáteis ou sistemas de navegação. O Bluetooth permite que todos estes equipamentos, quando embarcados, comuniquem ou partilhem informação com outros sistemas do automóvel.

Uma utilização comum no automóvel é o sistema de mãos livres do telemóvel. Quando o utilizador entra no automóvel o sistema, automaticamente, conecta o telemóvel embarcado ao sistema do automóvel passando todas as funções a serem utilizadas através do ecrã da consola do automóvel. Quando o telefone recebe uma chamada automaticamente, quem faz a chamada, recebe uma informação verbal que o receptor está a conduzir.

Para ser utilizado em equipamentos portáteis, logo dependentes de bateria, o Bluetooth foi criado de forma a ter baixo consumo. Assim uma das funcionalidades é o ajuste automático da potência necessária à comunicação em curso.

Outra vantagem do Bluetooth é a possibilidade de criar PAN's (*Personal Area Network*) de forma *ad-hoc*, isto é, um dispositivo que entra no alcance de outro, automaticamente se conecta e estes constituem uma PAN.

Sendo uma comunicação sem fios há necessidade de criar formas de evitar que outros acedam às transmissões sem autorização. Isto é feito através do mecanismo *frequency hopping*, mecanismo que impõe um ritmo de até 1600 mudanças de frequência por segundo, previamente determinada pelo mestre, autenticação de códigos PIN (*Personal Identification Number*) e criptografia de 128 bits. Além de evitar acessos sem autorização, também, evita interferências com outros dispositivos Bluetooth.

#### 3.2. ZigBee

O ZigBee é um protocolo para redes de sensores, desenvolvido pela ZigBee Alliance com o IEEE. Foi projectado para permitir comunicação sem fios confiável, com baixo consumo de energia e baixas taxas de transmissão.

O protocolo ZigBee define três tipos diferentes de dispositivos, com funções variadas:

- Coordenador ZigBee (*ZigBee coordinator – ZC*): Existe exactamente um coordenador ZigBee em cada rede. Este dispositivo agrega o maior número de funções, por exemplo, o coordenador é capaz de criar uma rede tornando-se a raiz da árvore dessa rede, sendo, portanto, o único dispositivo capaz de comutar dados entre redes. Além disso, o coordenador é capaz de armazenar

informação sobre a rede. A azul-escuro na figura em baixo.

- Roteador ZigBee (ZigBee router - ZR): Os dispositivos roteadores agem como um roteador intermediário, roteando dados para outros dispositivos. A vermelho na figura em baixo.

- Dispositivo final ZigBee (ZigBee End Device - ZED): Contêm funções apenas para trocar informações com seu nó pai (ou um roteador ou um coordenador); não podendo encaminhar dados para outros dispositivos. Como requer menos memória, pois não precisa armazenar informações de roteamento, é mais barato que um roteador ou um coordenador ZigBee. A azul-claro na figura em baixo

O ZigBee permite a topologia em estrela, árvore e malha. Exemplos das várias topologias são dados na figura seguinte.

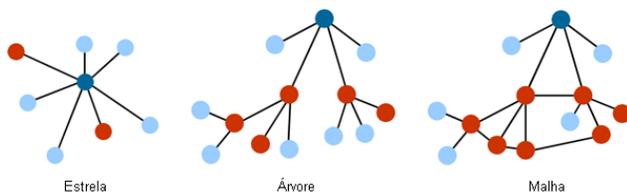


Fig. 7 – Topologias tipo em ZigBee

Numa topologia do tipo estrela, a rede é controlada por um único coordenador ZigBee. Nas topologias rede e estrela, o coordenador ZigBee é responsável por inicializar a rede e pela escolha dos parâmetros chaves da rede, além de que a rede pode ser estendida através do uso dos roteadores ZigBee. Em topologias de árvore os roteadores movem dados e controlam mensagens através do uso da estratégia de roteamento hierárquico.

