



SENAI CIMATEC

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial

FELIPE GOUVEIA LINDESAY

**A COMUNICAÇÃO AUTOMOTIVA SEM FIO E SUA
INSERÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO.**

Salvador

2009



SENAI CIMATEC

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial

FELIPE GOUVEIA LINDESAY

A COMUNICAÇÃO AUTOMOTIVA SEM FIO E SUA INSERÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO.

Trabalho de Conclusão do Curso
submetido como requisito final para
aprovação no Curso Superior de
Tecnologia em Mecatrônica Industrial da
Faculdade de Tecnologia Senai-Cimatec.

Orientador: Marcio Augusto de Carvalho.

Salvador

2009

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec

L745

Lindesay, Felipe Gouveia

Comunicação Automotiva sem fio e sua inserção no cenário brasileiro, A/
Felipe Gouveia Lindesay. -Salvador, 2009.

47f.;il.; color.

Orientador: Prof. Marcio Augusto de Carvalho

Monografia (graduação) – Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, 2009.

1. Veículos automotores. 2. Tecnologia de comunicação. 3.
Comunicação sem fio. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II.
Carvalho, Marcio Augusto de. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Para a minha amada mãe, por todo amor, carinho, perseverança e incentivo não só durante a fase do projeto, mas sim por toda a duração do curso.

Para meu pai e meu irmão, por todo apoio incondicional dado durante os momentos.

Para meu professor orientador Marcio Augusto Sampaio Carvalho, pelo apoio, incentivo e orientação durante o projeto.

Para os meus amigos pela ajuda e companheirismo durante o decorrer do projeto e da faculdade.

RESUMO

A comunicação automotiva sem fio consiste em tornar possível que veículos troquem informações e dados entre si. Seu principal objetivo é aumentar a segurança nas estradas e melhorar o fluxo do tráfego, cada vez mais caóticos nas grandes cidades. A comunicação entre veículos é realizada através de uma arquitetura de rede conhecida por rede *Ad Hoc Veicular (Mobile Ad hoc Network)*, essas redes recebem esse nome uma vez que não há elementos centralizadores como acontece nas redes estruturadas. Muitos são os desafios para a implementação desta tecnologia no Brasil, dentre os principais podemos destacar: Infra-estrutura e viabilidade econômica e comercial. Esse trabalho apresenta as principais características da comunicação automotiva e como esta pode ser aplicada no Brasil de forma a aproveitar alguns dos seus benefícios.

Palavra-chave: Comunicação veicular sem fio, Rede Ad-hoc veicular.

ABSTRACT

The automotive wireless communication is to make vehicles that can exchange information and data among themselves. Its main objective is to increase road safety and improve the traffic flow, increasingly chaotic in big cities. Communication between vehicles is done through a network architecture known as the Ad Hoc network Vehicle (Mobile Ad hoc Network), these networks receive that name because there isn't as central elements in structured networks. There are many challenges to implementing this technology in Brazil, among the principal can highlight: Infrastructure and economic viability and commercial. This article discusses the main features of Automotive Communication and how this can be implemented in Brazil in order to seize some of their benefits and overcome its challenges.

WordKeys: Automotive wireless communication, Ad Hoc Network Vehicle.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESBOÇO DA ARQUITETURA DO SISTEMA.	23
FIGURA 2 - CAMADAS DA ARQUITETURA DO SISTEMA	25
FIGURA 3 – APLICAÇÃO DO TIPO DE ENVIO UNIDIRECIONAL.....	30
FIGURA 4 - APLICAÇÃO DO TIPO DE ENVIO PARA TODO OS VEÍCULOS DENTRO DE UMA ÁREA DETERMINADA.....	31
FIGURA 5 - APLICAÇÃO DO TIPO DE ENVIO PARA TODOS OS VEÍCULOS DENTRO DE UMA ÁREA DETERMINADA POR UM FORMATO GEOGRÁFICO.....	31
FIGURA 6 – APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ENVIO DE INFORMAÇÃO PARA UMA ÁREA ALVO COM O NÓ FONTE FORA DA ÁREA DETERMINADA.	32
FIGURA 7 - REDE DE SENSORES SEM FIO.....	36
FIGURA 8- SENSOR QUE UTILIZA O PADRÃO ZIGBEE	37
FIGURA 9 – COMPONENTES BÁSICO DE UM NÓ SENSOR.....	38
FIGURA 10 – MODELO GENÉRICO DE UMA REDE DE SENSORES COM UM GATEWAY.....	39
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DOS NÓS SENSORES DENTRO AMBIENTE VEICULAR	43
FIGURA 12 - ESQUEMÁTICO DE COMUNICAÇÃO ENTRE O VEÍCULOS E UMA RSU.	44
FIGURA 13 – ESBOÇO DO CENÁRIO.	45

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVO DO PROJETO	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
2.3	Benefícios do Projeto.....	13
3.	JUSTIFICATIVA.....	14
4.	RESTRIÇÕES DO PROJETO.....	15
5.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
5.1	Benefícios da Tecnologia.....	16
5.1.1	Aviso de colisão.....	16
5.1.2	Notificação Veículo-a-Veículo de locais perigosos.....	17
5.1.3	Eficiência do Tráfego.....	17
5.1.4	Navegação e Orientação.....	18
5.1.5	Infotainment.....	18
5.2	Arquitetura do Sistema.....	19
5.2.1	Definições	19
5.2.2	Padrões de comunicação	20
5.2.3	Estrutura do sistema	23
5.2.4	Funcionalidade	28
5.2.5	Princípios do sistema de comunicação.....	29
6.	BRASIL	33
6.1	Brasil e a Tecnologia C2X.....	33
6.2	Aplicações Brasil	35
6.2.1	Redes de Sensores sem fio.....	35
6.2.2	Tipos de sensores utilizados.....	36
6.2.3	Componentes básicos de um nó sensor	37
6.2.4	Nós de interface com outras redes	38
6.2.5	Padrão de comunicação ZigBee.....	39
6.2.6	Características de uma rede ZigBee	39
6.2.7	Formação de uma rede ZigBee	40
6.2.8	Cenário.....	42

7. CONCLUSÃO	46
REFERENCIA.....	47

1. Introdução

Os altos índices de acidentes e mortes no trânsito tornaram-se os principais fatores para que grandes montadoras de veículos, universidades, governo e empresas privadas da Europa começassem a trabalhar em projetos de comunicação entre veículos a fim de reduzir esses índices além de almejar aumentar a eficiência no tráfego e promover mais conforto aos motoristas. O *Car-to-Car Consortium Communication (C2C-CC,2007)*, que visa padronizar todas as interfaces e protocolos de comunicação sem fio entre veículos e o seu ambiente e o Projeto *FleetNet* que está desenvolvendo uma plataforma de comunicação inter-veículo, são exemplos dos projetos em desenvolvimento.

A tecnologia de comunicação entre veículos utiliza o conceito de redes *ad hoc*, que consiste em um tipo de rede que não possui elementos centralizadores, como as redes domésticas convencionais. As redes ad-hoc veiculares, ou VANETs (*Vehicle Ad-hoc NETWORK*), são um caso especial das redes móveis *ad-hoc* (*Mobile Ad hoc NETWORKs – MANET*), diferenciadas apenas na natureza dos nós que as compõem. Essas redes estão presentes em veículos automotores (carros, caminhões, ônibus, etc) com um dispositivo de comunicação sem fio embarcado que possuem a capacidade de comunicarem tanto entre si quanto com equipamentos fixos posicionados à margem das ruas e/ou estradas.

As principais aplicações para as VANETs estão voltadas para a segurança no trânsito, por exemplo divulgação de informação sobre acidentes e conforto, no qual se destacam os sistemas que possibilitam o compartilhamento de conteúdos como músicas, filmes, localização de postos e hotéis, por exemplo.

No Brasil, em 2006, 19.752 pessoas foram vítimas fatais de acidentes de trânsito (DENATRAN, 2006). Através desses dados é possível perceber o quanto é importante que uma tecnologia como essa seja aplicada no cenário nacional. Contudo, essa é uma tecnologia que exige um alto investimento em pesquisa e desenvolvimento, infraestrutura. Infelizmente, o Brasil ainda está bastante atrasado tecnologicamente em relação a outros países.

Sendo assim, este trabalho tem como principal motivação desenvolver uma pesquisa na qual aborde as principais características, técnicas e sócio-econômicas sobre o tema, além de analisar como essa tecnologia pode ser aplicada no atual cenário brasileiro automotivo.

2. Objetivo do Projeto

O projeto tem como objetivo desenvolver uma pesquisa voltada à difusão do tema: Tecnologia de Comunicação utilizando Redes *Wireless* no Brasil. Neste projeto serão apresentados conceitos, fundamentos e uma discussão da aplicação dessa tecnologia no cenário nacional.

2.1 Objetivo Geral

Entender os conceitos e fundamentos da tecnologia de comunicação sem fio aplicada ao mercado automobilístico e desenvolver uma análise para implementação dessa tecnologia no cenário automobilístico brasileiro.

2.2 Objetivos específicos

- Estudar e analisar a teoria que rege a comunicação automotiva sem fio, com foco na comunicação carro-infraestrutura;
- Avaliar requisitos técnicos, tecnológicos, restrições e desafios;
- Propor possíveis soluções, em curto prazo, que possam ser aplicadas ao cenário automobilístico brasileiro.

