

Uma Nova Infraestrutura para Captação e Comunicação dos Sensores Embarcados no Veículo

Daniel Rodrigues¹, Jessica Nayara Severino¹, Fabiano Tadeu Mathias Costa¹,
Luis Hideo Vasconcelos Nakamura¹, Rodolfo Ipolito Meneguette^{1,2}

¹ Instituto Federal de São Paulo - IFSP

² Universidade Estadual de São Paulo - UNESP

{fabiano.tmc, nakamura, meneguette}@ifsp.edu.br

Abstract. *Currently, vehicles have a very large range of sensors and actuators, capable of not only sensing the condition of vehicles but also the environment around them. The information from these sensors can be used for various services in which they can bring greater comfort, safety and entertainment to the passengers and conductors of the vehicle. However, the great challenge lies in the abstraction and propagation of this information to a service center or to an application in a secure and accessible way to all users. Thus, with the objective of developing a low-cost information abstraction devices accessible to all, we propose the development of an architecture that will perform the abstraction of vehicular data through an electric circuit proposed in this work, as well as the propagation of this information through of a service of monitoring of school vans made available by a Web service accessed through an application focused on smartphones. To verify the functioning of this architecture we use as case study the monitoring of school vans.*

Resumo. *Atualmente, os veículos possuem uma gama muito grande de sensores e atuadores, capazes de realizar não só o sensoriamento da condição dos veículos, mas também do ambiente a sua volta. As informações desses sensores podem ser utilizadas para diversos serviços na qual poderão trazer maior conforto, segurança e entretenimento aos passageiros e condutores do veículo. Entretanto, o grande desafio encontra-se na abstração e propagação dessas informações para uma central de serviços ou para uma aplicação de forma segura e acessível a todos os usuários. Assim, com objetivo de desenvolver um dispositivo de abstração de informações veiculares de baixo custo e acessível a todos, propõe-se o desenvolvimento de uma arquitetura que realizará a abstração dos dados veiculares utilizando um circuito elétrico proposto neste trabalho, bem como a propagação dessas informações para um serviço de monitoramento de vans escolares disponibilizados por um Web service acessado por meio de um aplicativo voltado para smartphones. Para a verificação do funcionamento dessa arquitetura foi utilizado como estudo de caso o monitoramento de vans escolares.*

1. Introdução

A indústria automotiva vem investindo fortemente em novos dispositivos embarcados nos veículos com o objetivo de melhorar a segurança, o conforto, a estabilidade e o

desempenho dos veículos [Xie et al. 2017a, Meneguette 2016]. Assim tornando o sistema eletrônico de um veículo muito mais complexo. Estudos [Tuohy et al. 2015] descrevem que o número de unidades de controle eletrônico (ECUs) em um carro padrão passou de 20 para mais de 100 na última década. Além disso, houve um aumento no número de *softwares* incorporados no veículo, passando de 2% para 13% do valor total de um veículo e o número de linhas de código aumentou de um milhão para mais de dez milhões entre os anos de 2000 a 2010 [Charette 2009]. Um exemplo do aumento das funcionalidades e dispositivos embarcados no veículo é o surgimento dos veículos autogeridos que utilizam diversas tecnologias para permitir a movimentação do veículo sem a condução de um ser humano. Um exemplo de veículo autogerido é o modelo S500 *Intelligent Drive*, produzido pela Mercedes Benz, que foi capaz de percorrer uma distância de 100 km sem a intervenção humana. Esta demonstração autogerida envolveu lidar com rotatórias, engarrafamentos, sinais de trânsito e pedestres. O veículo poderia reagir a esses obstáculos diversificados graças a um sistema de câmeras, radares e geolocalização [Euronews 2017].

