

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**MARCELO MANSANO SARQUIS**

**COMUNICAÇÃO VEÍCULO-PARA-X**

**ESTUDO DE UM CASO APLICATIVO DA COMUNICAÇÃO DE  
CONTROLE DE UMA ESTAÇÃO RODOVIÁRIA E DOS VEÍCULOS EM  
SEU ALCANCE**

**CURITIBA**

**2013**

**MARCELO MANSANO SARQUIS**

**COMUNICAÇÃO VEÍCULO-PARA-X**

**ESTUDO DE UM CASO APLICATIVO DA COMUNICAÇÃO DE  
CONTROLE DE UMA ESTAÇÃO RODOVIÁRIA E DOS VEÍCULOS EM  
SEU ALCANCE**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Elétrica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Augusto Mariano

**CURITIBA**

**2013**

## **COMUNICAÇÃO VEÍCULO-PARA-X**

### **ESTUDO DE UM CASO APLICATIVO DA COMUNICAÇÃO DE CONTROLE DE UMA ESTAÇÃO RODOVIÁRIA E DOS VEÍCULOS EM SEU ALCANCE**

TRABALHO APRESENTADO AO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, COMO REQUISITO À OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE GRADUAÇÃO.

#### **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

PROF. DR. ANDRÉ AUGUSTO MARIANO

---

PROF. DR. EDUARDO PARENTE RIBEIRO

---

PROF. DR. LUIS LOLIS

CURITIBA, DEZEMBRO DE 2013

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, pela força e luz de todas as manhãs de minha vida.

Agradeço à minha família, meu pai Abilio, minha mãe Leila e meu irmão Lucas, pela base e exemplo maior de comportamento honesto e trabalhador de todos os dias. Não apenas por possibilitarem o comprimento de mais este capítulo de minha vida, mas por estarem sempre ao meu lado, entregando amor incondicional, conforto e a segurança necessária principalmente nos momentos mais difíceis.

Agradeço a todos meus professores que contribuíram para a minha formação profissional. Nossas vidas são guiadas por exemplos de profissionais que com suas atitudes nos mostram os caminhos à serem traçados.

Agradeço também aos meus amigos que estiveram sempre ao meu lado.

Eu dedico este trabalho de conclusão de curso em homenagem aos meus avós Odete Sarquis e Diogo Manzano que não estão mais entre nós.

*“Tente não se tornar um homem de sucesso, mas ao invés tente se tornar um homem de valor.” Albert Einstein.*

## RESUMO

Os equipamentos de segurança em um veículo nos dias atuais, como por exemplo, o cinto de segurança, o air-bag, o sistema de freios ABS (*Auto Break System*), dentre outros, têm como o principal objetivo trazer segurança amenizando os danos aos passageiros em um acidente, porém nenhum destes dispositivos efetivamente evita a ocorrência de um acidente. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, no mundo, cerca de 50 milhões de pessoas por ano sofrem acidentes automotivos e, adicionalmente, cerca de 1,2 milhões de pessoas sofrem acidentes fatais. Com números expressivos como estes, o Task Group, liderado por Lee Armstrong, desenvolveu um padrão capaz de possibilitar a comunicação sem fio entre veículos e estações rodoviárias, para que aplicações como estas possam evitar acidentes, por exemplo, pudessem ser solucionadas. Este padrão, IEEE 802.11p, desenvolvido em 2010, tem como objetivo adicionar no ambiente veicular um acesso sem fio. Criado a partir do padrão IEEE 802.11, a base dos produtos comercializados Wi-Fi, a WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) vem dar suporte à aplicações de sistemas de trânsito inteligente, melhorando assim a segurança entre os veículos. Este trabalho tem como objetivo descrever tecnicamente os aspectos do padrão IEEE 802.11p e demonstrar um caso aplicativo de monitoramento de uma central rodoviária e dos veículos em seu alcance. Foi desenvolvido um cenário prático de uma aplicação de segurança automobilística, onde a ocorrência do acidente foi enviada a uma central rodoviária informando o grau do acidente, com sua velocidade, e a localidade do veículo. Para este desenvolvimento foi utilizado o *Hardware* da Texas Instruments, eZ430RF2500, e o *Software* da National Instruments, LabVIEW 2011. Este estudo possibilitou o despertar para o desenvolvimento de novos estudos, pois além da necessidade de desenvolvimento de segurança automotiva, a tendência tecnológica está na conectividade da informação entre diferentes equipamentos. O desenvolvimento de novas tecnologias está diretamente relacionado com a necessidade da sociedade para sua aplicabilidade.

Palavras chave: IEEE 802.11p, Car2X, Comunicação veicular, eZ430RF2500, LabVIEW.

## **ABSTRACT**

The safety equipment in a vehicle today, such as the seat belt, the air bag, ABS system, among others, have the main objective to bring security softening damage to passengers in an accident, but none of them effectively prevent the occurrence of an accident. According to the World Health Organization, worldwide, around 50 million people each year are hilly in automotive accidents and, additionally, around 1.2 million people in fatal accidents. With impressive numbers like these, the Task Group, led by Lee Armstrong, have developed a standard for wireless communication between vehicles and infrastructure, so that applications such as avoiding accident, pre-crash system for example, could be resolved. This standard, IEEE 802.11p, developed in 2010, aims to add a vehicular environment wireless access. Created from the original IEEE 802.11 standard, the basis for products Wi-Fi marketed, the WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) is to support applications of Intelligent Transportation System, thus improving the safety between vehicles. This project aims to describe the technical aspects of the IEEE 802.11p and demonstrate a application case of a monitoring road central and the vehicles in its range. It was developed a practical scenario of an automotive safety application, where the accident occurrence was sent to a central road stating the extent of the accident, with it's vehicle speed, and location of the vehicle. For this development, was used the hardware from Texas Instruments, eZ430RF2500, and the software from National Instruments, LabVIEW 2011. This study enabled the awakening to the development of new studies, as well as the need for the development of automotive safety, the technological trend is the connectivity information between different devices. The development of new technologies is directly related to the need of society for its applicability.

Keywords: IEEE 802.11p, Car2X, vehicular communication, eZ430RF2500, LabVIEW.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Panorama Geral IEEE 802.11p .....	16
Figura 02 – Tecnologias Wireless .....	18
Figura 03 – Ilustração WAVE .....	19
Figura 04 – IEEE 802.11p / IEEE 1609 .....	20
Figura 05 – Canais de Controle e Serviço .....	22
Figura 06 – Envio da Mensagem .....	26
Figura 07 – Vehicle goes WWW .....	32
Figura 08 – Esquemático Caso 01 .....	34
Figura 09 – Esquemático Caso 02 .....	34
Figura 10 – Esquemático Caso 03 .....	35
Figura 11 – Exemplo Aplicação .....	35
Figura 12 – Esquemático Caso 04 .....	36
Figura 13 – eZ430-RF2500 .....	37
Figura 14 – Diagrama de Blocos Funcionamento do Programa .....	39
Figura 15 – LabVIEW Esquemático .....	44
Figura 16 – LabVIEW Esquemático .....	44
Figura 17 – Hardware Texas Instrument .....	45
Figura 18 – Hardware Texas Instrument .....	45
Figura 19 – Central de Rodoviária .....	45
Figura 20 – Software de Monitoramento .....	45
Figura 21 – Emulando Acidente .....	46

Figura 22 – Acidente Detectado ..... 47

Figura 23 – Relatório do Acidente Enviado via Email .....47



## **LISTA DE SIGLAS**

WHO – World Health Organization

ETSI – European Telecommunications Standards Institute

DSRC – Dedicated Short-Range Communications

OBU – On Board Unit

RSU – Road Side Unit

WAVE - Wireless Access Vehicle Environment

CVIS – Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing

CCH – Control Channel

SCH – Service Channels

WBSS – WAVE Basic Service Set

EDCA – Enhanced Distributed Channel Access

AC – Access Class

AIFS – Arbitrary Inter-Face Spacing

WSMP – WAVE Short Message Protocol

DCH – Dedicated Channel

RACH – Random Access Channel

FACH – Forward Access Channel

TIC – Traffic Information Center

AWGN – Additive White Gaussian Noise

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	12
1.2.	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	14
1.3.	OBJETIVOS .....	17
<b>2.</b>	<b>NORMA IEEE 802.11p</b> .....	<b>18</b>
2.1.	ESTADO DA ARTE DAS DIFERENTES NORMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO .....	18
2.1.1.	Padrão IEEE 802.11p .....	19
2.1.2.	UMTS .....	25
<b>3.</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>28</b>
3.1.	INTEGRALIZAÇÃO DOS VEÍCULOS NA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES .....	30
<b>4.</b>	<b>CASO APLICATIVO</b> .....	<b>33</b>
4.1.	EXPLICAÇÃO DOS CASOS POSSÍVEIS .....	33
4.1.1.	Alerta sobre as condições climáticas.....	33
4.1.2.	Congestionamento de veículos .....	34
4.1.3.	Ambulância de emergência .....	35
4.1.4.	Acidente envolvendo n veículos .....	36
4.2.	CASO APLICATIVO .....	36
4.2.1.	<i>Hardware</i> .....	37
4.2.1.1.	Especificações do <i>hardware</i> .....	38
4.2.2.	<i>Software</i> .....	40
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>45</b>
5.1.	TRABALHOS FUTUROS .....	45
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>47</b>
	<b>ANEXO 1</b> .....	<b>50</b>



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Ao longo dos anos, e com o aumento da velocidade dos veículos pela melhoria contínua de seus motores, e juntamente com o aumento da e com número crescente de automóveis nas estradas, os acidentes com veículos crescem de maneira proporcional. Assim, a segurança automotiva começou a ser notada como uma tecnologia necessária.

Como a tecnologia automotiva foi se desenvolvendo, a tecnologia da comunicação também foi se desenvolveu com o passar dos anos. As pessoas necessitam estar conectadas, para atualizar seus E-Mails, seus contatos, notícias, e assim como outros diversos recursos que a tecnologia da comunicação pode nos oferecer. Como a necessidade é o vagão locomotivo e o principal motivo de qualquer melhoria e aperfeiçoamento tecnológico, a comunicação interveicular vem com o principal intuito de melhorar a segurança automotiva nas rodovias de todos os países. Com o avanço da tecnologia e conseqüentemente com a conectividade entre os veículos, será possível trafegar entre as cidades e fazer viagens com muito mais tranquilidade e segurança.

A necessidade de locomoção vem desde a origem do ser humano, pela procura de abrigos em cavernas, ou a procura por alimentos em lugares mais distantes e até mesmo à caça. Da mesma forma, a necessidade da Comunicação também vem desde a origem do ser humano, quando a necessidade de contar algo se torna algo novo e importante para qualquer pessoa.

Com o passar dos anos, novas tecnologias surgiram e foram crescendo de importância com o mesmo nível em que esta tecnologia se desenvolveu. A comunicação entre veículo-veículo e veículo-infraestrutura, definida como Car-2-X Communication, faz com que a vontade de se locomover juntamente com a conectividade entre outros veículos e prédios serem um mercado novo e totalmente inexplorado.