Os dispositivos baseados na tecnologia ZigBee operam na faixa ISM (*industrial, scientific and medical radio bands*) e que não requer licença para funcionamento, incluindo as faixas de 2,4 GHz (Global), 915 MHz (América) e 868 MHz (Europa) e com taxas de transferência de dados de 250 kbp/s em 2,4 GHz, 40 kbp/s em 915 MHz e 20 kbp/s em 868 MHz.

Actualmente existem interfaces com velocidades de conexão compreendidas entre 10 kbp/s e 115 kbp/s e com um alcance de transmissão entre 10 m e 100 m, dependendo directamente da potência dos equipamentos e de características ambientais (obstáculos físicos, interferência electromagnética, etc.).

O protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4) foi projectado objectivando apresentar as seguintes características:

- Consumo de potência baixo e implementação simples, com interfaces de baixo custo;

- Dois estados principais de funcionamento: "active" para transmissão e recepção e "sleep", quando não está transmitindo;
- Simplicidade de configuração e redundância de dispositivos (operação segura);
- Densidade elevada dos nós por a rede. As camadas PHY e MAC permitem que as redes funcionem com grande número de dispositivos activos. Este atributo é crítico para aplicações com sensores e redes de controlo;
- Protocolo simples que permite a transferência confiável de dados com níveis apropriados de segurança.

O padrão ZigBee adoptou um novo algoritmo de segurança, o AODV (*Ad-hoc On-demand Distance Vector*).

A camada MAC utiliza o padrão AES (*Advanced Encryption Standard*) como seu algoritmo de criptografia, descrevendo uma variedade de rotinas de segurança. Estas rotinas têm como objectivo prover a confidencialidade, a integridade e a autenticidade das frames da camada MAC. A camada MAC faz o processamento de segurança, mas são as camadas superiores que controlam o processo, ajustando as chaves de criptografia e determinando os níveis de segurança que deverão ser usados. Quando a camada MAC transmite (ou recebe) uma frame, verifica o destino (a fonte da frame), recupera a chave associada com esse destino (fonte), e usa então esta chave para processar a frame de acordo com a rotina de segurança designada para a chave que está sendo usada. Cada chave é associada a uma única rotina de segurança e o cabeçalho da frame MAC possui um bit que especifica se a segurança para a frame está habilitada ou não.

### 3.3. Wi-Fi

Em 1999, vários líderes de indústria mundial formaram uma organização com o objectivo de criar um protocolo mundialmente aceite para transmissões sem fios de alta velocidade e em rede local. Essa organização é a Wi-Fi Alliance.

A Wi-Fi Alliance desenvolve testes rigorosas e atribui certificação Wi-Fi de equipamentos de rádio que implementam o protocolo IEEE 802.11. O resultado final leva à confiança do utilizador na utilização de equipamentos que utilizam a tecnologia Wi-Fi para transmissão de dados.

O Wi-Fi é a tecnologia de transmissão sem fios mais popular do momento.

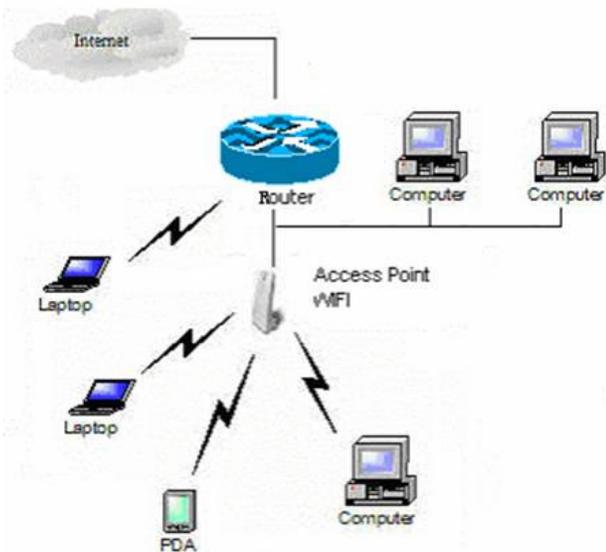


Fig. 8 – Exemplo de rede Wi-Fi

O Wi-Fi não é uma tecnologia móvel uma vez que necessita de um ponto de acesso físico para ligação. É o ponto de acesso que transforma o tráfego de rede em sinal de rádio, permitindo que outros dispositivos, igualmente equipados com Wi-Fi, possam conectar-se a ele. A partir deste ponto de acesso toda a restante rede pode ser móvel com a utilização do Wi-Fi.