A eletrônica embarcada nos veículos atuais é responsável pela execução de funções pré-programadas e específicas, baseando-se em dados de entrada [Meneguette and Boukerche 2017, Amarasinghe et al. 2015]. Esses dados são gerados a partir de diversos sensores e posteriormente transmitidos as unidades eletrônicas de controle, possibilitando o gerenciamento e garantindo o bom funcionamento do veículo, bem como a segurança dos usuários [Li et al. 2016, Zhang et al. 2017]. Essas diversas unidades eletrônicas se comunicam por meio de mensagens padronizadas de acordo com cada montadora, tomando como referência um protocolo de comunicação criado pela empresa Bosch e denominado CAN (*Controller Area Network* - Rede de Área de Controle) [Farsi et al. 1999]. As informações obtidas pelos sensores auxiliam o condutor na identificação de algum defeito no veículo, quando mostradas no painel do veículo, e também possibilitam que o diagnóstico do suporte técnico ao veículo possa ser feito com maior precisão e agilidade. Para acessar os códigos de falha, originados quando detectada alguma anomalia do sistema, é preciso inserir um conector de diagnose no veículo. Nesse contexto a SAE (*Society of Automotive Engineers* - Sociedade de engenheiros automotivos) [of Automotive Engineers 1997] regulamentou a norma que submete todos os veículos automotivos vendidos a partir de 1996 nos Estados Unidos e Europa e desde 2010 no Brasil a obrigatoriedade do sistema de autodiagnóstico denominado OBD (*On-Board Diagnostics* - Diagnósticos de bordo) [Machado and Oliveira 2007].

Com a exigência de um sistema OBD-II nos veículos, o interesse por novas tecnologias que poderiam fazer a interação com o novo sistema cresceu. Conectores com interface serial ou bluetooth começaram a aparecer no mercado permitindo um acesso mais abrangente as informações coletadas pelo sistema de autodiagnóstico, tais como, informações do status de funcionamento dos diversos sensores, atuadores e unidades eletrônicas disponíveis no veículo [Marin et al. 2017, Tuohy et al. 2015]. Assim como os códigos de falha na linha de comunicação e avarias do sistema eletrônico registrados nas unidades eletrônicas. Com a abstração desses dados e a preocupação com a segurança das pessoas que utilizam veículos todos os dias tornou-se atrativa a criação de um aplicativo que possa informar ao usuário o estado real do seu veículo e a segurança que ele pode lhe proporcionar em relação as suas funcionalidades básicas [Farrugia et al. 2016].

Na literatura existem diversos trabalhos que propõem uma arquitetura que utiliza diversos dispositivos de diagnóstico para abstração das informações com o objetivo de oferecer novos serviços aos veículos. Entretanto, algumas dessas arquiteturas são proprietárias [Arada 2018] não disponibilizando o circuito do sistema de diagnóstico, nem a forma de conexão com o controlador central de serviços (*web service* ou *cloud*). Outros trabalhos [Pereira et al. 2016, Farrugia et al. 2016, Xie et al. 2017a, Amarasinghe et al. 2015] utilizam um dispositivo móvel para realizar a comunicação entre o controlador central de serviços com o dispositivo de diagnóstico, podendo assim aumentar o atraso na comunicação entre os dados capturados pelo dispositivo de diagnóstico com os usuários que estão consumindo serviços que dependem dessas informações.

Diante das limitações encontradas nos dispositivos atuais e com o intuito de oferecer uma tecnologia de baixo custo e de fácil acesso a todos, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um novo dispositivo de diagnóstico capaz de transmitir informações diretamente a central de serviços dando maior agilidade na propagação da informação sobre o veículo. Além disso, o dispositivo também oferecerá comunicação para dispositivos móveis, para que o usuário possa gerenciar o estado do seu veículo, através da leitura da porta OBD do veículo. Também propõe-se o desenvolvimento de um *Web service* bem como um serviço de monitoramento de vans escolares como estudo de caso para verificar o funcionamento do dispositivo desenvolvido. Portanto, a grande contribuição desse trabalho é o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo e acessível a todos para a realização do monitoramento dos sensores veiculares, bem como comunicação com uma base central de serviço, capaz de analisar e processar as informações para uma possível tomada de decisão.

O presente trabalho está estruturado em três seções. A primeira seção 2 apresenta os trabalhos da literatura. A segunda seção 3 propõe a arquitetura focada na abstração das informações veiculares bem como na divulgação dessas informações para o serviço de monitoramento de vans escolares e realiza um estudo de caso considerando o serviço de monitoramento de vans escolares da cidade de Catanduva 4. A terceira seção 5 apresenta a conclusão e os trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Tanto na literatura quanto no mercado [Solutions 2018, Electronics 2018, Arada 2018] existem alguns dispositivos que realizam a leitura dos sensores embarcados no veículo pelo monitoramento das informações que trafegam na rede interna, a rede CAN. Grande parte desses dispositivos utilizam a comunicação *bluetooth*, como é o caso do dispositivo desenvolvido pela ELM327 [Electronics 2018], tal dispositivo se comunica com um celular ou *tablet* por meio de um aplicativo que realiza a codificação dos dados recebidos pelos sensores. Outros dispositivos disponíveis no mercado são os desenvolvidos pela empresa ARADA [Arada 2018], esses dispositivos, além de realizar o escaneamento das informações dos sensores embarcados no veículo, também oferecem todos os módulos de comunicação, ou seja, tanto a comunicação entre os veículos pelo protocolo 802.11p como uma infraestrutura de acostamento utilizando a comunicação LTE e também da wifi 802.11p. Entretanto, esses dispositivos tem um preço relativamente alto e são proprietários, ou seja, os fabricantes não disponibilizam a forma na qual esses dispositivos são implementados. Além disso, também não é disponibilizada a infraestrutura de armazenamento e propagação das informações capturadas pelos sensores.