2.3 Benefícios do Projeto

Além de proporcionar o desenvolvimento pessoal na área de pesquisas, esse projeto irá contribuir tanto à comunidade acadêmica, como à comunidade geral. Não é só uma pesquisa de conteúdo didático, mas sim uma fonte de informação aplicada à comunicação automotiva. Assim, poderão também ser obtidas soluções para melhorar a qualidade de vida tanto dos pedestres quanto dos motoristas dos veículos. As teorias, técnicas e análises contidas no projeto proporcionarão aos interessados uma fundamentação a respeito dessa tecnologia.

3. Justificativa

Esta monografia se justifica pela necessidade de se desenvolver e difundir o conhecimento a respeito da tecnologia de comunicação entre veículos e entre veículos e infra-estrutura das estradas, utilizando a rede *wireless* no Brasil. Esse tema ainda é pouco abordado no Brasil devido a fatores como custo de desenvolvimento, tecnologias dedicadas e infra-estrutura para suporte de tal tecnologia. É possível encontrar, em algumas universidades, pequenas pesquisas e testes que estão sendo desenvolvidos, mas tudo ainda muito incipiente quando comparado ao desenvolvimento que está sendo feito principalmente na Europa e Estados Unidos.

Em 2007, o país possuía 49.644.025 veículos trafegando pelas suas ruas e estradas, em 2008, 54.506.661 veículos (DENATRAN, 2008) e hoje essa frota cresce cada vez mais. Em função disso, o trânsito nas grandes cidades está se tornando cada vez mais caótico, com grandes congestionamentos e trânsito lento. Estradas mal acabadas tornam-se verdadeiras armadilhas e cada vez mais os pedestres são desrespeitados no trânsito.

Sendo assim, devido ao fato dessa tecnologia prover, não apenas conforto ou melhoria do fluxo do tráfego, mas principalmente segurança aos motoristas e pedestres, seu estudo, pesquisa e desenvolvimento se torna necessário tendo em vista a quantidade de veículos que hoje circulam nas ruas, avenidas e estradas do nosso país.

4. Restrições do Projeto

O campo de estudo desse projeto concentra-se em veículos automotores, sendo estes automóveis, veículos de transporte em massa, veículos de serviços públicos ou de transporte.

Da mesma forma que a cobertura de telefonia celular, essa tecnologia só poderá ser aplicável em áreas onde esteja disponível um sinal de comunicação padronizado, 802.11 a/b/g, por exemplo. O mercado possui algumas outras opções de padrão de comunicação como, por exemplo, a tecnologia *Bluetooth*. Contudo, devido a desvantagens técnicas para esta aplicação, que serão abordadas nesse trabalho, em relação ao padrão IEEE 802.15.4 ou *ZigBee*., optou-se por padrão *Zigbee* para aplicações de monitoramento e controle de veículos em ruas e estradas.

Sendo assim, será abordado no decorrer desta pesquisa o tipo de arquitetura utilizada na comunicação C2X em desenvolvimento, bem como os requisitos técnicos e econômicos que envolvem a tecnologia.

5. Fundamentação teórica

5.1 Benefícios da Tecnologia

A fim de se compreender melhor o funcionamento e a dinâmica desta tecnologia, serão nomeados os elementos participantes da seguinte forma:

- A. **Motoristas** – Aqueles que irão se beneficiar com o sistema recebendo mensagens de aviso e recomendações de rota.
- B. **Operadores Rodoviários** – Aqueles que receberão os dados do tráfego sendo capazes de controlar o tráfego de uma forma mais eficiente.
- C. **Hotspot e Provedores de serviço (acesso) a internet** – Responsáveis conectar o sistema de comunicação veicular.

Dentre todas as aplicações que esta tecnologia viabiliza, foram selecionadas aquelas que proporcionarão melhorias significantes tanto para os pedestres quanto para os motoristas.

Muitos acidentes nas estradas ocorrem por diversos fatores como falta de atenção do motorista, excesso de horas ao volante ou má condição das estradas. A seguir serão abordados dois cenários onde essa tecnologia pode auxiliar o motorista a evitar o acidente.

5.1.1 Aviso de colisão

As colisões entre veículos ocorrem ou por distração do motorista ou um movimento repentino do veículo que se encontra a frente.

O sistema de comunicação entre veículos permitirá que durante uma viagem, os veículos equipados com essa tecnologia possam compartilhar informações relevantes como posição e velocidade. Sendo assim, a fim de prever uma colisão, cada veículo estará monitorando as ações do próprio condutor bem como dos veículos que estarão ao seu redor. A partir do momento que o veículo detectar uma aproximação crítica, este informará ao motorista a iminência da colisão, utilizando recursos áudio-visuais, como por exemplo, mensagens no painel de instrumentos, sons, dentre outros recursos de forma a possibilitar que o condutor tenha tempo suficiente para tomar uma ação, a fim de evitar a colisão. Ainda que existam veículos que não sejam dotados desta tecnologia, pode-se ainda monitorá-los utilizando sensores.

5.1.2 Notificação Veículo-a-Veículo de locais perigosos.

Esse tipo de aplicação utiliza a rede formada pelos veículos para compartilhar informações que relatem locais perigosos nas estradas ou ruas. Sendo assim, veículos que recebem a informação de perigo iminente logo à frente podem prover ao motorista um tempo hábil para que este tome ações de forma a evitar o local e em casos mais emergenciais o próprio veículo pode acionar seus sistemas de segurança ativa como o ABS, por exemplo. Um cenário típico seriam as estradas com forte neblina ou chuva onde o motorista tem a sua visão reduzida devido a alta incidência de acidentes nessas situações, o motorista teria a possibilidade de tomar uma ação muito antes de estar numa situação de perigo, seja reduzindo sua velocidade até evitando prosseguir por aquele caminho.

5.1.3 Eficiência do Tráfego

Nesta aplicação, esta tecnologia provê uma melhoria na eficiência do tráfego dos sistemas de transportes, fornecendo informações a todos os tipos de motoristas. Além de prover informações, a tecnologia *car-to-car* (C2C) também auxiliará os motoristas a realizar ultrapassagens, entrar e sair de grandes avenidas, pois a partir do momento que todos os veículos conhecem as respectivas posições dos veículos vizinhos, as manobras e ultrapassagens tornam-se mais seguras, dinâmicas e eficientes.

5.1.4 Navegação e Orientação

Nessa aplicação, informações são coletadas por infra-estruturas dedicadas, conhecidas como *roadside units (RSUs)*, de forma que, quando um veículo passa por uma dessas unidades, esta envia a informação referente aquele veículo e assim o sistema avalia o cenário. De posse dessas informações o sistema passa a criar rotas de navegação de modo a orientar os motoristas para que estes sigam através dos locais menos congestionados.

5.1.5 Infotainment

O termo *Infotainment* é utilizado em aplicações que possam prover ao mesmo tempo serviço de informação e opções de entretenimento. No caso da tecnologia de comunicação carro-a-carro ou carro-infraestrutura, esta pode prover aos seus usuários opções de entretenimento como troca de dados, de músicas e filmes, além de prover acesso à internet a partir dos próprios veículos. Esta ainda pode oferecer informações em tempo real sobre negócios, pontos turísticos ou serviços. Essa tecnologia se torna extremamente útil também para uma grande montadora, que pode monitorar e avaliar o desempenho dos seus veículos em tempo real, seja para uma oficina mecânica, que em caso de pane, o veículo localiza a oficina mais próxima e envia as informações necessárias para que a equipe possa se preparar previamente para atender o veículo.

5.2 Arquitetura do Sistema

5.2.1 Definições

A arquitetura para um sistema de comunicação C2X (carro-carro ou carro-infraestrutura) obedece aos mesmos princípios básicos que uma rede convencional de computadores *wireless*. Tratando de uma forma bem simples, esse sistema necessita de um dispositivo que envie e receba o sinal a ser transmitido, um tipo de rede para que esses dados circulem e todo um conjunto de protocolos para o trânsito seguro, dinâmico e eficiente desses dados.

Hoje, as principais arquiteturas de rede sem fio encontradas são as **redes sem fio infra-estruturadas** que se caracterizam por possuírem apenas um ponto de acesso para os dispositivos móveis. Por exemplo, as redes domésticas convencionais de computadores. E também **redes sem fio Ad-Hoc** que se caracterizam por não possuírem pontos centrais de acesso, em outras palavras, todos os nós se comunicam uns com os outros sem a intervenção de uma estação base ou ponto de acesso centralizado. Segundo Junior, 2001 uma rede *Ad-hoc* móvel ou MANET (*MóBILE Ad-hoc Network*) é um conjunto de nós móveis formando redes dinâmicas autônomas independentes de qualquer infra-estrutura.

Estão relacionadas a seguir, algumas características das redes *Ad-hocs* sem fio.

- Mobilidade: Este tipo de rede permite rápida disposição em áreas com nenhuma infra-estrutura;

- Largura de banda: Redes *Ad-hoc* possuem largura de banda limitada comparado a redes fixas;

- Comunicação *multi-hop* ou *single-hop*: Rede *multi-hop* é uma rede em que na comunicação, diversos nós fazem parte do trajeto da origem até o nó destino. Já uma rede *single-hop* consiste em apenas um nó fazendo parte do trajeto desde onde a mensagem se originou até o seu destino.