As vantagens de se ter uma rede sem fios são inúmeras: os custos para montar uma rede wireless são bem menores que da montagem de uma rede convencional com cabos *ethernet*, tendo em vista o custo de toda a infra-estrutura necessária para cabear determinado local, os custos dos próprios cabos, a mão-de-obra, etc. Muitas empresas já estão mudando suas antigas redes de cabo para Wi-Fi.

Diferente das redes convencionais com cabos, o sinal de rádio de redes Wi-Fi não obedece os limites físicos do escritório, residência ou empresa, sendo facilmente captado e/ou interceptado e/ou manipulado por estranhos próximos do ambiente de rede ou em andares diferentes do prédio.

Para garantir um nível maior de segurança, é necessário proteger com formas de encriptação, filtros e chaves de segurança, evitando assim que intrusos tenham acesso aos dados transmitidos. Existem duas formas de encriptação. A WEP (*Wired Equivalent Privacy*) é uma técnica utilizada para autenticar a ligação aquando do processo de ligação na rede. Todos os equipamentos com autorização de ligação à rede têm memorizado a chave que permite o acesso. A WPA (*Wi-Fi Protected Access*) é uma evolução do WEP. Nesta técnica cada equipamento têm a sua chave de acesso e, periodicamente de forma automática a chave é alterada.

Actualmente não só os computadores utilizam o Wi-Fi, telemóveis, agendas pessoais e até mesmo rádios vêm já equipados com esta tecnologia.

### 3.4. Casos práticos

As principais diferenças entre os protocolos considerados estão no fim para que as tecnologias foram projectadas

O Bluetooth é útil para aplicações de áudio de mãos livres mas também para sincronização de telefones móveis, agendas pessoais, transferência de arquivos, ligação em rede *ad-hoc*. Para estas aplicações um alcance de rede de algumas dezenas de metros é suficiente em conjunto com velocidades de transmissão até 3 Mbp/s. Isto é o que Bluetooth fornece.

O ZigBee, por outro lado, tem aplicação ao nível dos sensores e controlo. As aplicações de ZigBee consistem na utilização em equipamentos que exige pequenos pacotes de dados. A velocidade de transmissão não é tão importante quanto para as outras tecnologias apresentadas, e actualmente a velocidade máxima é de 250 kbp/s. Os nós podem estar distribuídos espalhado numa área superior comparada com o Bluetooth.

O Wi-Fi é desenvolvido como uma tecnologia que substitui Ethernet por cabo utilizado, essencialmente em para casa e ambientes de escritório. Para fornecer mobilidade, velocidades de rede e alcance devem ser tão altos quanto possível. Velocidades até 54 Mbps são possíveis até uma distância de 50 m.

Actualmente, o Bluetooth, já é um equipamento de série em alguns modelos de automóveis, aliás é a tecnologia sem fios mais utilizada na industria automóvel.

Em resposta ao desejo dos automobilistas se manterem ligados à sua informação e divertimento, mesmo no veículo, a Microsoft criou uma plataforma que disponibiliza estes serviços no automóvel. Ao fornecer uma plataforma uniformizada, a Microsoft ajuda a indústria automóvel a reduzir custos e tempo de desenvolvimento destes sistemas.

Exemplos já presentes no mercado são o caso da Ford e da Fiat.

O sistema ao detectar um telemóvel no interior do veículo, automaticamente, este é sincronizado utilizando o Bluetooth. A partir deste momento todas as funções do telemóvel podem ser executadas através de botões existentes no volante e visualizadas as operações no ecrã do veículo. As funções também podem ser dadas por voz e o sistema responde, também, por voz.