Na literatura alguns trabalhos utilizam esses dispositivos de diagnósticos para prover novos serviços para os sistemas de transporte inteligente. Como, por exemplo, o trabalho de Pereira e colaboradores [Pereira et al. 2016] que utilizam o OBD para capturar informações do veículo com o objetivo de inferir sobre o consumo de combustível instantâneo de um veículo a partir do comportamento do condutor. Para identificar o comportamento do condutor são obtidos dados do veículo por meio do padrão OBD-II. Os dados fornecidos pelo dispositivo veicular são capturados pelo aplicativo de *smartphone* e convertidos para lógica fuzzy, cujas regras e conjuntos foram desenvolvidos em conjunto com um especialista. Com o conhecimento sobre a forma de consumo, o condutor pode adaptar seus hábitos de direção com o intuito de reduzir o consumo de combustível do seu veículo.

Hilpert e colaboradores [Hilpert et al. 2011] utilizam-se do OBD-II bem como os dados vindos do GPS para calcular a produção de gás carbônico durante a viagem dos veículos nas vias. Para isso, o sistema conta com um dispositivo móvel que recebe as informações do OBD e repassa essas informações para uma central, que realiza o cálculo de produção de gás carbônico. Portanto, o sistema proposto calcula a emissão de CO₂ do veículo com base no consumo de gasolina capturado pelo OBD e na distância percorrida pelo veículo capturado pelo GPS. Essa solução como a anterior utiliza o dispositivo móvel como uma interface entre o leitor de sensores embarcados no veículo com uma central de processamento de informações.

Além da aplicação em carros de passeio, essa estratégia também pode ser utilizada em veículos comerciais de carga e de transporte coletivo. No trabalho de Farrugia e colaboradores [Farrugia et al. 2016] descreve-se o uso do OBD para a abstração do consumo de óleo diesel em veículos pesados. Com as informações do consumo de combustível, os autores verificaram as quantidades de Nox e O₂ emitidas à atmosfera. Essa solução também utilizou um dispositivo móvel para realizar a comunicação com o OBD e processar os dados disponíveis para informar ao usuário as porcentagens de cada gás que o veículo estava emitindo.

Embora esses trabalhos utilizem um dispositivo proprietário para leitura dos sensores, que não permite o desenvolvimento de novos circuitos para auxiliar na comunicação das informações com uma central de serviços, na literatura pode-se encontrar outros trabalhos que focam no desenvolvimento e ampliação desses dispositivos de captação de informações. Como, por exemplo, o trabalho de Xie e colaboradores [Xie et al. 2017b] que desenvolveram um dispositivo para a realização da coleta das informações dos sensores embarcados no carro. Esse dispositivo permitiu a comunicação com o ambiente externo por meio da comunicação wifi. O uso de uma tecnologia wifi não permite propagar a informação a longas distâncias, dificultando assim a transmissão das informações obtidas para uma central de serviços.

Pal e Pal [Pal and Pal 2017] propuseram um dispositivo que realizasse a leitura dos sensores embarcados no veículo bem como a comunicação com o serviço de localização (GPS). Para isso os autores utilizaram plataformas prontas, como o Raspberry Pi, para realizar todo o processamento das informações capturadas. O Raspberry permite que as informações capturadas possam ser transmitidas tanto por uma rede *wireless*, como por uma rede cabeada. Devido a potência de transmissão, esse dispositivo tem uma baixa área de transmissão, dificultando assim uma conexão direta com uma central de serviço.

Diferentemente dos demais trabalhos que utilizam um dispositivo de OBD proprietário, que não provê uma comunicação direta com uma central de serviço (*cloud* ou *datacenters*), o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo capaz de se conectar com um serviço de armazenamento e propagação de informações e que também permita ao usuário acessar em tempo real o estado do seu veículo por meio de um dispositivo móvel. Esse trabalho também propõe o desenvolvimento de uma infraestrutura de armazenamento e disponibilidade de novos serviços que utiliza as informações abstraídas pelos sensores embarcados em um veículo.