- Redes Heterogêneas: podem ser compostas por diferentes dispositivos que se interligam para realizar tarefas. *Personal digital assistants*

(PDAs), *laptops*, celulares, computadores de mesa, diferentes plataformas podem se comunicar.

5.2.2 Padrões de comunicação

Em sua apresentação *Comunicação Automotiva Sem Fio*, 2008, Carlos Cugnasca apresentou as tecnologias candidatas para comunicação sem fio aplicáveis à veículos. Ele identificou três tecnologias padrões para *Personal Área Network (PAN)* e um padrão para *Wireless Local Area Network (WLAN)* inter-veicular.

Todas essas tecnologias estão descritas a seguir na tabela 1, na qual se pode fazer um comparativo entre as tecnologias e avaliar suas aplicações. A seguir será descrito com um pouco mais de detalhes esses padrões de comunicação.

Requisitos	Bluetooth	Avaliação	ZIGBEE	Avaliação	UWB	Avaliação	Wi-Fi	Avaliação
Freq. Banda	2.4 GHz-2.5 GHz	2	2.4 GHz	2	3.10 GHz-10.6 GHz	3	2.4 GHz	2
Rede	Ponto-a-Ponto	1	Mesh	3	Ponto-a-Ponto	1	Ponto-a-Ponto	1
Vel. Max	3 Mbps	2	250 Kbps	1	50-100 Mbps	3	54 Mbps	3
Alcance	10 m efetivos	1	20 m efetivos	2	10 m efetivos	1	50 m efetivos	3
Aplicação	Voz e dados*	1	Sensores Automação Grande escala Controle Remoto	3	Multimídia	2	Redes de escritórios Redes residenciais	1
Vantagens	Já utilizada em veículos para sincronização de informações e pequenas aplicações	2	Baixo Consumo Já utilizada em aplicações industriais e rurais	3	Baixo custo Fácil Construção Alta largura de Banda	3	Tecnologia já conhecida	2
Desvantagens	Interferência com Wi-Fi	1	Baixa largura de Banda	2	Curto Alcance Interferência	1	Alto Consumo	1
Potencial Aplicação Automotiva	Conectividade com Dispositivos Comunicação em tempo real	2	Comunicação inter-veicular e Comunicação veículo- infraestrutura Rede de sensores sem fio	3	Comunicação Banda Larga	2	Comunicação inter-veicular e Comunicação veículo- infraestrutura	2
Pontuação		12		19		16		15

Tabela 1 - Comparativo das tecnologias sem fio

Fonte: Apresentação Carlos Cugnasca, *Comunicação Automotiva sem fio*, 2008

Padrão IEEE 802.11

O padrão IEEE 802.11b é mais comumente conhecido como *Wi-Fi*. Este é especificado para operar na faixa de 2,4-GHz e permite altas taxas de transmissão de dados em distâncias que vão até 30 m a depender do ambiente. O padrão 802.11 estabelece normas para a criação e para o uso de redes sem fio. A transmissão dessa rede é feita por sinais de radiofrequência, que se propagam pelo ar e podem cobrir áreas na casa das centenas de metros. Como existem inúmeros serviços que podem utilizar sinais de rádio, é necessário que cada um opere de acordo com as exigências estabelecidas pelo governo de cada país.

O padrão IEEE 802.11 define basicamente uma arquitetura para as WLANs que abrange os níveis físico e de enlace. No nível físico são tratadas apenas as transmissões com frequência de rádio e infravermelho. No nível de enlace, o IEEE definiu um protocolo de controle de acesso ao meio (protocolo MAC), bastante semelhante ao protocolo usado em redes locais Ethernet (CSMA/CD). O padrão IEEE 802.11 possibilita a transmissão de dados numa velocidade de 1 (obrigatório) à 2Mbps (opcional), e especifica uma arquitetura comum, métodos de transmissão, e outros aspectos de transferência de dados sem fio, permitindo a interoperabilidade entre os diversos produtos WLAN.

Padrão IEEE 802.15.1

O padrão IEEE 802.15.1, refere-se ao *Bluetooth*. É um dos padrões mais utilizados ultimamente, tanto em veículos como na telefonia celular. Este padrão provê velocidades de transmissão de até três Mbps.

O objetivo de *Bluetooth* é a transmissão de dados ou voz entre equipamentos que possuem um circuito rádio de baixo custo, num raio de pequena atuação. Tanto o padrão *Bluetooth*, como o *Wi-Fi* utiliza a técnica FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), consistindo em recortar a banda de frequência (2.402 - 2.480 GHz) em 79 canais (chamados hops ou saltos) de uma amplitude de 1MHz, seguidamente e transmitir utilizando uma combinação de canais.

Padrão IEEE 802.15.3

O UWB ou *Ultra-wide-band* é outro padrão para comunicação *wireless*. O padrão IEEE 802.15.3 tem como objetivo prover baixa complexidade, baixo custo, baixo consumo de potência e altas taxas de transmissão de dados entre dispositivos sem fio, dentro de espaços de operações pessoais.

De maneira geral o UWB provê quatro vantagens principais sobre o legado das tecnologias sem fio: qualidade de serviço, altas taxas de transmissão, baixo custo e baixo consumo de energia e utiliza faixas de frequências que variam de 3.1 a 10.6 GHz. Suas desvantagens são: Interferência com outros sistemas; Grande número de multi-caminhos e tempos de sincronização.

Padrão IEEE 802.15.4

Este padrão refere-se à tecnologia *ZigBee*. Segundo Carlos Cugnasa, 2008 este padrão garante teoricamente uma transição de dados igual a 250 kbps na camada de comunicação sem fio. Este padrão é fruto de esforços de um conjunto de empresas com necessidades comuns em torno de um padrão de comunicação simples e robusto. Estas empresas integram a ZigBee Alliance. O conjunto de especificações contidos no padrão ZigBee tem como finalidade a complementação dos serviços do protocolo-base para aplicações de monitoração e controle sem fio, conferindo novos comportamentos de rede

A organização IEEE, 2006 informa que três bandas de transmissão são permitidas nesta tecnologia: a primeira é de 2.4 GHz, a segunda é de 868 MHz e a terceira é de 916 MHz, onde a primeira transmissão é permitida para todo o mundo sem restrições, a segunda e a terceira para Europa e os Estados Unidos, respectivamente.

A comunicação usando topologia MESH estabelece uma rede complexa e colaborativa. Elementos da rede servem de repetidores para que rádios que não se enxerguem possam se comunicar. A rede pode crescer de maneira virtualmente indefinida, de maneira que um ponto faz o *link* para o outro. No caso de um ponto repetidor cessar de funcionar, outro ponto que possa fazer a *link* passa a fazê-lo

automaticamente de forma a restabelecer os circuitos da rede MESH. Esta função de uma rede MESH chama-se “*self-healing*” ou “auto-cura”.

5.2.3 Estrutura do sistema

As estruturas para a implementação da comunicação entre veículo-veículo e veículo-infra-estrutura foram desenvolvidas em conjunto por empresas e centros de pesquisas. Toda a descrição da arquitetura desse sistema foi obtida através de manifestos e documentos disponibilizados por esses grupos de pesquisas, como por exemplo, o Consórcio de Comunicação Carro-a-carro (C2CC-CC, 2007).

A arquitetura do sistema de comunicação C2X é dividida basicamente em três domínios distintos: *In-Vehicle*, *ad hoc* e *infra-structure*. A figura 1 representa um esboço da arquitetura do sistema, na qual são apresentados seus principais componentes e o tipo de rede que compõe o sistema.

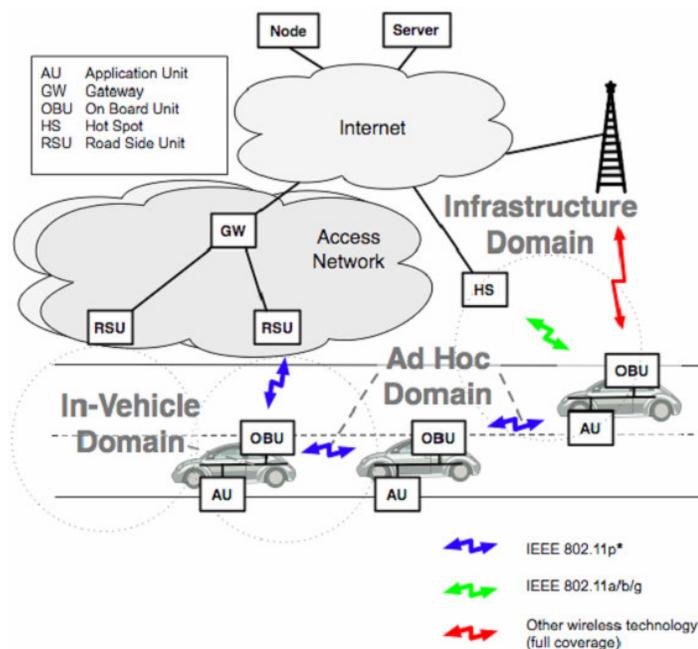


Figura 1 - Esboço da Arquitetura do Sistema.