Tudo começou em 1769, quando Nicolas-Joseph Cugnot construiu realmente o primeiro veículo automotivo. Seu projeto foi basicamente um triciclo motorizado e depois de algumas tentativas ao longo dos anos, Karl Benz desenvolveu o primeiro veículo automotivo movido pelo seu motor de quatro tempos à gasolina, em Mannheim, Alemanha, em 1885 e garantiu a patente para sua empresa para ser considerado o inventor do carro moderno. Desde então de tempos em tempos novos mecanismos e tecnologias vieram a fazer do carro o que ele é hoje no Século XXI. (ELIS, 2010)

Após a criação de sinalizações, ruas e estradas mais adequadas para o transporte e a direção do automóvel, no ano de 1922 teve o primeiro carro com freio hidráulico nas quatro rodas; em 1930 os vidros de segurança se tornaram padrão nos carros da Ford e nesta década foi fundada a Liga de Segurança Automotiva da América, *Automobile Safety League of America*. Em 1934 a General Motors realizou o primeiro teste de acidente automobilístico. Em 1955 o cinto de segurança e outros pontos de segurança foram oferecidos como solução para diminuir os acidentes fatais pelos US Surgeon General. O cinto de segurança foi o primeiro grande equipamento de segurança que ajudou na diminuição dos acidentes fatais. Em 1978 o freio ABS foi trazido da indústria aeronáutica para a automobilística pela empresa Bosch, e dois anos após o Air bag veio à realidade automotiva pela Mercedes Bens. Neste contexto, podemos listar os principais equipamentos para a segurança automotiva como sendo o Cinto de Segurança, o air bag, para-brisas laminado, zonas de deformação nos carros, barras anti-intrusão e o sistema de proteção ao pedestre. (SMITH, 2011)

A história da comunicação vem antes da pré-história, desde pinturas nas cavernas, por pictogramas e ideogramas até chegar à escrita. Com a tecnologia interligada à comunicação, em 1836 Samuel Morse e Alfred Vail desenvolveram uma alternativa capaz de transmitir por longas distancias, o Código Morse e no ano seguinte, foi criado o primeiro telegrafo elétrico comercial por William Fothergil Cooke e Charles Wheatstone. Em 1876 veio o telefone, revolucionando desde sua criação até os dias atuais a comunicação entre as pessoas, criado por Alexander Graham Bell. O radio em 1869 e a televisão em 1927, até que em 1946 com a primeira ligação de um celular analógica e até que em 1998 vieram os telefones via

satélite. (Linguistics, 2011) A história nos mostra que a tendência pela conectividade crescente entre as pessoas é necessária e imediata, e temos que nos adequar a esta necessidade, pois temos tecnologia para isso, o que em tempos passados não tínhamos.

Além da segurança implícita na conectividade dos veículos, a criação do veículo autoguiado vem sendo como uma evolução de um sistema robusto conectado entre os veículos. A informação poderá ser muito mais eficaz, pois poderemos utilizar o tempo que antes era para dirigir, agora para ler, estudar e assistir um filme, por exemplo, e com a possibilidade de ter um novo estilo de marketing para as infraestruturas rodoviárias. Com esses recursos ao nosso alcance, prontos e esperando para ser explorado, ter o prazer e a paixão de se locomover e de se comunicar não serão dois mundos separados, e sim uma enorme rede de informação, deixando o carro não apenas preso à rua, mas conectado ao mundo.

## 1.2. MOTIVAÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias, não apenas no setor automotivo, mas para todas as áreas, está diretamente correlacionado com a necessidade que a sociedade tem de mudar um determinado cenário pela prova de seus fatos. Cerca de 1,2 milhões de pessoas se acidentam fatalmente ao ano, isso equivale a ter todos os habitantes da cidade da grande São Paulo levados a zero em dezesseis anos. Se levarmos em consideração o número de acidentes que causaram algum problema de saúde dos acidentados o valor é ainda mais alarmante. Podemos contabilizar todos os habitantes do país da África do Sul acidentados, que representam cerca de 50 milhões de pessoas.(WHO, 2012) Estes dados são referentes à Organização Mundial de Saúde (WHO – *World Health Organization*) com valores em bases anuais. Juntamente com os dados da Organização Mundial de Saúde, a Associação Automotiva Americana mostrou uma pesquisa onde mostra que cerca de 300 bilhões de dólares americanos é o custo com acidentes e congestionamentos aos Estados Unidos anualmente. Com este valor, anualmente, os Estados Unidos poderiam

comprar uma Petrobras por ano, a qual custa o valor de mercado cerca de 211 bilhões de dólares americanos, segundo dados da própria empresa. (MEYER, 2011)

A criação de novas tecnologias na segurança automotiva é de extrema importância e necessidade atualmente para a sociedade, como provam os fatos acima, para assegurar a saúde das pessoas e eliminar os custos excessivos em colisões de tráfego. Abaixo está o texto extraído do site da Organização Car2Car, *car-to-car.org*.

*“Iniciado pelas empresas de manufatura automobilística européias, suportado por suas equipes e fornecedores, organizações de pesquisa e outros parceiros, o Consórcio de Comunicação Veículo para Veículo é uma indústria não lucrativa e é dedicada aos objetivos de futuros problemas de segurança em tráfego nas estradas e eficiência, por meios cooperativos do Sistema de Transporte Inteligente com a Comunicação Inter-Veicular suportado pela Comunicação Veículo-2-Rodovia. A C2C-CC (Car-2-Car Communication Consortium) suporta a criação de uma forma padrão de comunicação futura entre os veículos de todas as marcas. Como contribuidor chave, a C2C CC trabalha em parceria com as organizações europeias e internacionais de padronização, em particular com a ERSI TC ITS.” (Car 2 Car Communication Consortium, 2012)*

Assim como o Consórcio de Comunicação veículo para veículo, o Instituto Europeu de Padronizações de Telecomunicações (ETSI – *European Telecommunications Standards Institute*) atualmente desenvolve projetos relacionados com a comunicação de curto alcance providenciando comunicação entre o veículo e a unidade ao lado da rodovia em áreas específicas, como por exemplo, a coleta de impostos em pedágios da Europa. Outro projeto que é descrito pela ETSI é o sistema de comunicação wireless dedicado ao Sistema de Transporte Inteligente e a Telemática de tráfego e transportes das rodovias, utilizando uma frequência de banda de rádio padrão entre 5GHz e 63GHz. Assim como estes projetos, existem projetos que englobam todo um sistema, como por exemplo, o Sistema de Rodovias, o Sistema Aeronáutico e Marítimo Europeu, ilustrado pela figura 01. (SOMMER, 2011)

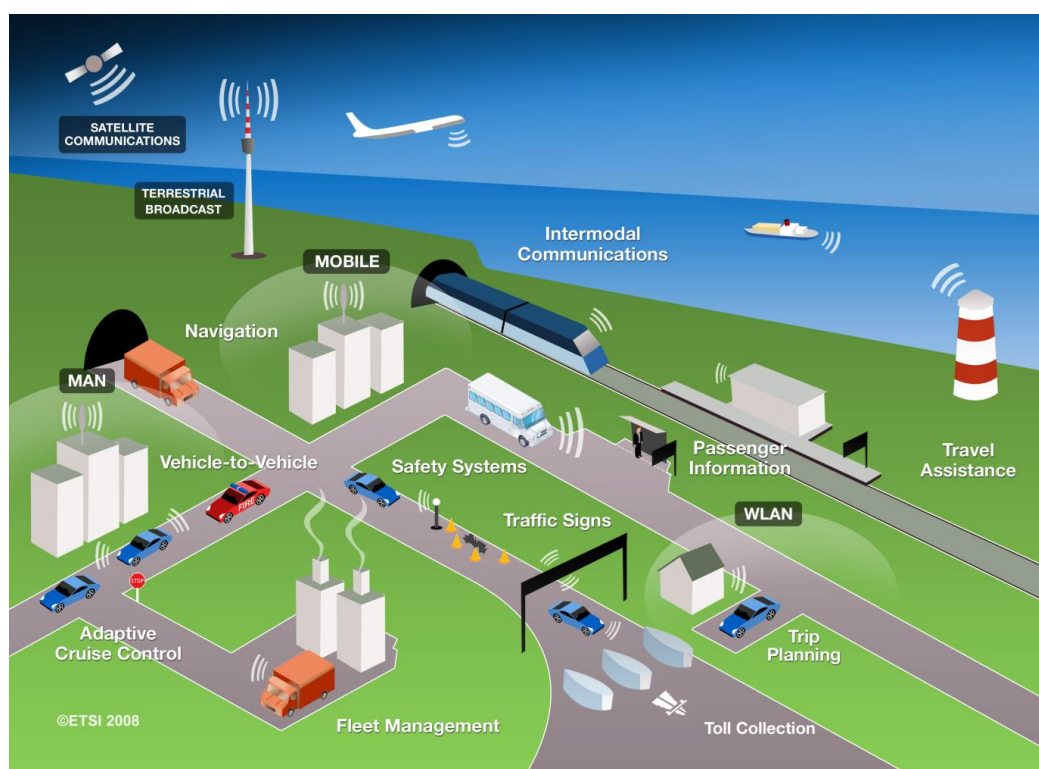


Figura 01 – Panorama Geral IEEE 802.11p (Fonte SOMMER, 2011)

Um dos principais pontos a serem desenvolvidos é a Comunicação Dedicada de Curto Alcance (DSRC – *Dedicated Short-Range Communications*) é a comunicação entre um veículo e um local da rodovia em um específico lugar. DSRC são apenas para sistemas de informação e operam na frequência base de 5,725GHz até 5,875GHz e consiste basicamente entre a comunicação de *transceivers* e um *transponders*. Um exemplo atual que temos no Brasil é o produto da empresa Via Fácil, “Sem Parar”, que ao cadastrar o usuário em um banco de dados, este ganha um aparelho para instalar no veículo e faz com que as contas de pedágio e estacionamentos de shoppings venham diretamente em um boleto bancário em sua própria casa, sem ter que esperar necessariamente na fila toda vez que faz uma viagem. O aparelho “Sem Parar” opera na frequência de 2,4 GHz comunicando com a central e passando as informações de horário e local para que a cobrança da tarifa seja feita.

A tecnologia para realizar a comunicação e a interligação entre os veículos é acessível e possível de ser realizada, porém ainda existem alguns obstáculos a serem superados por este mercado ainda inexplorado, como por exemplo, a falta de infraestrutura requerida pela norma que rege a comunicação entre os veículos e



infraestruturas, padrão IEEE 802.11p, e de outro lado, temos a rede de telefonia móvel que nos possibilita usufruir dela, uma vez que esta rede já está robusta e estabilizada no cenário mundial como uma tecnologia eficaz, deixando para que o tempo traga novas pesquisas e projetos a fim de concretizar e realizar a implementação da Comunicação Veículo para Veículo e da Comunicação Veículo para Infraestrutura.

### 1.3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo técnico do padrão IEEE 802.11p, criado em 2010, a fim de trazer ao ambiente veicular uma comunicação sem fio, e;

Demonstrar um caso aplicativo de comunicação sem fio entre transceivers simulando uma estação rodoviária e a comunicação entre os veículos em seu alcance quando há a ocorrência de um acidente.

## 2. NORMA IEEE 802.11p

### 2.1. ESTADO DA ARTE DAS DIFERENTES NORMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Comunicação veículo-para-X, veículo-para-veículo e veículo-para-estrutura, pode ser baseada em qualquer comunicação sem fio entre diferentes tipos de tecnologias de comunicação sem fio. A figura 02 representa todas as tecnologias sem fio, com ou sem infraestrutura. As tecnologias sem fio com base em infraestrutura se difere por apresentar estações de rádio base, concentradores e comunicação truncada das tecnologias onde não há a necessidade de uma infraestrutura.