Além de realizar chamadas, o sistema, permite ainda ouvir as SMS (*Short Message Service*) recebidas ou compor uma mensagem. O texto é ditado sendo o sistema

que faz a conversão para texto. A função de agenda e a audição de músicas armazenadas no telemóvel também está disponível. O sistema permite ainda ligar equipamentos através de uma porta USB para reproduzir música em formato MP3.



Fig. 9 – Interior do Fiat 500

Na oficina o mecânico não necessita de ligar o portátil numa ficha do veículo para realizar o diagnóstico. Esta ligação pode ser realizada através do Bluetooth.

O ZigBee, por outro lado, preenche uma lacuna não fornecida pelo Bluetooth, a interligação de sensores para controlo. O ZigBee pode ser utilizado para ligar sensores de medida da temperatura e humidade assim como aquecimento, ventilação, ar condicionado e iluminação.

Um outro exemplo é o controlo de viaturas alugadas. No momento da entrega da viatura alugada o funcionário recebe no seu sistema informação dos quilómetros e do nível de combustível. Outra aplicação para os sensores com ZigBee é o controlo da pressão dos pneus.

Um telemóvel ou a chave da viatura, com tecnologia ZigBee, deixada no seu interior aquando do seu abandono pode, de imediato, informar o automobilista de que um objecto ficou na viatura.

Para comunicações entre veículos, o Wi-Fi é a tecnologia mais interessante actualmente, não só devido à sua extensa utilização em redes de escritório e redes de casa, mas também devido a sua disponibilidade. Aplicações úteis são, por exemplo, informação de acidentes, de tráfego ou do estado da via no percurso previsto. Estas informações fluem de veículo em veículo, circulem no mesmo sentido ou em sentido oposto, sendo, essas informações processadas de acordo com as necessidades.

Outra aplicação já disponível em Portugal é o serviço que a Galp disponibiliza em alguns postos de abastecimento. O automobilista, quando aparcada na zona de estacionamento, pode aceder à internet através da rede Wi-Fi.

Filmes, músicas ou um destino de uma viagem podem ser enviados para o automóvel quando este está estacionado na garagem da habitação através da rede Wi-Fi residencial.



Fig. 10 – Veículo adquire estado da Estrada para informar outras viaturas

#### 4. Conclusões

Actualmente existem diversos protocolos de comunicação em que cada um deles serve determinado tipo de sistemas de acordo com as exigências dos mesmos. Os protocolos mais utilizados são o LIN, o CAN, o MOST e o Bluetooth.

Para sistemas em que a fiabilidade não é importante utilizasse o LIN por ser de fácil implementação e com custo reduzido. Para sistemas com necessidades de fiabilidade é utilizado o CAN. Para sistemas em que há necessidade de velocidades elevadas utilizasse o MOST. Para aplicações sem fios é utilizado o Bluetooth. De forma permitir a existências de troca de informações entre sistema há necessidade de recorrer a *gateways* para conversão de protocolos.

O FlexRay poderá vir a assumir um papel relevante nos sistemas em que há necessidade de uma fiabilidade elevada e imune a falhas em detrimento do CAN.

Embora o MOST, actualmente, seja o protocolo mais utilizado em sistemas multimédia poderá dar o seu lugar ao 1394 se se vier a concretizar as expectativas criadas pelo respectivo consórcio.

O Zigbee poderá ser o protocolo que fará a ligação dos sensores aos controladores uma vez que por ser uma tecnologia sem fios reduz a quantidade de cabos necessários e, conseqüentemente, o peso do veículo.

No futuro deverá existir apenas um protocolo que satisfaça as necessidades dos diversos sistemas e que o custo seja inferior a utilização de vários protocolos.