Fonte: Manifesto Car 2 Car Communication Consortium, 2007

A. Domínio *In-Vehicle*:

Este tipo de domínio se refere à rede composta por uma unidade *on-board* (OBUs) e unidades de aplicação (UAs). (C2CC-CC, 2007)

As UAs são dispositivos dedicados que executam uma única ou um conjunto de aplicações e utilizam a capacidade de comunicação dos OBUs. Estes podem ser parte integrada do veículo e ser permanentemente ligado ao OBU ou também podem ser um dispositivo portátil, como um *laptop*. Geralmente as UAs são conectados aos OBUs através de fios, mas também pode ser feito sem fio (*wireless*).

B. Domínio *Ad-hoc* ou *VANET* (*Vehicle Ad-hoc Network*):

É composto por veículos equipados com OBUs e unidades estacionárias ao longo da Estrada (RSUs – *Road Side Units*). Estes OBUs são equipados, pelos menos, com um dispositivo de comunicação sem fio de curto alcance, dedicado para segurança na estrada, baseado na tecnologia a radio IEEE 802.11p.

Se existir conectividade entre os OBUs, eles se comunicarão diretamente, caso contrário protocolos de roteamento permitem comunicação *multi-hop*, onde os dados são passados adiante de um OBU a outra até que chegue no seu destino.

OBUs e RSUs podem ser vistos como nós móveis e estáticos, respectivamente, em uma rede *ad-hoc*.

Os RSUs podem se comunicar entre si diretamente ou no modo *multi-hop* do mesmo modo que os OBUs.

C. Domínio Infra-estrutura

Este tipo de domínio é formado pelos RSUs e *Hot Spots (HS)*. Ele está relacionado com a certificação de infra-estrutura que tem por finalidade testar a segurança e credibilidade dos dados através dos nós.

Na figura 2 podemos visualizar de maneira geral a estrutura do sistema de comunicação carro-carro separada pro camadas de aplicação.

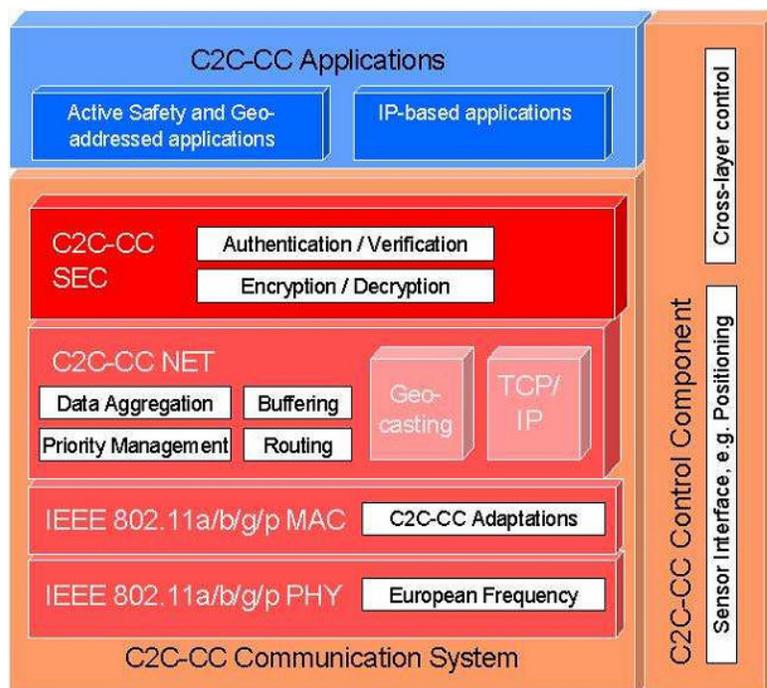


Figura 2 - Camadas da Arquitetura do Sistema

Fonte: *Technical Concept and Prerequisites of Car-to-Car communication*

A primeira camada da arquitetura, camada de aplicação, possibilita a implementação de uma série de serviços e funcionalidades como, cooperação entre veículos e comunicação entre veículo e infra-estrutura. A seguir serão apresentadas as particularidades de cada tipo de aplicação.

A. Cooperação entre veículos

Este tipo de aplicação consiste em compartilhar informações entre os veículos sem um *link* de comunicação persistente entre eles, através de dois modos de transmissão:

1. *Broadcast*, que consiste em enviar uma mensagem para todos os veículos que estão ao redor do veículo fonte ou;

2. *Geocasting*, que consiste em enviar uma mensagem para veículos que estão dentro de uma região geográfica específica.

Nessa situação, o veículo que vai enviar o sinal, consolida toda a informação e seleciona o mecanismo de transmissão, *geocasting* ou *broadcasting*, para enviar a mensagem para todos os veículos ao redor. Os veículos que irão receber a mensagem autenticam e decodificam a informação, avaliando o conteúdo da mensagem de acordo com a necessidade.

Em um exemplo prático, o veículo que recebe a informação, executa um algoritmo que avalia a ameaça do outro veículo, por exemplo uma situação de colisão e caso detecte que existe uma potencial colisão a frente, o sistema do veículo irá alertar o motorista através de sinais sonoros e/ou áudio-visuais.

B. Comunicação entre Infraestrutura e veículo.

Essa aplicação torna possível a comunicação no sentido de RSUs para veículos somente. Nela, as RSUs transmitem informações para todos os veículos que estão ao seu alcance.

A RSU trata os dados e utiliza um mecanismo de transmissão (*broadcast* ou *geocast*) para enviar a mensagem para todos os veículos que estão ao seu redor. Similarmente, a aplicação anterior, o veículo que irá receber a mensagem deve autenticar, decodificar e avaliar o conteúdo da mensagem de acordo com a necessidade específica.

Um exemplo interessante para essa aplicação seria a informação do limite de velocidade da estrada/rua. Considere um limite de velocidade dinâmico, o qual pode variar ao longo do dia a depender da hora e das condições do tráfego. Nessa situação a RSU irá determinar a velocidade limite mais apropriada com base nas informações do tráfego naquele momento. Assim, uma mensagem com a informação do limite de velocidade será enviada para o veículo. Ao receber a mensagem, o sistema do veículo irá comparar a velocidade naquele momento com a velocidade informada pela RSU. No caso de violação do limite e velocidade o sistema do veículo avisará o motorista através de recursos áudio-visuais.

A segunda camada, segurança refere-se à estrutura desenvolvida para garantir a segurança das informações que trafegam na rede.

De maneira geral, é fácil de entender que segurança da informação que trafega entre veículos é um pré-requisito indispensável para o desenvolvimento e uso dessa tecnologia no mundo real. Timo, 2008, identificou três fatores de grande importância que devem ser atendidos:

1. Toda a informação disponível na rede precisa ser confiável e correta;
2. O sistema deve ser extremamente robusto e não deve falhar;
3. A privacidade dos membros da rede deve ser garantida.

Projetos específicos como o *Secure Vehicle Communication* (SEVECOM,2008) estão sendo desenvolvidos com objetivos de prover a segurança das informações que trafegam através dessa rede.

O objetivo do projeto SEVECOM é implementar requisitos de segurança para comunicação veicular , identificando as possíveis ameaças contra o sistema de comunicação, transferência de dados entre veículos-infra-estrutura ou veículos-veículos. O projeto também visa especificar uma arquitetura de segurança usual e definir uma base criptográfica adequada.

A terceira camada, rede é a responsável por entregar os pacotes para os destinatários endereçados conforme o esquema de endereçamento, suportando endereçando IP e endereçamento geográfico.

A fim de suportar roteamento *multi-hop*, a rede faz uso da capacidade de posicionamento dentro dos nós. Todos os nós carro-a-carro são capazes de determinar suas posições.

Dentro da arquitetura do sistema, podemos considerar duas camadas como principais: camada de rede e a camada de transporte.

A camada de rede oferece protocolos para disseminação de dados para aplicações de *VANETs*. Além de comunicação sem fio *multi-hop* baseado na rota e endereçamento geográfico ela executa funções específicas como, por exemplo,

controle de congestionamento e disseminação de movimento dos veículos e ainda permite que o originador do sinal restrinja a distribuição de informação seguras para uma área relevante.

5.2.4 Funcionalidade

De maneira geral, o sistema de comunicação C2X define redes e protocolos de transporte que irão prover a transmissão de dados entre OBUs e RSUs baseado em uma tecnologia sem fio de curto alcance.

Esse sistema leva em consideração diferentes requerimentos para cada aplicação. No caso de aplicações de segurança, os veículos são endereçados em área geográfica e a transmissão é do tipo *broadcast*. Esse tipo de aplicação requer uma grande atenção em relação à confiabilidade e tempo de resposta. Já outras aplicações, não relacionadas à segurança, dependem apenas de uma comunicação ponto-a-ponto (*unicast*) e não necessitam de requerimentos com altos níveis de confiabilidade ou de tempo de resposta, como no caso de aplicações de segurança.

Devido ao uso primário do padrão IEEE 802.11, a distribuição física dos veículos nas ruas e estradas pode ter um sério impacto no projeto do sistema. De acordo com BLADESSARI,2008, podem ser distinguidas duas situações opostas e seus desafios: Escassez de veículo ou alta densidade de veículos.

No caso de uma situação de rede muito densa, como no centro das grandes cidades ou auto-estradas repletas de veículos equipados com esta tecnologia, o dado carregado no canal sem fio é controlado a fim de não exceder o limite da largura de banda.