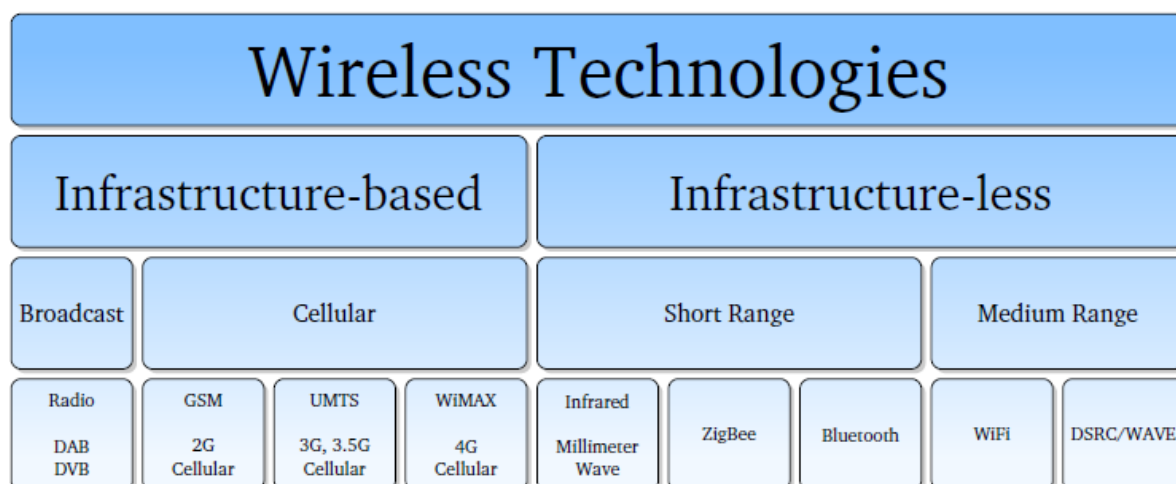


Figura 02 – Tecnologia Wireless (Fonte SOMMER, 2011)

Esta arquitetura da comunicação sem fio já estruturada e desenvolvida por diferentes tecnologias ajuda no crescimento e fixação deste novo conceito de comunicação entre veículos, cujos aplicativos de uma tecnologia sem fio pode se comunicar e interagir com outra. Como exemplo destas aplicações podemos citar a segurança veicular que o aviso prévio de acidente à frente ou chuva pode fornecer, o gerenciamento de trafego melhorando assim o tempo e a rota dos veículos na rede, policiamento e fiscalização, cobrança e pagamentos, otimização de rotas, informações de viagem rodoviária, e conforme este mercado cresça, novas possibilidades se tornam necessárias e possíveis.

Através de um projeto guiado pelo Sistema Cooperativo de Veículos e Infraestrutura (CVIS – *Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems*), associado à padronização da ISO TC204 (*Technical Committee no 204 -Intelligent Transport System*), trabalham para criar uma arquitetura unificada denominada Acesso de Comunicação para Móvel Terrestre (CALM – *Communications Access for Land Mobiles*). (NOBLETT, 2012)

Duas grandes e importantes comunicações sem fio que estruturam o CALM

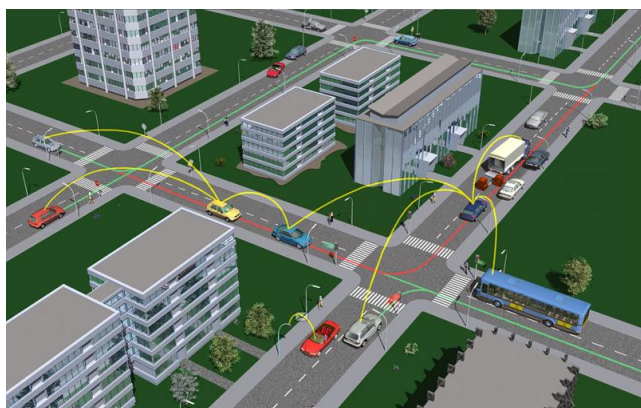


Figura 03 – Ilustração WAVE, Fonte Car2Car Com. Consort.

e são consideradas como base para as aplicações de segurança e conforto. A primeira é a padronização do Ambiente veicular de acesso sem fio (WAVE – *Wireless Access Vehicle Environments*), o qual é baseado no IEEE 802.11p, e conforme ilustrado na figura 03. A segunda é a comunicação baseada em telefonia

celular, como por exemplo, o Sistema Universal de Telecomunicações Móveis (UMTS – *Universal Mobile Telecommunications System*). (SOMMER, 2011)

A seguir é apresentado o entendimento das duas bases do CALM.

### 2.1.1. Padrão IEEE 802.11p

A fim de desenvolver uma comunicação padronizada sem fim de curto alcance, a Comissão Federal de Comunicação Estadunidense (U.S. FCC – *United States Federal Communications Commission*) desenvolveu em 1999 o seu primeiro passo, reservando 75 MHz na região de frequência 5,9 GHz para este uso específico, denominado banda de Comunicação Dedicada à Curto Alcance (DSRC – *Dedicated Short Range Communications*). Para o desenvolvimento e criação de uma camada física, baseado no padrão IEEE 802.11a (especificação da IEEE 802.11 que utiliza uma grande taxa de transmissão, até 54 Mbit/s, na frequência de 5 GHz). E em 2004, foi designado o IEEE 802.11p. Entre 2005 e 2009 a comissão responsável pela elaboração da norma realizou diversos rascunhos até que em 2010 foi lançada a norma IEEE 802.11p. (IEEE 802.11p, 2010)

A criação da camada física foi projetada para que uma completa rede veicular fosse desenvolvida, especificada através da família IEEE 1609, e assim feita o Acesso Sem-Fio em Ambientes Veiculares (WAVE – *Wireless Access in Vehicular Environments*). (IEEE 1609.3, 2007) A figura 04 mostra o esquemático de Segurança e Gerenciamento e os protocolos.

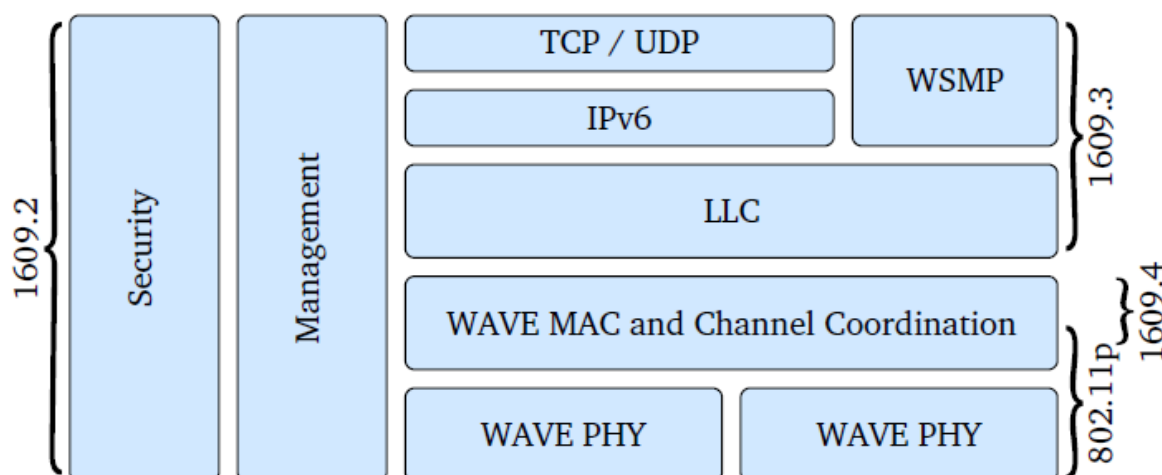


Figura 04 – IEEE 802.11p / IEEE 1609 (Fonte SOMMER, 2011)

A WAVE vem para aliviar, ou até mesmo eliminar, diversos problemas de curto alcance, que justificam a não utilização do padrão IEEE 802.11a-g, em um bom funcionamento em automóveis. Estes problemas são citados tais como:

- Taxa de transmissão e velocidade de envio incompatíveis com a velocidade do veículo, causando problemas como a propagação “multi-path” e Efeito Doppler,
- As estações não podem operar simultaneamente para a Infraestrutura e para o ad-hoc;
- Alocação de uma banda de comunicação (canal) toma um tempo comparativamente longo;
- Não há mecanismos integrados de segurança que suportam um sistema de distribuição, e;
- Não há mecanismos integrados que garantem a Qualidade do Serviço (QoS). (SOMMER, 2011)

Na camada física estes problemas são direcionados baseando na norma IEEE 802.11p, no modo de Divisão Múltipla Ortogonal por Frequência (OFDM – *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), adaptado da IEEE 802.11a em veículos. A principal diferença de operação está no comprimento do canal é escolhido 10MHz ao invés da tradicional faixa de 20MHz, o qual pode ser feito duplicando todos os parâmetros de tempo. (JIANG; DELGROSSI, 2008)

Para o padrão IEEE 802.11a temos uma largura de banda de 20 MHz em uma frequência base de 5GHz. Já para o padrão IEEE 802.11p podemos ter 10 MHz de largura de banda para uma frequência de operação de 5,8GHz.

Abaixo é apresentado a tabela comparativa dos padrões IEEE 802.11:

802.11	Freq. (GHz)	Largura de Banda (MHz)	Mbit/s	Modulação	Alcance aprox. (m)
-	2,4	20	1, 2	DSSS, FHSS	330
a	3,7/ 5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	OFDM	390
b	2,4	20	1, 2, 5,5, 11	DSSS	460
g	2,4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	OFDM, DSSS	820
n	2,4/ 5	20 / 40	7,2, 14,4, 21,7, 28,9, 43,3, 57,8 65, 72,2	OFDM	820
p	5,8	10 / 20	3, 4,5, 6, 9, 12, 18, 24, 27	OFMD	1000

Tabela 1 - Diferença dos Padrões 802.11, Fonte IEEE 802.11

Na figura 05, apresentada a seguir, podemos ver a banda dos 75 MHz determinada pelo DSRC, que foi dividida em sete diferentes canais de 10 MHz cada, também utilizado similarmente na Europa e no Japão.

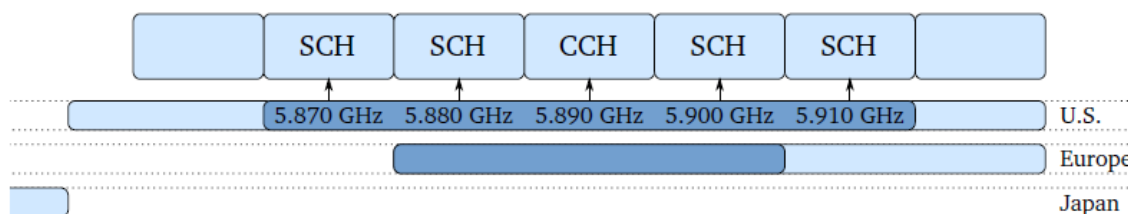


Figura 05 – Canais de Controle e Serviço (Fonte SOMMER, 2011)

O centro do canal é designado para o Controle do Canal (CCH – *Control Channel*). Sua utilidade é para trocar informação em mensagem de controle e segurança. Quatro outros canais cercam o CCH, que por sua vez são denominados Canais de Serviço (SCH – *Service Channels*). Seu funcionamento para os dois canais mais próximos do CCH são para o envio de mensagens não referentes à segurança, como o aviso de chuva ou neve à frente. Os dois canais das extremidades podem ser destinados a uso especiais de região para região, como um histórico de acidentes.

A WAVE tem a possibilidade de operar em um modo onde a tecnologia WiFi tradicional, ou seja compatível com a norma IEEE 802.11a/g, operando na frequência de 2,4 GHz, onde também é endereçada para sua comunicação, permitindo assim que qualquer estação enderece pacotes de Serviços Básicos de Configuração (BSS – *Basic Service Set*) e melhore a distribuição da informação que esta sendo transmitida. (IEEE 802.11p, 2010) O envio de Serviço Básico de Configuração WAVE (WBSS – *WAVE Basic Service Set*) também pode ser útil utilizando sua configuração de protocolo para o envio de e transmissão da mensagem.

Segundo as especificações da padronização proposta pelo IEEE 802.11p, os requerimentos do QoS para uma rede veicular são encontradas em dois mecanismos: primeiro, no sistema WAVE funcionando como diversos canais para a transmissão de dados, onde é estruturado pelo CCH. E em segundo, utilizando de forma similar o mecanismo descrito na norma IEEE 802.11p, onde o canal é

coordenado para se ter um Canal de Acesso Avançado Distribuído (EDCA – *Enhanced Distributed Channel Access*).