## 5. Referências

- [1] Hermann Kopetz (2001), A Comparison of TTP/C and FlexRay, publicado no TU Wien Research Report 2001/10, Technische Universität Wien, Austria  
<http://www.vmars.tuwien.ac.at/frame-papers.html>
- [2] Milind Khanapurkar, Dr. Preeti Bajaj e Dakshata Gharode, A Design Approach for Intelligent Vehicle Black Box System with Intra-vehicular communication using LIN/Flex-ray Protocols, publicação do IEEE  
[www.ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=4608680](http://www.ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4608680)
- [3] Thomas Noltey, Hans Hanssony, Lucia Lo Bello, Automotive Communications - Past, Current and Future, Publicado em 10th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA'05), p 985-992 (volume 1), IEEE Industrial Electronics Society, Facolta' di Ingegneria, Catania, Italy  
<http://www.mrtc.mdh.se/publications/0920.pdf>
- [4] Thomas Noltey, Hans Hanssony, Lucia Lo Bello, Implementing Next Generation Automotive Communications, Publicado em 1st Embedded Real-Time Systems Implementation Workshop (ERTSI04) in conjunction with the 25th IEEE International Real-Time Systems Symposium (RTSS'04), Lisbon, Portugal  
<http://www.mrtc.mdh.se/publications/0773.pdf>
- [5] Thomas Noltey, Hans Hanssony, Lucia Lo Bello, Wireless Automotive Communications, Publicado em 4th International Workshop on Real-Time Networks (RTN'05) in conjunction with the 17th Euromicro International Conference on Real-Time Systems (ECRTS'05), p 35-38, ISBN 3-929757-90-7, Palma de Mallorca, Balearic Islands, Spain, Editor(s):Jörg Kaiser  
<http://www.mrtc.mdh.se/publications/0903.pdf>
- [6] Helder Mendes e Paulo Santos (2007), Redes de Comunicação Automóveis, Publicado na página da disciplina de SIAUT, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal  
[http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act\\_lect/SIAUT/SIAUT.html](http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act_lect/SIAUT/SIAUT.html)
- [7] Carlos Miranda da Silva de Oliveira e Luiz Carlos Nascimento da Silva (2007), Protocolos de roteamento em redes ZigBee, Publicado na página da disciplina de Redes sem fio (Wireless Networks), Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso, Brasil  
[http://www.getec.cefetmt.br/~ruy/ensino\\_pos\\_wireless.html](http://www.getec.cefetmt.br/~ruy/ensino_pos_wireless.html)
- [8] Fábio Freitas e Tiago Leite (2007), Bluetooth, Publicado na página da disciplina de RECIN, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal  
[http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act\\_lect/RECIN/RECIN.html](http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act_lect/RECIN/RECIN.html)
- [9] Nelson Sousa e Nuno Fonseca (2007), FlexRay – Futuro na Comunicação Automóvel, Publicado na página da disciplina de RECIN, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal  
[http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act\\_lect/RECIN/RECIN.html](http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act_lect/RECIN/RECIN.html)
- [10] Walter Chaves e Pedro Casal (2007), Controller Area Network, Publicado na página da disciplina de RECIN, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal  
[http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act\\_lect/RECIN/RECIN.html](http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act_lect/RECIN/RECIN.html)
- [11] André M. Barros (2007), Protocolo IEEE 802.11, Publicado na página da disciplina de RECIN, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal  
[http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act\\_lect/RECIN/RECIN.html](http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act_lect/RECIN/RECIN.html)
- [12] CAN in Automation (CiA)  
<http://www.can-cia.org>
- [13] Lin Consortium  
<http://www.lin-subbus.org/>
- [14] FlexRay Consortium  
<http://www.flexray.com/>
- [15] Time-Triggered Technology  
<http://www.tttech.com/>
- [16] Byteflight  
<http://www.byteflight.com>
- [17] MOST Cooperation  
<http://www.mostcooperation.com/>
- [18] Bluetooth Special Interest Group  
<http://www.bluetooth.org/>
- [19] ZigBee Alliance  
<http://www.zigbee.org/>
- [20] Wi-Fi Alliance  
<http://www.wi-fi.org/>
- [21] 1394 Trade Association  
<http://www.1394ta.org/>
- [22] Fiat Automobiles  
<http://www.fiat.com>
- [23] Microsoft Corporation  
<http://www.microsoft.com/auto/>