Já na situação oposta, pouca quantidade de veículos, como na fase inicial do sistema C2C ou em áreas rurais, por exemplo, com pequena densidade de veículos, a saturação do canal não é o problema.

Para disseminação de informações de segurança, podem ser indenticados duas estratégias:

Packet-centric forwarding – Neste tipo de estratégia, a fonte da informação (nó fonte) quebra a informação em pacotes de dados e endereça-os para

um grupo de nós na rede. No caso de ambientes veiculares, esse grupo é formado por nós localizados na mesma área geográfica.

Information-centric forwarding.- Nessa estratégia, a informação de segurança é processada em todos os nós destinatários e logo em seguida (modificados ou não) são redistribuídos se necessário. Diferente da estratégia anterior, onde a responsabilidade de distribuir a informação é da camada de rede, nesta, a responsabilidade é da aplicação em si, que deve ser instalada e executada no potencial nó que passará a mensagem adiante.

No projeto C2C-CC, é utilizada uma abordagem que emprega as duas técnicas, *packet-centric information* e *information-centric* para as aplicação de segurança.

A vantagem de unir esses dois métodos consiste em poder alertar os veículos em uma área pré-determinada, utilizando a abordagem *packet-centric* e ainda ter a possibilidade de disseminar a mesma informação para veículos que estão fora da área estabelecida.

5.2.5 Princípios do sistema de comunicação

Nessa seção, serão descritos os princípios fundamentais do sistema de comunicação C2C: Endereçamento, Integração com a internet, Avanço das informações e suporte a múltiplas interfaces.

Endereçamento Geográfico

O endereçamento geográfico se baseia na posição geográfica dos nós. Basicamente, são definidos dois tipos de endereçamento geográfico.

1. Endereçamento de nó individual – Estes nós são conectados a posição física do nó. Essa posição é usada por algoritmos que carregam a informação adiante para transportar pacotes de dados em direção ao nó de destino.
2. Posicionamento geográfico – É usado para definir uma região geográfica baseada em um formato geométrico como círculo ou retângulo, por exemplo. A região geográfica pode conectar os nós, endereçar todos eles em uma região ou endereçar qualquer nós nessa região.

Algoritmos de envio

O envio de pacote de dados é a parte mais importante do sistema de comunicação C2X. Este se refere ao processo de enviar uma mensagem para outros nós como parte do protocolo de rotina.

No projeto padrão, sistema C2C-CC, foram identificados quatro tipos básicos de envio: *Geographical Unicast*, *Topologically-Scoped Broadcast*, *Geographical Broadcast* e *Geographical Anycast*.

1. *Geographical Unicast* ou Envio Unidirecional - Este tipo de envio é utilizado para transporte de dados unidirecionais, no qual o nó fonte envia um dado ou informação para um outro nó (destino) por meio de uma comunicação direta ou por múltiplos saltos. Todos esses baseados em um endereço específico que contém a identificação do nó, a posição geográfica e o tempo de informação.

A figura 3 exemplifica a aplicação do envio unidirecional de dados. O veículo em laranja representa o nó fonte, o qual deseja enviar uma informação ou dado para o outro veículo (destino). Para realizar essa operação, a informação é passada de nó em nós até chegar ao seu destino.

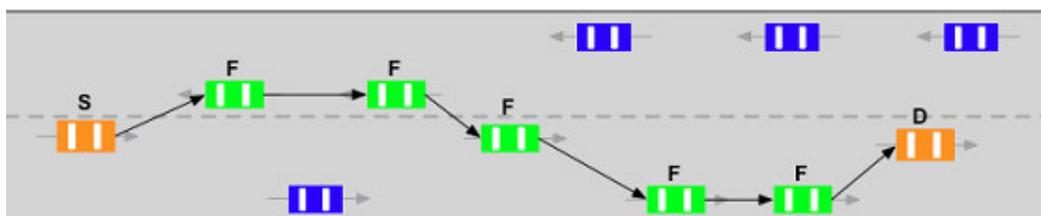


Figura 3 – Aplicação do tipo de envio unidirecional

Fonte: Consórcio C2C-CC,2007

2. *Topologically-Scoped Broadcast* – Nessa situação, o dado é transportado de um só nó (fonte) para todos os nós que estão na área de cobertura da rede *ad hoc*.

A figura 4 mostra um único nó enviando uma mensagem para todos os outros nós (veículos) que estão dentro da área de cobertura da rede *ad hoc*. O serviço *broadcast* da camada *data link* é o responsável por delimitar a área a qual a informação vai ser transmitida.

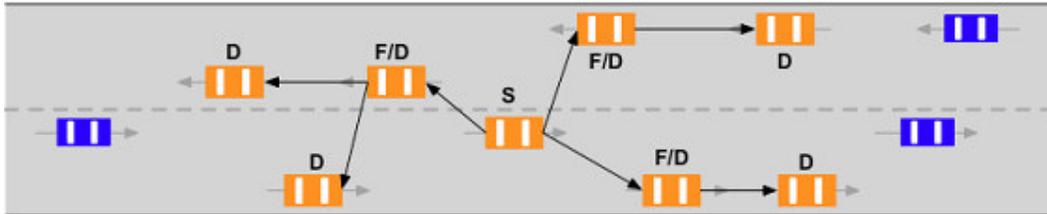


Figura 4 - Aplicação do tipo de envio para todos os veículos dentro de uma área determinada.

Fonte: Consórcio C2C-CC, 2007.

3. *Geographically-scoped broadcast* – Assim como o método anterior, também é utilizado para transportar um dado para todos os nós dentro de uma área geográfica. Contudo, a diferença é que o escopo da transmissão é definido pela região geográfica, que neste caso é determinada por uma forma geométrica, como um círculo ou retângulo.

A figura 5 mostra a aplicação desse método de envio. Nesse caso, a informação é disseminada apenas para os veículos que estão dentro da área geográfica determinada.

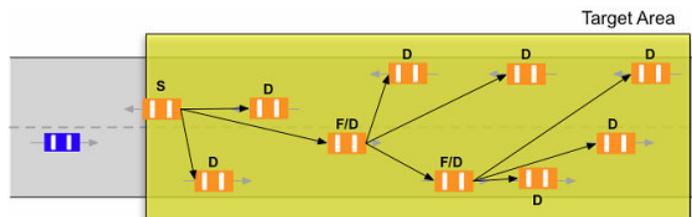


Figura 5 - Aplicação do tipo de envio para todos os veículos dentro de uma área determinada por um formato geográfico.

Fonte: Consórcio C2C-CC, 2007.

4. *Geographically-scoped anycast* – Esse método de envio de informações é bem similar ao apresentado anterior (item 3). A principal diferença é que neste caso o nó que envia a informação não está dentro da área geográfica que ele pretende divulgar a informação, em outras palavras, o nó fonte está localizado fora da área alvo.

A figura 6 exemplifica a aplicação do método. Nela o nós fonte envia uma informação, que é transmitida através de outros veículos até chegar na região determinada.

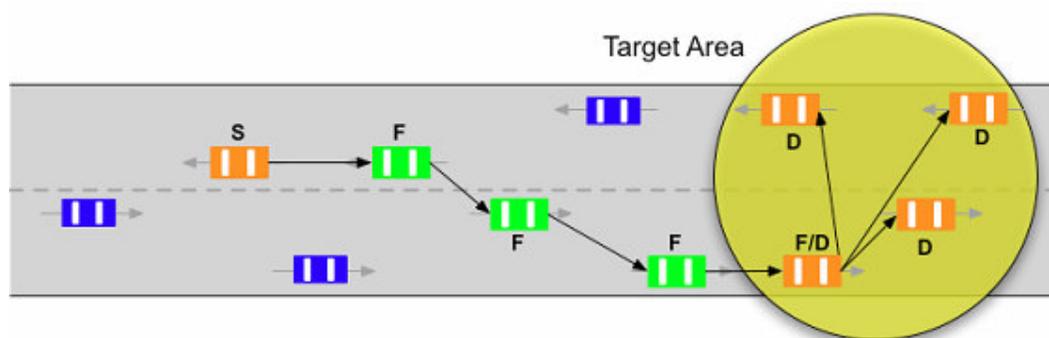


Figura 6 – Aplicação do método de envio de informação para uma área alvo com o nó fonte fora da área determinada.

6. BRASIL

Anteriormente foram abordados os requisitos e fundamentos técnicos que regem a tecnologia de comunicação entre veículos.

Neste capítulo serão abordadas uma possível aplicação para o cenário nacional, bem como a necessidade e importância da cooperação entre governo e indústrias a fim de proverem uma estrutura no país que seja capaz que suportar tal tecnologia.

6.1 Brasil e a Tecnologia C2X

Ao se estudar e analisar como a tecnologia C2X opera, fica bem nítida a idéia de que para aplicar essa tecnologia no Brasil será necessário um alto investimento não só em infra-estrutura veicular. Deverão ser feitas grandes pesquisas nas áreas de computação móvel, engenharia da computação, engenharia automotiva, engenharia do trânsito dentre outras.

Além de investimentos na área de ciência e tecnologia, será também necessário um alto investimento por parte do governo e dos órgãos ligados a engenharia de trânsito e telecomunicações. É importante que as autoridades tenham um interesse nessa tecnologia devido ao alto potencial desta reduzir o número de acidentes bem como melhorar a eficiência do tráfego, oferecendo assim uma série de benefícios como, por exemplo, dinamismo das relações comerciais locais e até interestaduais.