Para não ter a possibilidade de perder mensagens de controle e segurança, as estações de transferência de informação precisam ser equipadas com múltiplos transceivers para que toda informação do canal de controle seja transmitida adiante. Sendo assim, por definição, a cada *slot* de 100 metros, 50 metros precisa ser acionado para que o canal de controle, ou seja, as mensagens de controle e segurança sejam ouvidas, como por exemplo, sincronizada pelo tempo de sinal do GPS do automóvel. Para pontos urbanos o padrão define slots a cada 100 ou 50 metros, já para rodovias, os transceivers dos veículos irá ter uma potência de transmissão de 44,8dB (30W) para os veículos dos Estados Unidos e 33dB (2W) para os veículos da Europa em um alcance de 1000 metros para ambas as localidades. (IEEE 802.11p, 2010)

De acordo com este mecanismo, cada transmissor de informação irá ser designado como Classe de Acesso (AC – *Access Class*), transmitindo todo seu limite de informação e aplicando o Espaçamento Arbitrário Inter Frame (AIFS – *Arbitrary Inter-Frame Spacing*) para atrasar o canal de acesso, fazendo assim uma transmissão de alta prioridade para ser acessado por outro canal, e conseqüentemente passar a diante. (IEEE 802.11p, 2010)

Ainda no IEEE 802.11p, está descrito uma introdução do Protocolo de Mensagem Curta no WAVE (WSMP – *WAVE Short Message Protocol*), onde é mostrado o gerenciamento de potência transmitida, seleção de frequência dinâmica e segurança. (IEEE 802.11p, 2010)

Outra característica abordada pela norma é em relação ao *fading* da mensagem. O *fading*, em uma comunicação sem fio, é o desvio da atenuação que um sinal de telecomunicação de frequência modulada pelo portador experimenta sob certos meios de comunicação. O *fading* pode variar de acordo com o tempo, posição geográfica ou pela frequência de rádio, e na comunicação veículo-para-X a necessidade de não haver interrupções de informação é crucial. Como o padrão IEEE 802.11p rege, alguns efeitos de *fading* são seguidos por uma determinada causa. Como exemplo, a propagação de multicanais de uma determinada

informação tem como efeito um *fading* rápido. Diferentemente dos obstáculos que prédios e construções podem atrapalhar no envio da informação, causando um *fading* mais lento. Outro exemplo seria o veículo em movimento, podendo causar o efeito Doppler, ou seja, uma dispersão na frequência, e conseqüentemente o não envio completo da informação. (BENKNER, sd)

De acordo com a base que a WAVE projeta, assim como as características da codificação do canal para o *fading*, a criptografia da mensagem é algo fundamental para que toda comunicação sem fio funcione adequadamente, ou seja manter a segurança da informação de um ponto para outro. Esta segurança da informação para a WAVE consiste em basicamente três componentes. (SCHÜTZE, 2011)

- Assinaturas digitais utilizando Criptografia de Curva Elíptica (ECC – *Elliptic Curve Cryptography*), mais especificamente o Padrão de Assinatura Digital de Curva Elíptica (ECDSA – *Elliptic Curve Digital Signature Standard*), sobre  $n$  curvas;
- Criptografia Assimétrica com ECC, mais especificamente o Esquema de Criptografia Integrado de Curva Elíptica (ECIES – *Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme*);
- Esquema Puramente Simétrico: criptografia autenticada, criptografia de modo especificamente contador.

Uma forma compacta especial de certificados é definida como Certificados WAVE. “As seguranças das mensagens são do tipo “não seguro”, assinado”, criptografado”. As mensagens seguras apresenta 112 bit para mensagens de curta duração, e 128 bit para as demais. (SCHÜTZE, 2011)

Segundo a ANATEL, Agencia Nacional de Telecomunicações, no Brasil, as frequências de 5,85 GHz à 5,925, são utilizada exclusivamente para radioamador, e não há, atualmente, um setor responsável por esta faixa de frequência que visa atender a futura comunicação veículo-para-veículo e veículo-para-infraestrutura do país. (BRASIL – ANATEL, 2006)



O desenvolvimento do WAVE para uma melhor estruturação da comunicação veicular favorece a comunicação sem fio como um todo, mesmo abrangendo uma comunicação de curto alcance. Isso leva às montadoras automotivas a suportar uma infraestrutura extremamente grande para que a informação seja transmitida com segurança e robustez.

### 2.1.2. UMTS

Um jeito de superar a dificuldade de suprir uma infraestrutura ainda não desenvolvida e não distribuída, é utilizar uma rede estável e já existente na sociedade: A rede de telefonia móvel. O Sistema Universal de Telecomunicações Móveis (UMTS), onde a tecnologia de telecomunicação móvel de terceira geração (3G) pode e deve ser usado a fim de garantir o broadcasting de informações na rede sem fio veicular.

Nos Estados Unidos e na Europa a tecnologia de telecomunicações da quarta geração está começando a ser utilizada. Esta tecnologia, seguindo a evolução da tecnologia de telecomunicações móveis, envia mais informação em pacotes via internet deixando, ainda, um pequeno espaço de banda de frequência reservada à fala propriamente dita, diferentemente da sua antecessora, onde uma grande banda de frequência era reservada para a fala, deixando uma pequena parte desta banda reservada para o envio de informações.

Os próximos passos da tecnologia móvel basicamente é o envio de dados, incluindo a voz, como hoje é feito na internet na tecnologia VoIP.

O ETSI está desenvolvendo e padronizando o sistema universal de telecomunicações móveis através do Projeto de Parceria de Terceira Geração (3GPP – *Third Generation Partnership Project*), cuja transmissão de informação do UMTS é baseada no conceito de transporte de canais para ser multiplicados de forma a serem data-stream, a partir disso é mostrado abaixo três particulares canais do UMTS que podem ser utilizados na comunicação Veículo-para-Veículo. (SOMMER et al, 2008) Canal Dedicado (DCH – *Dedicated Channel*): O DCH precisa ser estabelecido para cada comunicação móvel para que o aparelhinho possa usar e dedicar recursos para garantir o envio completo dos dados, sendo este o modo

típico de envio de informação da UMTS, podendo carregar e puxar informações da rede. Baseado na troca contínua de gerenciamento de informação, aparelhos de telecomunicações móveis ajustam a potência de transmissão e sincronizam o envio e o recebimento do sinal, isso reafirma que cada aparelho celular necessita de uma elevada fonte de recursos da rede de telecomunicação.

Canal de Acesso Aleatório (RACH – *Random Access Channel*): O RACH é um canal onde se carrega informação para a rede, compartilhada entre todos os aparelhos, podendo ser uma comunicação dedicada ou estabelecida. Porém pode ser usada para transmitir pequenas quantidades de usuários.

Na figura 06 é mostrado o envio de uma informação que não teve sucesso e uma seguinte que teve sucesso.

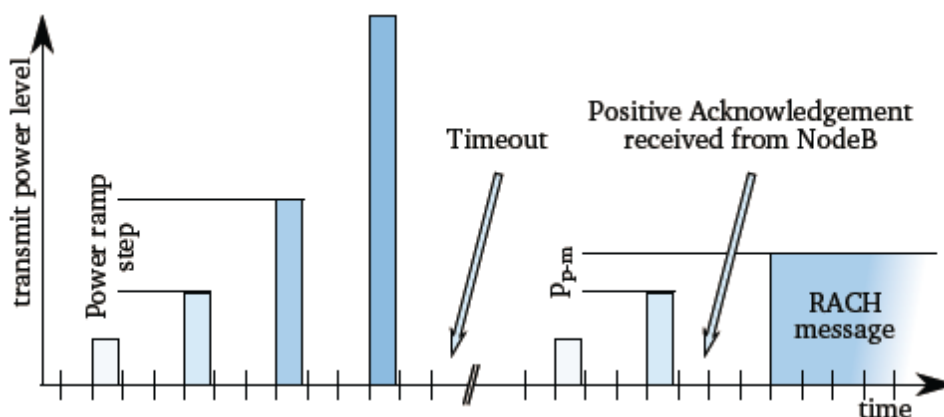


Figura 06 – Envio da Mensagem (Fonte SOMMER, 2011)

A informação é encaminhada para um outro dispositivo caso contrario ela é rejeitada e esta não é completa.

Canal de Acesso Direto (FACH – *Forward Access Channel*): O FACH é o canal de transporte para baixar informações da rede, sendo compartilhada entre todos os dispositivos. Mensagens enviadas pelo nó usando o FACH pode ser recebido por todos as estações móveis em uma célula da rede de telecomunicações móveis. Este canal pode ser usado para o envio de mensagem *Multicasting*.

Para áreas muito populosas, como grandes centros urbanos, cuja infraestrutura de telecomunicações móveis já está sendo usada, muitas vezes com o congestionamento de informação existente, a prioridade e necessidade de se

transmitir uma informação na rede sem fio veicular é de extrema importância, forçando a ter um Centro de Informação de Tráfego (TIC – *Traffic Information Center*). (SOMMER, 2011)

Como consequência lógica do uso da rede de telecomunicações móveis já existentes pela a comunicação Veículo-para-Veículo, é possível acontecer atrasos no envio das informações, precisando, como consequência disso, uma rede de telefonia móvel com muito mais recurso, seja pelo investimento das empresas automobilísticas no setor, ou pela exigência do pagamento de determinada faixa de ocupação da rede de telefonia móvel vindo das portadoras já existentes e responsáveis por esta rede. Assim como pode acontecer atrasos, delay's, no envio de informação na rede de telefonia móvel, também é possível que tenha atraso no WAVE com mensagens de curto alcance. Sendo assim, torna-se imprescindível o desenvolvimento da tecnologia e, principalmente, pela necessidade de ter uma rede robusta e confiável, para este mercado de Veículo-para-X, ainda, inexplorado.

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

O Estado da Arte faz referencia a todo trabalho já desenvolvido pela comunidade acadêmica e empresarial no assunto Comunicação Veículo-para-X. Trabalhos foram realizados em diversos segmentos da norma contribuindo para o enriquecimento da tecnologia e fixação no mercado atual automobilístico.