3. Uma Nova Infraestrutura para Captação e Comunicação dos Sensores Embarcados no Veículo

Nessa seção apresenta-se o desenvolvimento de uma infraestrutura completa para abstração, armazenamento e processamento das informações dos sensores que estão embarcadas no veículo. Portanto, nesse trabalho propõe-se uma arquitetura denominada INCIOSE -Infraestrutura para captação e COmunicação dos SEnsos embarcados no Veículo, que visa prover serviços e informações para otimizar o transporte e acesso as informações relevantes não só do veículo, mas também do tráfego de veículos nas vias.

Essa arquitetura é composta por 3 componentes básicos: (i) Serviços - responde o processamento das informações abstraídas para o auxílio do sistema de transporte, disponibilizando aplicações para otimização e monitoramento de tráfego, provendo ao usuários informa das condição de trafego, rotas alternativas entre outras informações. (ii) Armazenamento e propagação da informação - responde por armazenar, analisar e propagar as informações dos sensores embarcados no veículo com objetivo de prover informações que serão utilizadas por diversos serviços. (iii) Dispositivos de leitura - corresponde no desenvolvimento de novos dispositivos capazes de realizar a leitura das informações embarcadas no veículo e também permitir a abstração de novas informações. Assim INCIOSE provê uma infraestrutura completa para abstrair, armazenar e disponibilizar informações e serviços voltados não só para os condutores, mas também para todos os cidadãos de uma cidade. A Figura 1 mostra os 3 principais componentes.

3.1. Serviço

O componente de serviço irá prover uma interação com o usuário final, bem como permitir o controle de toda a infraestrutura de captação e processamento das informações. Para isso, esse componente está subdividido em 3 módulos conforme exibe a Figura 2. Para a execução e desenvolvimento desses módulos foram utilizados o conceito *web* e as funcionalidades do HTML 5 para permitir que qualquer dispositivo possa ter acesso aos serviços.

- **Visualização:** responsável em mostrar as principais informações ao usuário e permitir que o usuário interaja com o sistema. Por exemplo, a visualização da localização da van escolar que transporta uma determinada criança.
- **Processamento de requisição e resposta:** responsável por gerenciar as requisições e respostas das interações do usuário com o conjunto de serviços prestados. Por exemplo, a requisição referente a distância e tempo de chegada de uma van escolar



Figura 1. Arquitetura INCIOSE e seu principais componentes

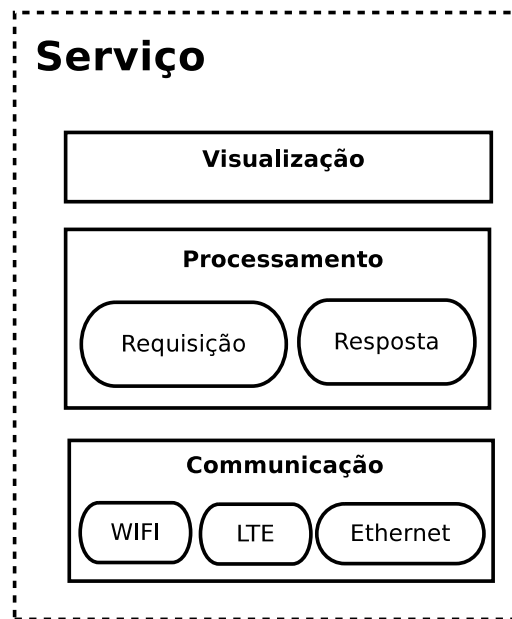


Figura 2. Abstração do componente Serviço

até a escola. Nesse caso o sistema responderá com a localização da van e o tempo de chegada dessa van.

- **Comunicação:** responsável por realizar a comunicação com o componente de armazenamento e propagação das informações para permitir a abstração das informações solicitadas pelo serviço. Esse módulo estabelece uma conexão segura por meio do uso do SSL, ou seja, por um canal criptografado.

Este componente está diretamente ligado ao armazenamento e propagação das informações, sendo que utiliza o conceito do *web service*.