Já por parte das montadoras, a situação se torna uma pouco mais delicada, principalmente àquelas que atendem ao mercado nacional.

É de conhecimento que o objetivo de toda montadora é vender carros com o menor custo de produção possível. É fato que ao se implantar um novo módulo no veículo um custo será gerado e isso acabará repercutindo no preço final do veículo e assim será repassado para o consumidor final. É nesse momento que é importante haver uma sinergia entre as montadoras e o governo a fim de repartir o

custo desses novos componentes de forma que não impacte no consumidor final, pois caso essa implantação gere um preço exorbitante no veículo essa tecnologia seria inviabilizada não por falta recursos técnicos, mas sim pela baixa imersão no mercado.

Contudo, o mais importante é que essas montadoras entendam quais os benefícios que essa tecnologia poderá lhes trazer. Matheus, 2005 identificou as principais vantagens que a comunicação C2X poderá prover a essas montadoras:

- 1- Capacidade de diagnósticos remotos – Com o monitoramento em tempo real do veículo, diagnósticos de falhas poderão ser obtidos quase que instantaneamente proporcionando ao usuário uma rápida solução para os problemas, além de possibilitar que os engenheiros possam ter uma grande quantidade de informações para que lhes auxiliar no desenvolvimento de novos veículos.
- 2- Confiabilidade do veículo – Os problemas poderão ser conhecidos mais cedo e assim soluções poderão ser apresentadas com mais eficiência e rapidez. Sendo assim, os clientes buscarão e pagarão por essa confiabilidade.
- 3- Banco de dados – Com o monitoramento constante do veículo, uma grande quantidade de informações podem ser levantadas a respeito da dinâmica do veículo, comportamento nas mais diversas condições seja climática ou de pista.
- 4- Satisfação do cliente – A capacidade de monitorar o carro irá possibilitar que as montadoras entendam de forma mais objetiva e conclusiva quais as reais necessidades dos clientes, como esses realmente conduzem seus veículos e o mais importante, o que eles esperam dos seus veículos.

6.2 Aplicações Brasil

Devido à tecnologia C2X ser recente e ainda estar em fase inicial de desenvolvimento, principalmente no Brasil, o objetivo deste trabalho é apresentar as tecnologias de comunicação mais viáveis para a realidade tecnológica do país.

Como abordado anteriormente, constatou-se que a simples implementação da tecnologia que está em desenvolvimento nos países da Europa, como Alemanha, torna-se inviável tanto no aspecto econômico quanto tecnológico. Sendo assim, através de pesquisas pode-se identificar que uma possível alternativa que mais se aproxima da realidade nacional é a utilização de redes de sensores sem fio.

6.2.1 Redes de Sensores sem fio

Redes de Sensores sem Fio (RSSFs) são uma tecnologia emergente que promete uma funcionalidade sem precedentes para monitorar, instrumentar, e, possivelmente, controlar o mundo físico. Redes de sensores sem fio consistem de um grande número de dispositivos sem fios (nós sensores ou simplesmente sensores) densamente distribuídos em uma região de interesse

Uma rede de sensor sem fio (RSSF) é um tipo de rede *ad hoc* que reúne algumas características e requisitos específicos para sua aplicação. O objetivo principal de uma RSSF é realizar tarefas de sensoriamento de forma distribuída.

Em uma RSSF os dados são coletados através dos sensores que estão acoplados aos nós, esses por sua vez são distribuídos e entregues aos pontos de saídas da rede, chamados de estação base (Ivan,2008).

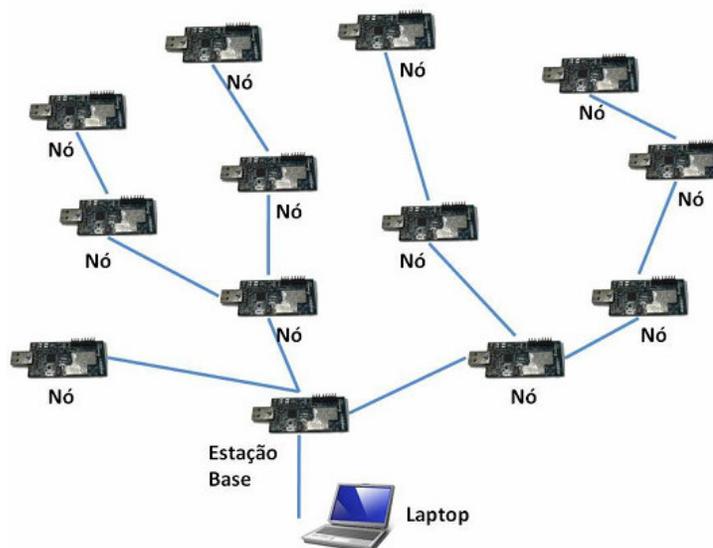


Figura 7 - Rede de sensores sem fio

Os nós sensores são dispositivos autônomos equipados com capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação. Quando dispostos em rede em modo *ad hoc*, estes formam uma rede de sensores.

Estes nós coletam os dados, processam localmente (ou coordenadamente entre os nós vizinhos) podendo enviar as informações para o usuário ou, para um *data link*, que tem a função de retransmitir a informação.

6.2.2 Tipos de sensores utilizados

Um dos sensores mais indicados a serem utilizados, pois já são vem sendo utilizados em pesquisas e testes anteriores são os sensores Tmotesky desenvolvido pela Universidade de Berkeley. Este sensores utilizam o padrão IEEE 802.15.4 ou ZigBee. Estes trabalham em uma de freqüência de 2,4 GHz, e possibilitam taxas de transmissão de 250Kbps.

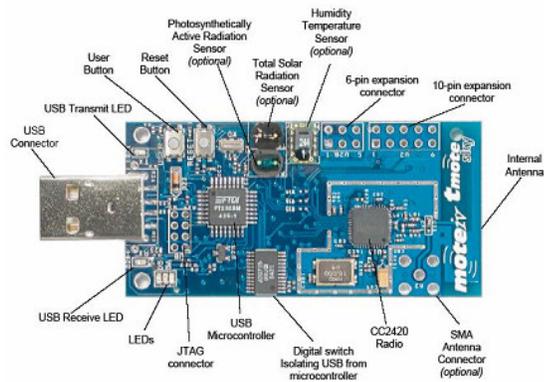


Figura 8- Sensor que utiliza o padrão Zigbee

6.2.3 Componentes básicos de um nó sensor

Basicamente um nó sensor é composto por um transceptor, memória, processador, sensor e bateria. Geralmente os processadores são de 8 bits com frequência de 10 MHz, os transceptores tem largura de banda de 1 Kbit/s a 1 Mbit/s e a capacidade da memória está entre 128 Kbytes a 1 Mbyte. Em relação às baterias, estas podem ser de lítio NR e lítio Coin Cell. A figura 9 mostra os componentes básico de um nó sensor.

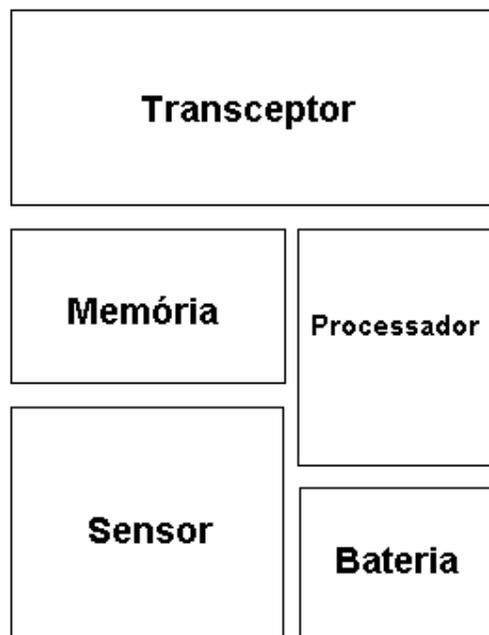


Figura 9 – Componentes básico de um nó sensor

6.2.4 Nós de interface com outras redes

A comunicação da rede de sensores com outras redes ocorre através de nós chamados *gateways*. Sua função é encaminhar as mensagens, por uma rede como a internet, até um computador onde roda a aplicação. A figura 10 mostra um modelo genérico de uma rede de sensores com um *gateway*.

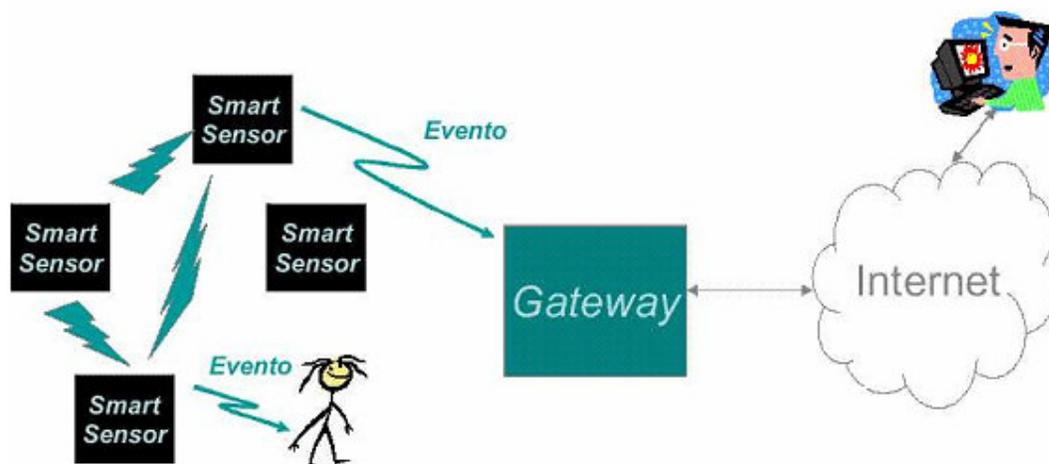


Figura 10 – Modelo genérico de uma rede de sensores com um gateway.