Estudos desenvolvidos no Brasil, na Universidade Estadual do Rio de Janeiro, apresentado em um minicurso onde os princípios e os desafios presentes no desenvolvimento de redes veiculares. O foco do trabalho foi mostrar as arquiteturas, os padrões de rede e as principais aplicações que conseguiremos obter quando esta rede já estiver estruturada no mercado. O roteamento, o acesso ao meio e a camada física também são mostrados e experimentos realizados, concluindo que é necessária a aplicação de novos protocolos e mecanismos que levem em conta as limitações das redes sem fio, "caso contrário, o desempenho obtido poderá ser aquém do exigido pelas novas aplicações", como por exemplo a segurança automotiva. (ALVES et all, 2009)

Em outro estudo, foi desenvolvido um simulador, visando a rede sem fio veicular, seguindo os protocolos IEEE 802.11p e IEEE 1609, desenvolvido pela Universidade Nacional de Chio Tung, em Taiwan. O Software criado pelo laboratório de Redes e Sistemas, denominado NCTUs (Universidade Nacional de Chiao Tung), é um simulador e emulador de rede que reúne diversas redes sem fio, como a rede de telefonia móvel e WLAN. Segundo os desenvolvedores, a NCTUs oferece uma implementação completa do padrão IEEE 802.11p/ IEEE 1609, através do sistema operacional Linux. Nas simulações realizadas, é possível realizar aplicações em tempo-real e através do protocolo do Linux é possível gerar uma fidelidade com a realidade e bons resultados. Os pesquisadores concluíram que a realização da simulação foi bem sucedida, podendo ser até aplicada nos sistema de transportes inteligentes, além de ser um simulador em software livre. <<http://NSL.csie.nctu.edu.tw/nctuns.html>>, é possível realizar a transmissão de pacotes IP via "interface de soquete padrão", ou envio de pequenas mensagens na WAVE. (WANG; LIN, 2008)

Também na Universidade de Taiwan, foi realizado o estudo do desempenho de uma comunicação veicular atendendo ao padrão IEEE 802.11p. Foi implementado um sistema de comunicação de um veículo (VGCS – *Voice Group Call Services*) em um *On-Board-Unit* em tempo real. Seu desenvolvimento foi através do protocolo de onda de curto alcance (WSMP – *Wave Short Message Protocol*), pela especificação IEEE 1609.3, movendo o veículo de 40km/h a 70km/h. O envio dos pacotes de mensagem consistem em: FontID; ID grupo; HopCount; SeqNum; PktType. Seu resultado foi realizar uma comunicação em um raio de distancia menor, pois futuramente os “*multi-channel*” serão desenvolvidos em RSUs (*Road Side Units*). (CICCONETTI et all, 2011)

O trabalho realizado pela Unidade de Negócios de Telecomunicações da Itália, em Pisa basicamente foi obter uma medição e análise da comunicação de multiplexação ortogonal por divisor de frequência (OFDM – *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) com o auxílio do dispositivo Lunkbird-MX, desenvolvido pela NEC, e usado por várias empresas de medição da Europa, utilizando 10 e 20MHz de banda no laboratório da EDCA (*Enhanced Distributed Channel Access*). Seu resultado foi encontrar uma diferença entre o estudo teórico e os testes práticos de 20% em média como resultado, provando a compatibilidade da norma com sua construção real. (CICCONETTI et all, 2011)

Pela Universidade Tecnológica de Viena, foram realizados dois trabalhos que valem notar. O primeiro foi o desenvolvimento de um simulador de ambiente para veículo-para-veículo e veículo-para-infraestrutura utilizando o programa MATLAB, com base no protocolo IEEE 802.11p. Através do programa MATLAB foi possível simular o canal AWGN (*Additive White Gaussian noise*) e realizar a comparação com o canal AWGN codificado e não codificado. (SAMANEH, 2008) O segundo trabalho desenvolvido pela Universidade de Viena, foi a realização de dados do protocolo IEEE 802.11p. Através de um roteador da Siemens AG, equipamento originalmente da Austrália, foi possível simular dados reais. Este projeto apresentou um desenvolvimento mais complexo e conseqüentemente uma maior quantidade de valores para a sua prova conceito. (MAHDI, 2008)

Outro trabalho foi realizado pela Universidade Espanhola de Coruña. Os estudantes desenvolveram um emulador de canal veicular baseado em um FPGA, no padrão IEEE 802.11p. Eles desenvolveram e detalharam o *design* e implementação de um FPGA, utilizando o benefício de ser reprogramável e mais barato que os dispositivos atuais do mercado. Foi apresentada também a importância da distinção entre o padrão IEEE 802.11p ao IEEE 802.11a. Em sua conclusão foi ressaltado a importância de novas tecnologias virem a somar o mercado que tende a crescer, além de criar seis cenários de codificação em alta velocidade. (FERNANDES et all, 2011)

### 3.1. INTEGRALIZAÇÃO DOS VEÍCULOS NA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES

No intercâmbio realizado com a Universidade alemã, Leibniz Universität Hannover, foi realizada a matéria “*Automobilelektronik II*”, Eletrônica Automotiva II. A matéria foi apresentada focando todos os aspectos da eletrônica automotiva em uma empresa, começando desde um panorama mundial entre os diferentes mercados globais até o estudo do sistema de auto frenagem, ABS, ou o sistema de navegação de um automóvel.

Um dos trabalhos finais apresentados pela disciplina foi um exercício de projeto real. O objetivo deste foi desenvolver uma ideia em que, juntamente com os conhecimentos aprendidos na disciplina, em duplas fosse realizado um opcional em um novo modelo veicular, onde para os próximos cinco anos esta ideia ainda estivesse atual. Após apresentar o conceito desta ideia à diretoria, o projeto deveria ser levado para as áreas da empresa automobilística e ser discutido os pontos prós e contras na construção desta ideia.

A ideia escolhida para a realização deste projeto foi o desenvolvimento e implementação de internet dentro do ambiente veicular, com o slogan do projeto sendo ilustrado pela figura 07.

O mercado automobilístico está em constante movimento. A mobilidade que o automóvel tem aberto às pessoas tornou-se uma necessidade para cada uma

delas. Precisa-se atender à expectativa cada vez maior dos seus clientes e, conseqüentemente, os fabricantes de automóveis investem muito tempo e dinheiro em empreendimentos inovadores. Além dos sistemas de segurança e ambientais, há a parte dos clientes, ligados na eletrônica de consumo, onde as expectativas de sistemas de informação e entretenimento dos fabricantes de automóveis são elevadas.

A rede do carro com o mundo exterior pode ter muitos benefícios para o usuário. A conexão do sistema de navegação com GPS, o cálculo do caminho mais curto com relação a fatores externos, como o tráfego e a hora do dia. Fornecida pelo OEM (*Original Equipment Manufacturer* – Equipamento Original dos Fabricantes) conexão com a Internet e todas as opções relacionadas não estão disponíveis no mercado atual.

Deve ser analisado se a ligação entre automóvel e Internet dentro dos próximos cinco anos é possível e viável. As perspectivas futuras são muito promissoras. O mercado futuro com o produto ponto a ponto tem como características trazer:

- Desenvolvimento de novos mercados
- App Store para veículos
- Extensões possível das funções existentes em Infotainment
- Atualizações de navegação via WWW – “Out of the box”

Para que estes pontos fossem realizados, o conceito técnico utilizado foi a base da telefonia celular, GSM(*Global System for Mobile*)/ GPRS (*General Packet Radio Service*)/ 3G (*3rd Generation*)/ LTE (*Long Term Evolution*) e um sistema especial de tarifa para as empresas de telefonia móvel. Esta tecnologia estaria instalada diretamente no sistema de navegação do veículo e juntamente com a comunicação CAN pudesse ser conectada com todo o veículo. Ainda uma App Store seria construída, afim de atender todos os tipos de clientes com os mais diversos aplicativos.

Para que este novo conceito fosse aprovado, foi sugerido inicialmente a realização de uma análise de mercado, onde as necessidades principais dos consumidores fosse pesquisada. A definição das características do produto seria feita posteriormente, mostrando o que deve ser o produto ao cliente. As atividades de venda e como esta nova tecnologia seria publicada externamente. O próximo passo seria determinar o valor que o consumidor deveria pagar para que o preço seja compatível com a necessidade desta nova tecnologia. E finalmente fornecer as informações de mercado às empresas para que esta tecnologia começasse a andar por si só.

Como resultado deste trabalho, foi concluído que apesar de ter um custo alto de desenvolvimento e de navegar na Internet com todos os benefícios, apenas a ideia da loja de aplicativos integrados no mundo automóvel poderia estabelecer uma amortização durante muitos anos. Os conceitos onde estas novas funções de assistência ao motorista podem ser realizados pela alta integração das montadoras automobilísticas com a necessidade que o mercado futuro.

Este projeto forneceu uma boa base de como uma empresa automobilística funciona e principalmente abriu as portas para que a ideia da comunicação veículo-para-x fosse apresentada.



Figura 07 – Vehicle goes WWW (Fonte: O Autor)



## 4. CASO APLICATIVO

### 4.1. EXPLICAÇÃO DOS CASOS POSSÍVEIS

De acordo com a norma IEEE 802.11p e em consonância com as necessidades atuais que a sociedade apresenta, é possível fazer um levantamento de algumas aplicações onde a norma poderá ser utilizada. Abaixo são exemplificados alguns tipos de aplicações:

- Segurança;
- Gerenciamento de tráfego;
- Sistema e assistência ao motorista;
- Policiamento e fiscalização;
- Cobranças e pagamentos;
- Otimização de rotas;
- Informações de viagens rodoviárias.

Sendo assim, alguns exemplos foram detalhados afim de ter uma visão lógica de como cada passo será realizado, visando sempre os aspectos técnicos da norma IEEE 802.11p. (SOMMER, 2011)

#### 4.1.1. Alerta sobre as condições climáticas

A unidade rodoviária (RSU – *Road Side Unit*) é responsável por ser a centralizadora de alguns tipos de informações e conseqüentemente o ponto de envio para às unidades veiculares (OBU – *On Board Unit*) que estiverem ao seu redor. Para a aplicação de alerta aos veículos sobre as condições climáticas é possível de ser implementada da seguinte maneira: (SOMMER, 2011)

A partir do momento que há chuva/ neve na estrada, a estação rodoviária aciona o envio desta informação para os veículos que estiverem em seu raio de alcance, e conseqüentemente a mensagem é propagada entre os diversos carros. Recebendo a informação de chuva/ neve, a OBU do automóvel é acionada para alertar o motorista. Este alerta pode ser sonoro ou atuar diretamente no sistema de freio do veículo, por exemplo. A representação esquemática deste caso é ilustrada pela figura 08.

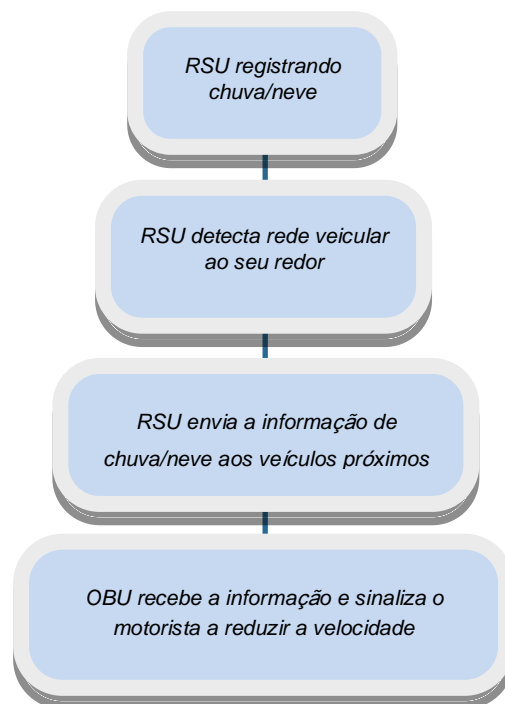


Figura 08 – Esquemático Caso 1 (Fonte: O Autor)

#### 4.1.2. Congestionamento de veículos

Para que a aplicação do congestionamento de veículos e gerenciamento de

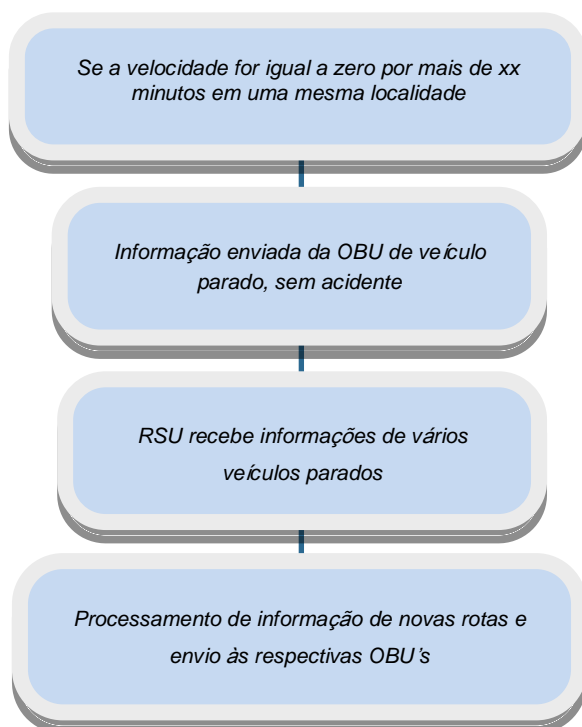


Figura 09 – Esquemático Caso 2 (Fonte: O Autor)

tráfego possa ser feita, torna-se necessário ter conhecimento da velocidade e da localidade do veículo, para que com estas informações é possível ter um entendimento da situação atual e assim redistribuir a informação de tráfego. (SOMMER, 2011)

A OBU dos veículos detectando que a localidade está fixa por um longo tempo, irá determinar que aquela região está com o trânsito lento, repassando assim esta informação adiante. Uma aplicação que

pode ser utilizada neste caso é o cálculo de rotas alternativas para os veículos que estiverem parados no trânsito, por exemplo. O esquemático sequencial da aplicação de congestionamento de veículos é ilustrado pela figura 09.

### 4.1.3. Ambulância de Emergência

O envio de informação frente à ocorrência de um acidente chega à RSU através do *broadcasting* dos veículos e o processamento da informação é feita através da gravidade do acidente, é enviado ao local do acidente uma ambulância ou não. A aplicação do envio de informação para os veículos de que uma ambulância está a caminho é descrito:(SOMMER,2011)

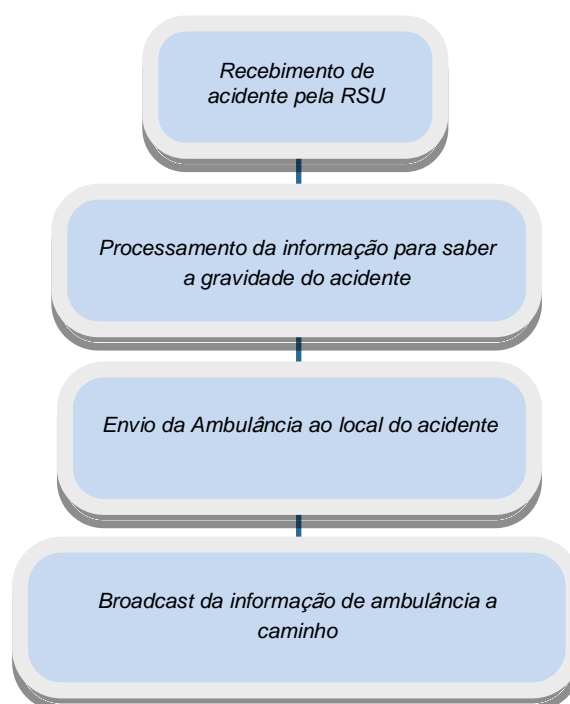


Figura 10 – Esquemático Caso 3 (Fonte: O Autor)

A OBU da ambulância envia uma mensagem de *broadcasting* para os veículos que estão ao seu redor, avisando que há a necessidade de permitir a passagem da ambulância de uma forma rápida e efetiva. Esta mensagem é propagada até o hospital, visando um melhor atendimento ao paciente que está sendo levado pela ambulância. O esquemático sequencial deste caso é representado pela figura 10 e a figura 11 ilustra esta aplicação.

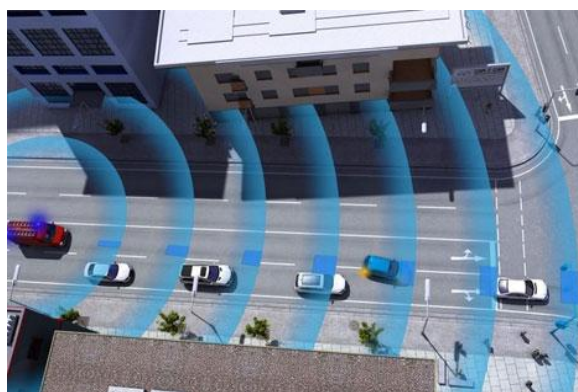


Figura 11 – Exemplo Aplicação (Fonte Car2Car Com. Consort.)

#### 4.1.4. Acidente envolvendo N veículos

A aplicação responsável pelo envio dos acidentes ocorridos entre N veículos é um dos principais fatores responsáveis pela criação da norma IEEE 802.11p. Ao colidir o veículo, a velocidade de colisão juntamente com sua a localidade é enviada através de broadcasting. Ao receber a informação de que houve um acidente por outro veículo, um sinal de alerta é enviado ao motorista fazendo com que este diminua a velocidade, se for necessário, e assim consequentemente até chegar à RSU. A estrutura lógica é descrita a seguir: (SOMMER, 2011)

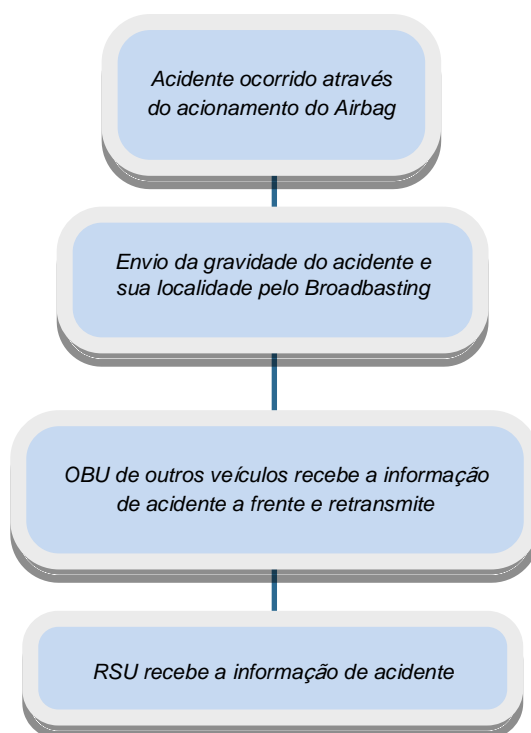


Figura 12 – Esquemático Caso 4 (Fonte: O Autor)

#### 4.2. CASO APLICATIVO

O caso aplicativo aqui demonstrado é referente à aplicação 4.1.4., onde foi feito um cenário prático de uma aplicação de segurança automobilística. O caso referente à aplicação 4.1.4. diz respeito ao envio da informação de acidente de um veículo junto com a sua localidade e o grau deste acidente, representado esquematicamente pela figura 12.

O cenário foi baseado em uma estação de RSU, como por exemplo, uma unidade rodoviária ou uma central de pedágio. Este local está em constante monitoramento dos veículos que circulam no raio desta RSU. Ao observar o fluxo de carros neste raio da rodovia, é possível constatar quantos veículos estão conectados àquele nó, na RSU, está conectada uma ambulância que ficará de prontidão caso haja a necessidade do envio de socorro ao local do acidente. (SOMMER, 2011)

Conforme o monitoramento está acontecendo pela RSU, são simulados três tipos de acidentes. Inicialmente um acidente com baixa velocidade, que corresponde a um nível de acidente pequeno, com velocidades entre 0 e 30 km/h. Quando acidentes de pequenos níveis acontecem, a ambulância não é necessária, ficando apenas a polícia rodoviária local o atendimento e monitoramento do fluxo de automóveis. Para os acidentes com velocidades médias, com velocidades entre 31 e 70 km/h, a responsabilidade está a cargo dos funcionários da RSU e da ambulância decidirem se há a necessidade de socorro ao acidente ou não. Para os acidentes acima de 71 km/h o envio da ambulância ao local do acidente é imediato e necessário.

Para a realização desta demonstração foi desenvolvido em hardware e em software, os quais estão descritos a seguir.

#### 4.2.1. Hardware

Para a realização da comunicação sem fio entre a RSU e a OBU dos veículos foi necessária a aquisição de um transceiver e um receiver. Como esta norma ainda está em desenvolvimento, no mercado não há ferramentas de desenvolvimento para a frequência de 5,8 GHz com uma largura de banda de 75 MHz. Sendo assim foi decidido utilizar uma ferramenta que seja disponível no mercado. Para este projeto foi utilizado a ferramenta de desenvolvimento da Texas Instruments, eZ430-RF2500, ilustrado pela figura 13.

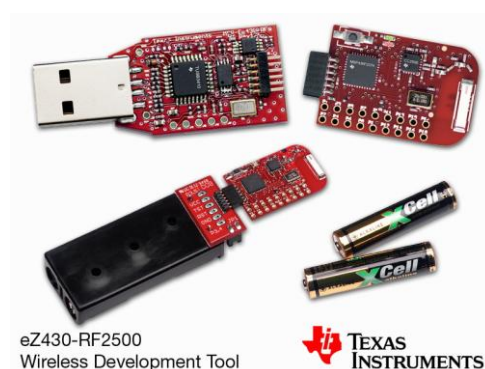


Figura 13 – eZ430RF2500 (Fonte Texas Inst)

Este equipamento trabalha na frequência de 2,4 GHz, com o transceiver CC2500, na comunicação de RF, juntamente com o microcontrolador MSP430F2274.

O equipamento eZ430- RF2500 utiliza o IAR *Embedded Workbench Integrated Development Environment* (IDE) para escrever e realizar o *debug* das aplicações através da entrada USB deste equipamento. São 21 pinos disponíveis para desenvolvimento.

#### 4.2.1.1. Especificações do hardware

##### a) MSP430F2274

- Performance de 16-MIPS;
- 200-ksps 10-bit SAR ADC;
- Dois Amplificadores Operacionais internos;
- Timer Watchdog, 16-bit;
- Modelo USCI suportando UART/LIN, SPI, I2C, ou IrDA;
- Cinco modos de baixa potência em 700nA em standby;
- Tensão de alimentação  $1,8 < V < 3,6$  V;
- Frequência de operação de 16 MHz.

##### b) CC2500

- Transceiver Radio Frequência (RF) de 2,4 GHz;
- Taxa de dado programável até 500 kbps;
- Baixo consumo de corrente elétrica;
- Tensão de alimentação  $1,8 < v < 3,6$  V;
- Alcance de frequência  $2.400 < f < 2.483,5$  MHz
- Potência de saída programável  $-30 < p < 0$  dB

Nos veículos populares, o envio da velocidade é enviado à unidade central eletrônica (ECU) através de um nível de tensão analógica, e conseqüentemente transferido ao painel onde o motorista controla a velocidade do automóvel. Assim como é realizado nos automóveis a conversão de um nível de tensão analógico é também feito através do pino 07 e convertido digitalmente. É possível portanto, fazer a conversão analógica digital em até 3,6 V.

Tendo a variação do valor da velocidade conforme a variação da tensão, foi emulada uma localidade para cada veículo, fazendo com que o sinal da transmissão caso um acidente aconteça tenha a velocidade de acidente e sua localidade, conforme rege a norma IEEE 802.11p. Através do botão disponível na placa, é simulada a ocorrência de acidente, e processada a informação para transmiti-la. O fluxograma abaixo, figura 14, explica o envio da informação pelos *transceivers*, conforme demonstrado a seguir.