6.2.5 Padrão de comunicação ZigBee

ZigBee é um padrão que está sendo definido por um conjunto de 45 empresas de diferentes áreas do mercado, esse conjunto é chamado de “ZigBee Alliance”. O protocolo está sendo projetado para permitir ao consumidor uma comunicação sem fio confiável, com pouco consumo de energia e baixas taxas de transmissão e obtendo um pequeno alcance, sendo um padrão global; até o momento ainda não surgiu um padrão que esteja de acordo com as necessidades únicas da comunicação sem fio entre dispositivos de controle e sensores, e é isto que o ZigBee está procurando concretizar, revigorando o sistema de transmissão de dados atuais.

6.2.6 Características de uma rede ZigBee

Existem três diferentes tipos de equipamentos *Zigbee*, esses com suas funções variadas. Em cada parte da topologia de rede, a topologia de um sistema Zigbee pode ser explicada através da análise da topologia Mesh ou Malha.

O sistema de rede em Mesh disponibiliza a inicialização automática dos dispositivos assim que os mesmos se conectam à rede. Deste modo ele utiliza outros dispositivos presos à rede para transmitir a informação a um equipamento final, permitindo o aumento da área de abrangência.

A seguir são apresentados os equipamentos que fazem parte da rede:

- ZigBee *coordinator* (Coordenador): Há apenas um coordenador em cada rede. Esse tem o maior número de funções. O coordenador é capaz de criar uma rede, tornar-se a raiz da rede, e ser o único dispositivo com autonomia de comutar dados entre redes. Fora isso, ele faz o armazenamento das informações da rede.
- ZigBee *router* (Roteador): São os dispositivos que fornecem informações aos outros dispositivos da rede, ou seja, faz o roteamento das informações como um roteador comum de WIFI.
- ZigBee *End Device* (Dispositivo final): Tem apenas a função de trocar informações com um coordenador ou roteador. Uma vantagem é sua menor memória, pois não precisa rotear informações, conseqüentemente o custo é menor.

Em uma rede ZigBee os dispositivos podem permanecer por longos períodos sem se comunicar com outro dispositivo, seu tempo de acesso conectado é de 30 ms. Por essas características que a tecnologia do ZigBee é muito econômica em relação ao consumo de energia podendo durar muito mais tempo que outros dispositivos de comunicação sem fio.

6.2.7 Formação de uma rede ZigBee

Para dar início a uma nova rede ZigBee, o coordenador faz uma busca por alguns canais. Ao fim da busca, os canais escolhidos são colocados na ordem decrescente dos níveis de energia (os canais de níveis mais baixos são excluídos). Então o coordenador faz outra busca em cada canal, procurando por dispositivos ou redes ZigBee. Com essa busca o coordenador faz a escolha do melhor canal para criar uma a rede (aquele que não tem, ou menos tem, dispositivos ou redes já atribuído ao canal). Após isso, ele escolhe um número para atribuir a todos os dispositivos que se conectarem à rede. Ao final o coordenador libera a conexão para outros dispositivos ingressarem na rede.

A rede poderá operar em dois modos:

Modo *Beaconing* - O tempo todo, os dispositivos com funções de roteador, transmitem de tempos em tempos, sinalização (*beaconing*) para tentar confirma sua presença aos outros roteadores da mesma rede. Já os outros nós da rede só precisam estar ativos no momento da sinalização, mas esses dispositivos devem ser configurados para perceber o período em que ocorrerá esta sinalização, pois no modo beaconing a maioria dos dispositivos permanecem desativados. Nesse modo, o consumo de energia é o mínimo possível.

Modo *Non-Beaconing* - Nesse modo a maioria dos nós dispositivos da rede permanecem sempre com seus receptores ativos, consumindo mais energia. É importante notar, que nesse modo, os dispositivos devem ser alimentados com fontes de energia mais potentes e duradouras que pilhas ou baterias comuns.

A integração dos sistemas de comunicação automotivos através de uma rede de sensores sem fio (RSSF) baseada nas especificações do padrão IEEE 802.15.4 ZigBee, constitui uma alternativa de comunicação nos ambientes automotivos. Os avanços nas tecnologias de comunicação e na micro-eletrônica permitiram a criação das Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) de baixo custo, baixo consumo de energia, com múltiplas funções e tamanho do hardware reduzido. (Ivan, 2008)

Dentre todos os padrão de comunicação existentes e ainda em desenvolvimento, o padrão IEEE 802.15.4 ou ZigBee é o que melhor pode ser adaptado para a realidade brasileira, considerando apenas a comunicação carro-infra-estrutura pois preenche um espaço não previsto por outras tecnologias especialmente a interconexão de sensores sem fio de controle. O ZigBee desenvolvido e utilizado para o controle e monitoramento de aplicações como medições de temperatura, umidade, ventilação, ar-condicionado, luminosidade entre outras mais.

Ivan,2008 Identificou em seu trabalho que a utilização dos dispositivos nós sensores com ZigBee em ambientes automotivos é uma alternativa confiável, baixo custo e de fácil configuração para o controle e monitoramento de redes sem fios nos veículos. Em seus estudos foram realizados uma série de análises de sinais,

interferências e taxa de transmissão e coleta de dados através de sensores espalhados em um veículo.

O padrão ZigBee permite comunicações robustas e opera na frequência ISM (Industrial, Scientific and Medical), sendo na Europa de 868 MHz (1 canal), 915 MHz (10 canais) nos Estados Unidos e 2,4 GHz (16 canais) em outras partes do mundo, e não requerem licença para funcionamento. As redes ZigBee oferecem uma excelente imunidade contra interferências, e a capacidade de vários dispositivos numa mesma rede com taxas de transferências de dados variando entre 20Kbps a 250Kbps.

Um das topologias mais indicadas é a topologia Mesh (Malha ou Ponto-a-Ponto) na qual a rede pode se ajustar automaticamente, tanto na sua inicialização como na entrada ou saídas de dispositivos na rede. A rede se auto-organiza para otimizar o tráfego de dados. Com vários caminhos possíveis para a comunicação entre os nós, este tipo de rede pode abranger em extensão, uma longa área geográfica.

6.2.8 Cenário

A partir do momento que se tem conhecimento que a comunicação automotiva sem fio pode se aplicada no Brasil utilizando redes de sensores sem fio baseadas no protocolo de comunicação Zigbee, alguns cenários podem ser projetados a fim de testar a viabilidade técnica dessa tecnologia utilizando tais recursos.

Dentre todas as possibilidades apresentadas, um dos cenários possíveis para a implementação e desenvolvimento é o de controle de tráfego utilizando uma rede de sensores sem fio.

Nesta situação, sensores espalhados pelo veículo, como na figura 11 emitirão sinais que serão capturados pelas RSU espalhadas ao longo da estrada. Estas RSU também são compostas pelos mesmos tipos de sensores utilizados nos veículos. Além dos sensores, cada veículo possuirá uma estação base, na qual todos os dados dos outros sensores chegaram. Esta estação base é o ponto principal, que servirá de parâmetro para o monitoramento das unidades estacionárias localizadas ao longo da rodovia.

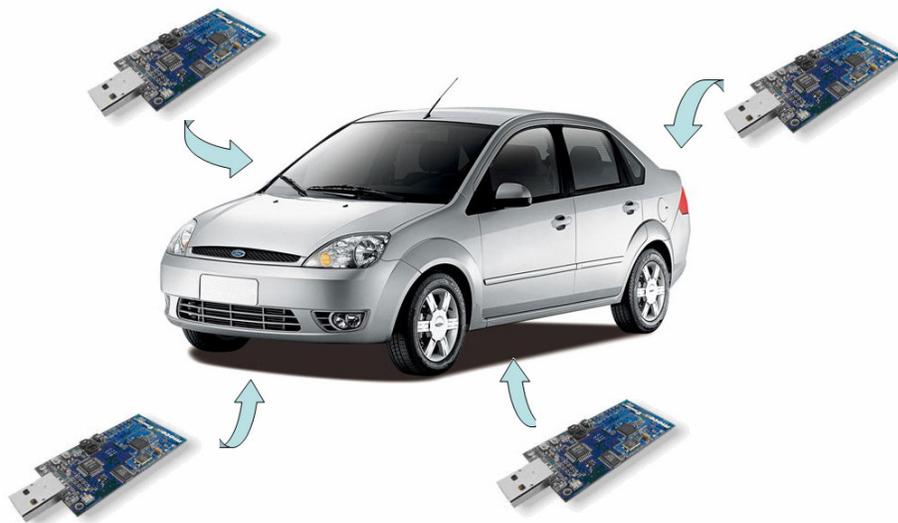


Figura 11 - localização dos nós sensores dentro ambiente veicular

Sendo assim, a depender do fluxo de veículos na estrada e utilizando os próprios sensores dos veículos e os sensores localizados ao longo da estrada a própria rede determinará qual a melhor estratégia para trafegar com os dados.