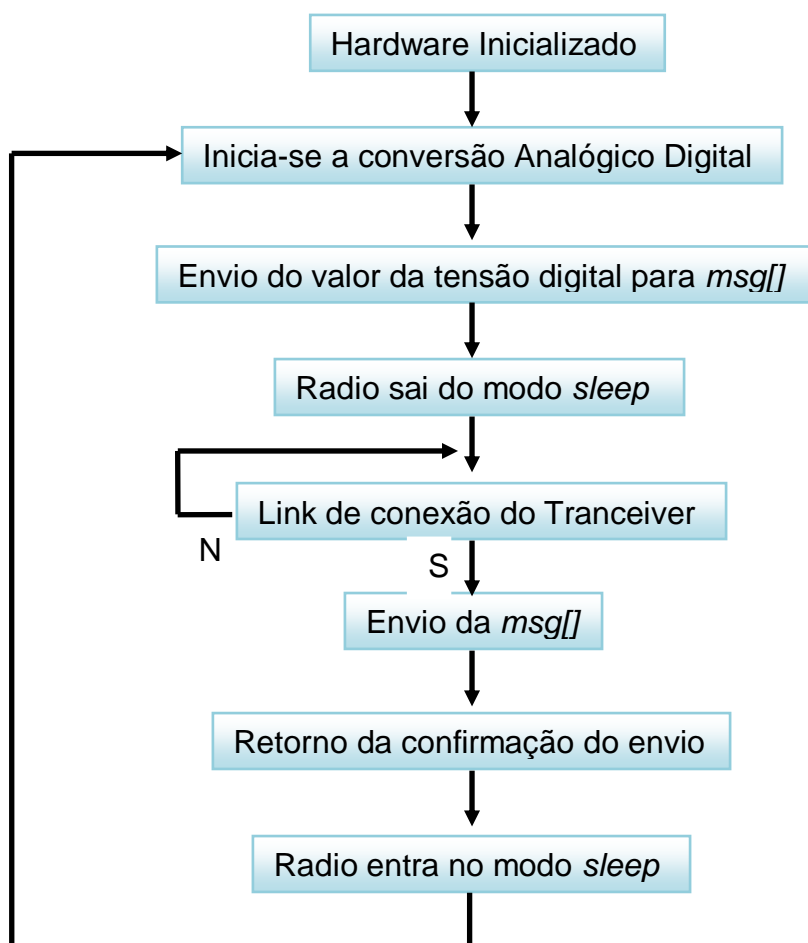


Figura 14 –Diagrama de Blocos Funcionamento do Programa (Fonte: O Autor)

Os códigos referentes ao desenvolvimento deste caso aplicativo, para que o microcontrolador faça a conversão analógica digital da velocidade representada pela tensão, a emulação da localidade, o acionamento do botão representando o acidente e a transmissão da informação, encontra-se no Anexo 1.

Com esta base desenvolvida no microcontrolador e no *transceiver*, foi possível realizar a comunicação entre o *transceiver*, OBU, e o *receiver* RSU. Seguindo no desenvolvimento, é explicado o *software* e a interface com o usuário utilizado.

#### 4.2.2. Software

Para que haja uma interface com o usuário, no caso aplicativo a ambulância da RSU, foi desenvolvido um painel através do software Labview, da *National Instrument*. A ferramenta *Labview* é uma plataforma de design de sistemas e ambiente de desenvolvimento com a linguagem de programação visual. É extremamente importante e de grande utilidade para o ambiente de desenvolvimento.

A informação dos transceivers é recebida pela porta serial, e através dela inicia-se o programa. A cada atualização da rede veicular, a porta serial transmite ao painel da RSU o fluxo de veículos que estão disponíveis naquela região, e no momento em que acontecer algum acidente, este programa identifica o local do acidente e sua velocidade, e disponibiliza aos funcionários um resultado de qual ação tomar proveniente daquele acidente. Para acidentes de baixa velocidade, não é enviada a ambulância. Para velocidades entre 31 e 70 km/h, o envio da ambulância ao local do acidente fica a critério dos funcionários da RSU e da ambulância ou não. Para acidente graves, os que apresentam velocidade acima de 71 km/h a ambulância é requerida e esta se destina ao local do acidente.

Na figura 15 e 16 são apresentados os blocos onde foram realizados a leitura da porta serial para que a informação de acidente dos transceivers pudesse ser feita.





O *Hardware* da *Texas Instruments*, eZ430-RF2500 é adicionado à porta USB do computador, conforme ilustrado pelas figuras 17 e 18:



Figura 17 – Hardware Texas Instr. (Fonte: O Autor)

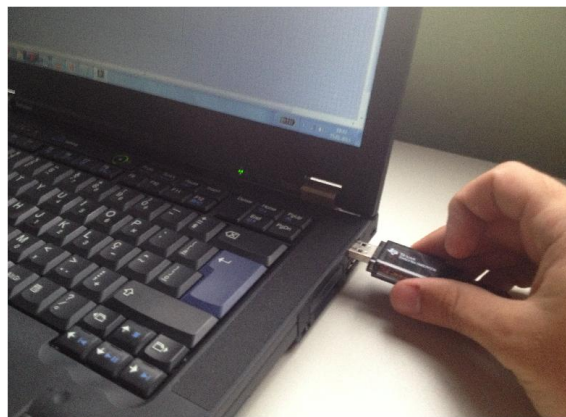


Figura 18 – Hardware Texas Instr. (Fonte: O Autor)

Com o software da *National Instruments*, *LabVIEW* 2011, ligado no computador, podemos inicializar o programa de monitoramento, conforme visto na figura 19.

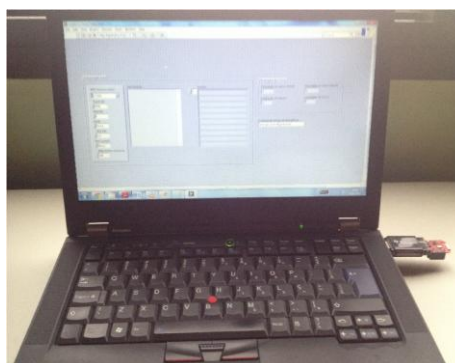


Figura 19 – Central Rodoviária (Fonte: O Autor)

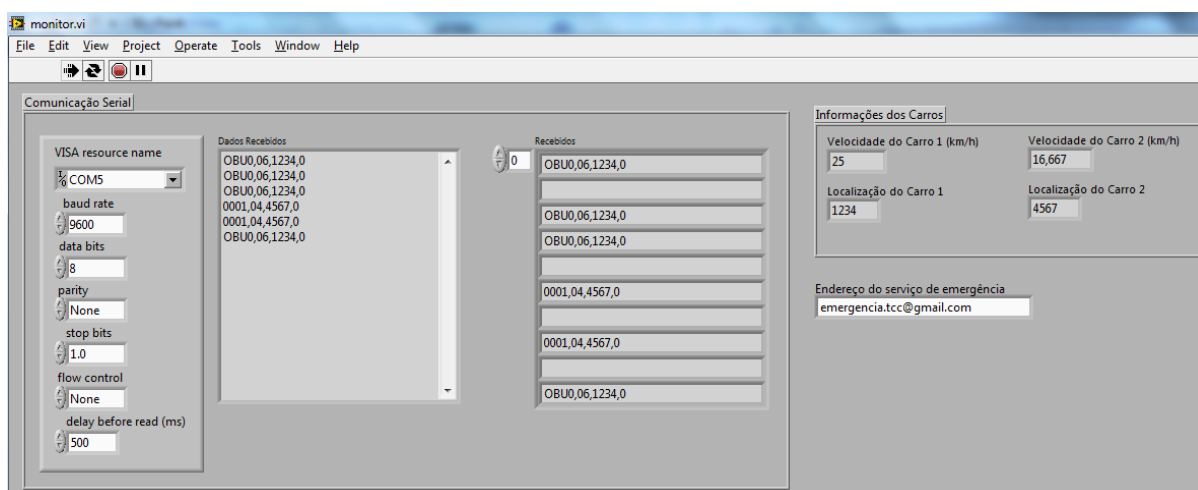


Figura 20 – Software de Monitoramento (Fonte: O Autor)

Na primeira coluna do programa da figura 20 temos as configurações da comunicação da porta USB com o software, ou seja, o número da porta serial, a taxa de envio, e o atraso de cada mensagem.

Na segunda coluna temos a lista de veículos que estão localizados no raio da central rodoviária. Periodicamente, os veículos enviam o seu código de identificação, a sua velocidade e a sua localidade.

A terceira coluna do programa representa os mesmos veículos que estão no raio da central rodoviária, porém com a possibilidade de captar e operar estes valores, como por exemplo, a criação de relatórios mostrando a hora exata do veículo com sua velocidade e localidade.

A quarta coluna é constituída de dois blocos. O primeiro bloco seleciona a velocidade e a localidade do veículo acidentado e envia para o endereço de Email do segundo bloco.

A simulação de um acidente é realizada quando o botão do hardware é acionado, como apresenta-se na figura 21.

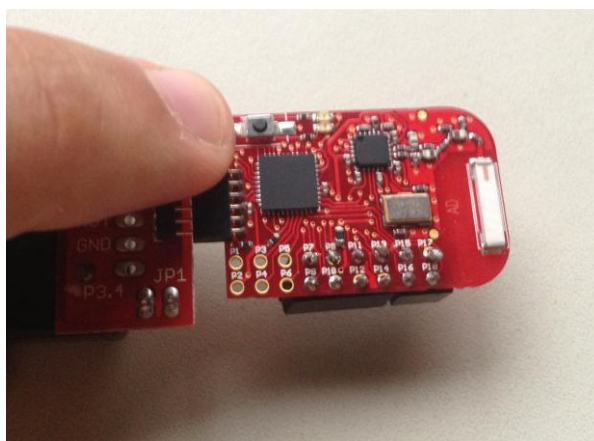


Figura 21 – Emulando Acidente (Fonte: O Autor)

Quando há um acidente, a central rodoviária recebe a informação do acidente com a velocidade e a localidade do veículo e alerta os funcionários da estação rodoviária. Existem três tipos de acidentes. Baixa velocidade, Velocidade média, e Alta velocidade, conforme explicado pela figura 22.

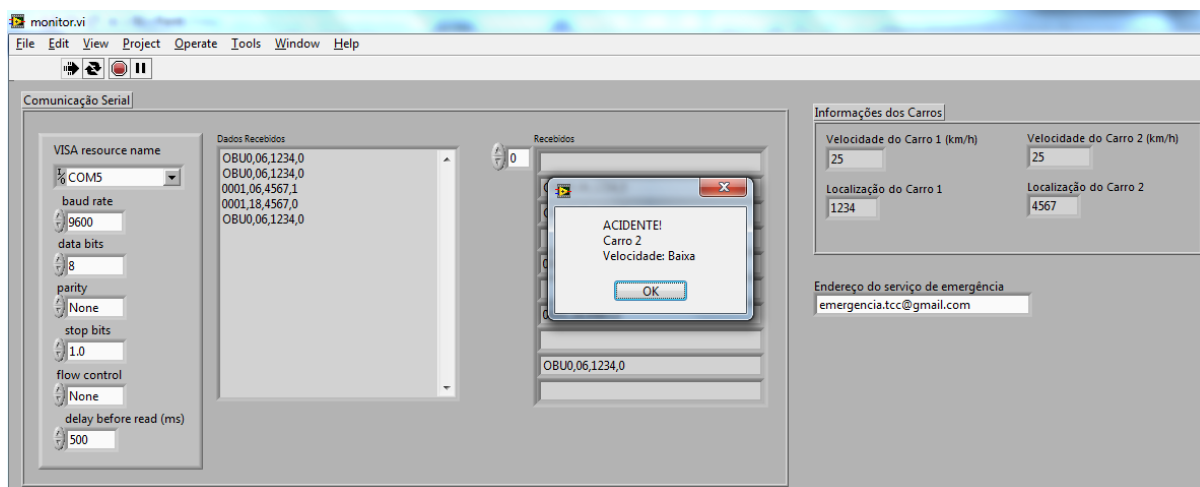


Figura 22 – Acidente Detectado (Fonte: O Autor)

Assim que a mensagem é enviada à central rodoviária, um relatório também é criado e enviado para o Email *emergenciatcc@gmail.com* e para uma pagina da internet *http://controle.clod5.com/*, a fim de proporcionar um controle a distancia da central rodoviária, conforme a figura 23 abaixo.

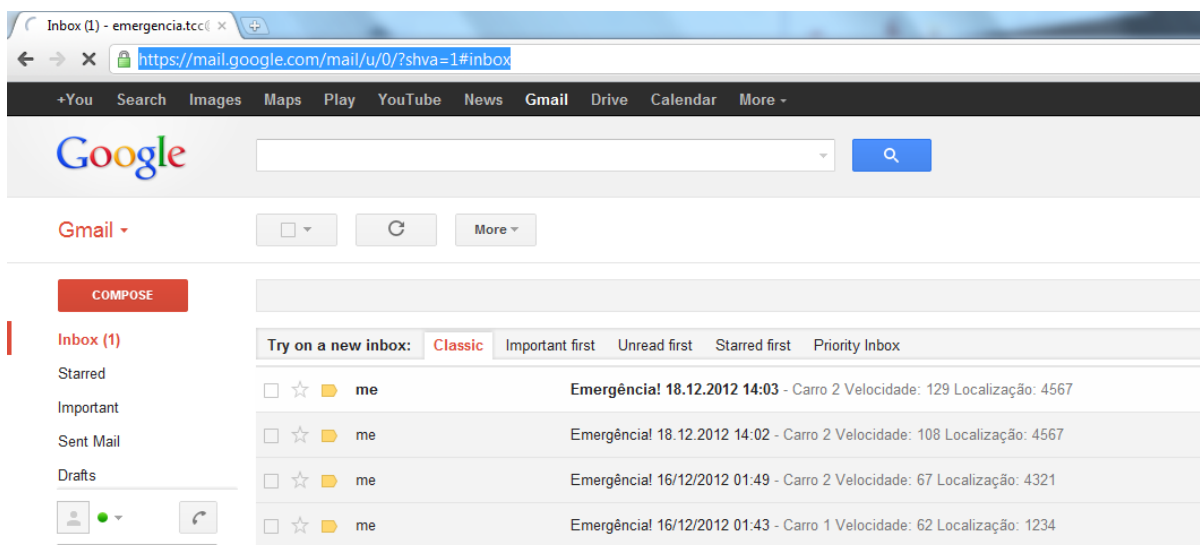


Figura 23 – Relatório do acidente enviado via Email (Fonte: O Autor)

## 5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do caso aplicativo foi de extrema importância para que mesmo sem os aspectos técnicos de hardware o conceito fundamental da norma IEEE 802.11p fosse atendido, visando o monitoramento e o controle que uma unidade rodoviária deve ter para garantir a segurança de sua área. Da conversão de tensão analógica para digital, simulando a velocidade como é feita nos veículos populares atualmente, com a localidade de onde o veículo está quando o Air bag é acionado, prova que em um sistema funcionando na frequência de 5,8 GHz e devidamente configurado também funcionaria.

Os poucos estudos realizados juntos com a baixa quantidade de informação das montadoras automobilísticas evidenciam a novidade que a norma IEEE 802.11p vem oferecer. As mensagens de curto alcance nos novos desenvolvimentos de hardware em padrão com o sistema europeu de telecomunicações e as entidades responsáveis dos Estados Unidos mostram o desafio futuro que teremos pela frente com a constante busca pela inovação para ser possível atender a norma e visando a confiabilidade da informação e a segurança das pessoas.

Os altos números de pessoas acidentadas em automóveis com os elevados custos aos países são aspectos importantes para que o desenvolvimento de novas tecnologias sejam implementadas. A evolução do padrão IEEE 802.11p é a concretização de nos conectar por meios os quais decidirmos nos informar, formando assim uma rede de informação mais segura e conectada.

### 5.1. TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento contínuo e a busca pela perfeição têm que ser uma qualidade de todos aqueles que querem mudar algo. Este trabalho tem a necessidade de desenvolvimento de segurança automotiva, a tendência tecnológica está na conectividade das informações entre diferentes equipamentos. Espera-se que novos estudos sejam realizados sobre o tema para que novas tecnologias sejam implementadas.

O desenvolvimento de uma tecnologia embarcada em FPGA, *Field Programmable Gate Array*, e posteriormente dentro das unidades centrais eletrônicas dos automóveis é um ponto fundamental para o enriquecimento desta tecnologia com o aprimoramento e detalhamento das possibilidades de interface entre máquina e homem.

O desenvolvimento de novas tecnologias está diretamente correlacionado com a necessidade que a sociedade tem de mudar um determinado cenário e novos estudos e desenvolvimentos realizarão este papel.

## REFERÊNCIAS

ALVES, R.S.A.; CAMPBELL I.V.; COUTO R.S.; CAMPISTA, M.E.M.; MORAES I.M.; RUBINSTEIN M.G.; COSTA, L.H.M.K.; DUARTE O.C.M.B. e ABDALLA M., *Redes Veiculares: Princípios, Aplicações e Desafios. Cap. 5. 27º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos. Livro texto dos minicursos*, <http://www.lbd.dcc.ufmg.br:8080/colecoes/sbrc/2009/084.pdf>, 2009.

BENKNER, D.; “Digitale Mobilfunksysteme, Teubner”, *Car 2 Car Communication Consortium, Channel Characterization*.

BRASIL. ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicações), Resolução no 431, de 23 de fevereiro de 2006. *Dispõe sobre a alteração dos Regulamentos sobre canalização e condições de uso das faixas de 4GHz (3.800 a 4.200 MHz), 6 MHz*, [www.anatel.gov.br](http://www.anatel.gov.br), 2006.

Car 2 Car Communication Consortium, [www.car-to-car.org](http://www.car-to-car.org), 2012.

CICCONETTI, C.; GALEASSI, F.; MAMBRINI, R., “IEEE 802.11p: Laboratory measurements and analysis”, *FITCE Congress (FITCE)*, 2011.

ELIS, A., *Mein Traum ist länger als die Nacht. Wie Bertha Benz ihren Mann zu Weltruhm fuhr*, Hoffmann und Campe, *Hamburg*, 2010.

FERNANDES- CARAMÉS, T.M.; GONZÁLEZ-LOPEZ,M.; CASTEDO, L., “FPGA-based Vehicular Channel Emulator for Real-Time Performance Evaluation of IEEE 802.11p Transceiver”, Dep. Of Electronics and System, University of Coruna, 2011.

IEEE 802.11 WORKING GROUP OF THE IEEE 802 COMMITTEE, “802.11p/D10.0 - Amendment 7: Wireless Access in Vehicular Environments,” Tech. Rep., February 2010.

IEEE Standard 1609.3, IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE), *Networking Services, Intelligent Transportation Systems Committee*, 2007.

JIANG, D.; DELGROSSI, L., "IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments", *Vehicular Technology Conference, 2008 IEEE*, vol. no. pp.2036-40, 11-14 May 2008.

"Linguistics 201: The Invention of Writing", *cii.www.edu*, 2011.

MAHDI, A., Characterization of 5GHz Modular Radio Frontend for WLAN Based on IEEE 802.11p, Master dissertation in Telecommunication, Depart. Of Technology and Built Environment, University of Gavle, Vienna, 2008.

MEYER, M.D., Crashes vs. congestion, What's the cost to society?, Prepared by Cambridge Systematics, Inc. 4800 Hampden Lane, Suite 800 Bethesda, Maryland 20814, <http://newsroom.aaa.com/wp-content/uploads/2011/10/200835920140.CrashesVsCongestionExecutiveSummary2.28.08.pdf>, 2011.

NOBLETT, M., "ISO – TC 204 Intelligent transport systems", [www.iso.org/iso/iso\\_technical\\_committee?commid=54706](http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=54706), 2012.

SAMANEH, S., "Development of MATLAB simulation environment for vehicle-to-vehicle and infrastructure communication based on IEEE 802.11", *Master dissertation, Dept. of Telecommunication, University of Galve, Vienna*, 2008.

SCHÜTZE, T., "Automotive Security: Cryptography for Car2X Communication", *Rohde & Schwarz SIT GmbH*, 2011.

SCHWEPPE, H.; ROUDIER, Y.; WEYL, B.; APVRILLE, L.; SCHEUERMANN, D., „Car2X Communication: Securing the Last Meter – A Cost-Effective Approach for Ensuring Trust in Car2X Applications Using In-Vehicle Symmetric Cryptography“, *Vehicular Technology Conference (VTC Fall)*, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6093081&isnumber=6092796>, 2011.

SMITH, K., "Vehicle safety past, present and future", Page 3, [aesvn.org](http://aesvn.org), 2011.

SOMMER, C., "Car-to-X Communication in Heterogeneous Environments", *Dissertation zugänglich unter Technische Fakultät*, 2011.

SOMMER, C; SCHMIDT, A.; GERMAN R.; KOCH W.; and DRESSLER F., "Simulative Evaluation of a UMTS-based Car-to-Infrastructure Traffic Information



System,” in *IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2008), 3<sup>rd</sup> IEEE Workshop on Automotive Networking and Applications (AutoNet 2008)*, New Orleans, LA: IEEE, December 2008.

WANG, S.; LIN, C., “NCTUns 5.0: A network simulator for IEEE 802.11p and 1609 wireless vehicular network reasearch.”, *IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*, 2008.

WHO – World Health Organization. PEDEN, M.; SCURFIELD, R.; SLEET, D., MOHAN, D.; HYDER, A.A.; JARAWAN, E.; MATHERS, C., “*World report on road traffic injury prevention*”, World Health Organization, 2004.

## ANEXO 1

- Loop infinito do main:

```
while (1)
{
    if (SMPL_SUCCESS == SMPL_LinkListen(&sLID[sNumCurrentPeers]))
    {
        break;}
    TXString( "Acidente! Porém com problemas na comunicação!\r\n", 47);
}
}
```

- Conversão Analógica Digital no Pino 07

```
/* Medir Tensão*/
ADC10CTL1 = INCH_4;                // Pino7
ADC10CTL0 = SREF_1 + ADC10SHT_2 + REFON + ADC10ON + ADC10IE + REF2_5V;
__delay_cycles(240);
ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;       // Início da amostragem e conversão
__bis_SR_register(CPUOFF + GIE);
results[1] = ADC10MEM;            // Recuperar resultado
ADC10CTL0 &= ~ENC;
ADC10CTL0 &= ~(REFON + ADC10ON);
temp = results[1];
volt = (temp*16-113)/512;
```

- Acidente caracterizado pelo botão apertado

```
if (BSP_BUTTON1())
{
    BSP_TURN_ON_LED1();
    msg[2] = '1';
}
```

```

else
{
    msg[2] = '0';
}
__delay_cycles(1000000);

```

- Envio da mensagem através da porta serial

```
transmitDataString(1, addr, rssi, msg );
```

- Envia da mensagem pelo transceiver

```
SMPL_SendOpt(sLinkID1, msg, sizeof(msg), SMPL_TXOPTION_ACKREQ)
```

- Colocar o rádio novamente para dormir

```
SMPL_ioctl( IOCTL_OBJ_RADIO, IOCTL_ACT_RADIO_SLEEP, 0);
```

- Envio da informação da ambulância pela porta serial

```
char output_verbose[] = {"XXXX,XX,XXXX,X\r\n"};
```

```
output_verbose[5] = '0'+(msg[1]/10)%10;
```

```
output_verbose[6] = '0'+(msg[1]%10);
```

```
output_verbose[8] = '1';
```

```
output_verbose[9] = '2';
```

```
output_verbose[10] = '3';
```

```
output_verbose[11] = '4';
```

```
output_verbose[13] = msg[2];
```

```
output_verbose[0] = addr[0];
```

```
output_verbose[1] = addr[1];
```

```
output_verbose[2] = addr[2];
```

```
output_verbose[3] = addr[3];
```

```
TXString(output_verbose, sizeof output_verbose );
```

- Envio da informação do automóvel pela porta serial

```
char output_short[] = {"ADDR,XX,XXXX,X\r\n"};
```

```
output_short[5] = '0'+(msg[1]/10)%10;
```

```
output_short[6] = '0'+(msg[1]%10);
```

```
output_short[8] = '4';
```

```
output_short[9] = '5';
```

```
output_short[10] = '6';
```

```
output_short[11] = '7';
```

```
output_short[13] = msg[2];
```

```
output_short[0] = addr[0];
```

```
output_short[1] = addr[1];
```

```
output_short[2] = addr[2];
```

```
output_short[3] = addr[3];
```

```
TXString(output_short, sizeof output_short );
```