A figura 12 mostra um exemplo de um teste realizado na Universidade de São Paulo. Nos experimentos foram analisados os sinais emitidos a fim de se estudar e entender a influência dos componentes internos do veículo, como por exemplo motor e sistema elétrico, bem como as interferências de agentes externos ao veículo, como por exemplo sinais de radio e obstáculos.

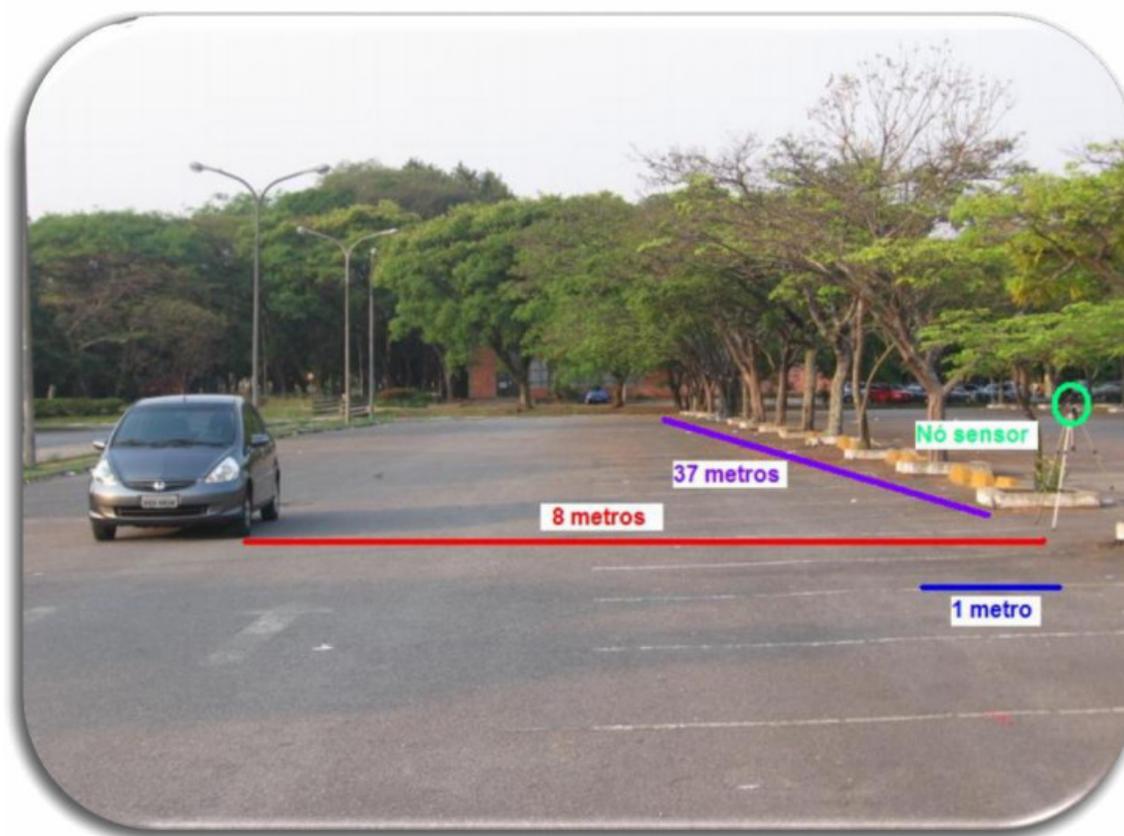


Figura 12 - Esquemático de comunicação entre o veículos e uma RSU.

Sendo assim, a figura 13 esboça de forma geral um cenário que pode ser aplicado e desenvolvido as condições tecnológicas e financeiras do Brasil. Nele, tanto os veículos como toda a infraestrutura trocam informações a todo instante entre si. A partir da coleta dessas informações, decisões para controle de trafego, escolha de rota entre outras aplicações, podem ser realizadas.

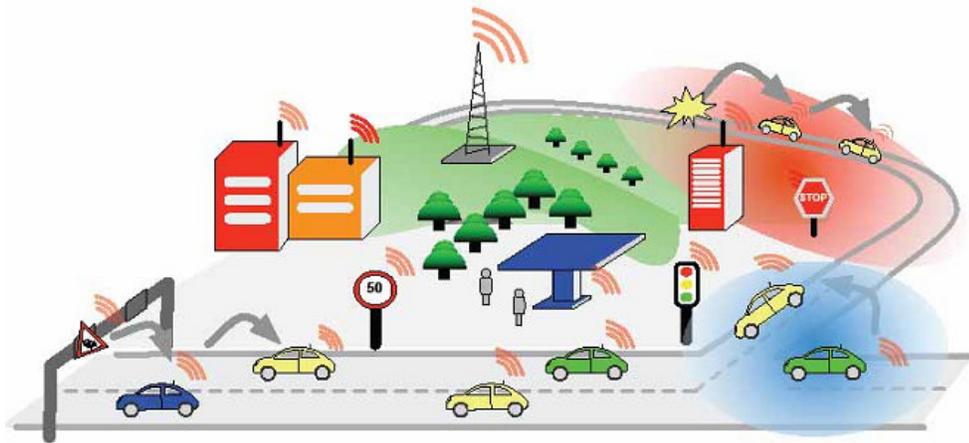


Figura 13 – Esboço do cenário.

7. CONCLUSÃO

Através da análise da tecnologia de comunicação C2X que está sendo desenvolvida nos países europeus e a realidade tecnológica e econômica do Brasil, pode-se concluir que a aplicação que mais pode se aproximar da realidade europeia é a utilização de redes de sensores sem fio, baseadas no padrão ZigBee.

Este sistema pode prover algum dos benefícios que a comunicação C2X de alto nível pode proporcionar aos usuários, como controle de tráfego sem que seja necessário um alto investimento em recursos tecnológicos, em engenharia de trânsito ou legislação.

Suas características como baixo custo de implantação, tendo em vista que um *chip* Zigbee custa em torno de quatro dólares e alta grau de tolerância a falhas proporcionam uma fácil implantação e desenvolvimento, pois não exigem uma gama dispendiosa de recursos. Esses fatores também possibilitam que universidades e centros de tecnologia possam desenvolver suas próprias tecnologias.

Ainda são necessários muitos estudos para que a implementação da tecnologia de comunicação entre veículos e entre veículos e infra-estrutura seja feita de forma robusta e confiável.

Um dos principais desafios desse sistema é tornar este imune a interferências causadas pelo próprio veículo assim como por fatores externos.

Contudo os estudos em torno das redes de sensores sem fio mostram que esta pode ser uma das alternativas mais confiáveis, que não necessitam que um grande investimento e que é de fácil configuração para controle e monitoramento de veículos, reunindo assim, características que viabilizam e proporcionam a implementação da tecnologia de comunicação entre veículos e infra-estrutura no Brasil.

Referencia

BLADESSARI, Roberto; FESTAG, Andréas. **C2CC-CC - Car 2 Car Communication Consortium Manifesto**. Versão 1.1 2007, Alemanha. Disponível em: <http://www.car-to-car.org>. Acessado em: 10 de Julho de 2008.

CUGNASCA, Carlos; **Comunicação automotiva sem fio**. São Paulo, 2008. Disponível em <http://www.mundogeo.com/geobrasil/gnss-navis/19-07-C.Cugnasca-02.pdf>.

FLORIDO, Ivan Rocha. **Rede de Sensores sem fio em ambientes veiculares baseada no padrão Zigbee**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008

JÚNIOR, Simith. **Análise de Tráfego de dados em rede Bluetooth**. Pernambuco, 2001. Pág 8.

KOSCH, Timo; *Technical Concept and prerequisites of car-to-car communication*. BMW Group Research and Technology, 2007. Disponível em <http://www.car-to-car.org/> Acessado em 1de julho de 2008.

KROH, Rainer; KUNG, Antonio; Kargl Frank; Projeto *SEVECOM (Secure Vehicle Communication) - VANETS Secury Requirements Final Version*, Versão 2.0 . Alemanha, 2006. Disponível em <http://www.sevecom.org>. Acessado em 19 de outubro de 2008.

LOUREIRA, Antonio A.F; Nogueira, José Marcos S; **Redes de Sensores sem fio. Departamento de Ciência da Computação**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais

Matheus, Kirsten; Rolf Morich; Lübke, Andreas; *Economic Background of Car-to-Car Communication* – Alemanha, 2005.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, **Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM, Sistema Nacional de Estatística de Trânsito/SINET**. Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo as

Grandes Regiões e Unidades da Federação - Dezembro/2008. Disponível em <http://www2.cidades.gov.br/renaest>. Acessado em 27 de fevereiro de 2008.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, **Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM, Sistema Nacional de Estatística de Trânsito/SINET**. Anuário estatístico do DENATRAN – RENAEST 2006. Disponível em <http://www2.cidades.gov.br/renaest>. Acessado em 27 de fevereiro de 2008.