3.2. Armazenamento e Propagação das Informações

O componente de armazenamento e propagação proverá ferramentas de armazenamento das informações oriundas dos sensores. Além disso, proverá uma contextualização e processamento dessas informações, tais como, consumo de gasolina, percurso percorrido, quantidade de veículos, localização, entre outros, como pode ser observado na Figura 3. Esse componente também realiza a disseminação dessas informações para diversos serviços que os usuários estejam executando. Portanto, esse componente pode ser dividido em 3 principais funcionalidades:

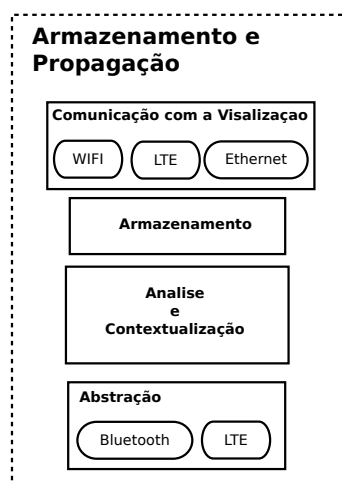


Figura 3. Abstração do componente de Armazenamento e Processamento das Informações

- **Armazenamento:** que irá armazenar as informações enviadas pelo dispositivo leitor dos sensores embarcados no veículo. Para isso, foi utilizado um banco de dados relacional, o Mysql, para o armazenamento das informações de GPS, trajetória, consumo de combustível entre outros.
- **Processamento:** realiza a junção de várias informações para a realização da contextualização, bem como da análise das condições das vias. Por exemplo, para estimar a chegada da van até a escola, é preciso utilizar a posição geográfica da van e da escola, a velocidade média da van e a condição do tráfego das ruas que fazem parte da rota. Assim, com essas informações é possível estimar o tempo que uma van chegará ao seu destino.
- **Abstração:** responsável por se comunicar com o dispositivo de leitura para a captação das informações.

3.3. Dispositivo de Leitura

Para a abstração das informações do veículo propõe-se um novo dispositivo denominado DIPLO - DIPOSITIVO Leitura ObD, responsável por permitir que o componente de armazenamento e propagação receba as informações capturadas de forma direta sem nenhum dispositivo intermediário. Para isso, DIPLO possui mecanismo para comunicação com a rede celular, bem como comunicação de curto alcance, por meio do *bluetooth* para permitir que o usuário também acompanhe o estado de seu veículo, como apresentado na Figura 4.

Alem disso, o DIPLO também possui o MCP2551 que realizará a conversão do sinal diferencial da rede CAN para um sinal de nível lógico digital e o inverso. O MCP2551 é um transmissor e receptor diferencial do protocolo CAN que conta com tolerância à falhas de operação. Este dispositivo vincula e faz interface entre o controlador do protocolo CAN e o barramento de dados. Ele possui tensão de operação entre 4,5V à 5,5V, velocidade de até 1 Mbs, além de enquadrar-se dentro da norma ISO-11898.

Outro componente é o MCP2515, que realiza e modula o sinal de acordo com o controle dos mecanismos de protocolo, máscaras, filtros, transmissões e recebimento de *buffers*. Também é responsável pelos registros que são usados para configurar um dispositivo em sua operação. O MCP2515 é um controlador de rede CAN (*Controller Area Network*) de 8 bits da *Microchip Technology* que possui especificação para operar na versão 2.0 B do protocolo. Sua tensão de funcionamento é de 2,7V à 5,5V em velocidades que podem chegar à 1 Mb/s.

Além do transceptor e do controlador de rede, também foi utilizado um microcontrolador da empresa Microchip modelo ATmega 328P. Trata-se de uma família de microcontroladores de 8 bits CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor* - semicondutor de metal-óxido complementar) baseado na arquitetura AVR lançada inicialmente pela ATMEL, ele possui 32 KB de memória flash para armazenar código, além de 2 KB de SRAM e 1 KB de EEPROM (Atmel, 2016). Este microcontrolador possui alcance de 1 MIPS/MHz (1 Milhão de Instruções por Segundo por Mega Hertz) com 32 K de memória Flash. Sua tensão de operação é de 1,8V à 5,5V e conta com 23 entradas e saídas programáveis individualmente.

Também foi utilizado o Regulador de Tensão 7805, que é um CI (Circuito Integrado) capaz de regular a tensão de saída. Pode receber de 7V à 20V e fornece uma tensão estável de 5V e no máximo 1 A de corrente.

4. Caso de Uso

Como prova de conceito da infraestrutura foi desenvolvido protótipo de um serviço de monitoramento para van escolar na cidade de Catanduva. Esse sistema permite a leitura dos sensores embarcados na van e realiza o processamento dessas informações, ou seja, usa as informações de velocidade média do veículo e localização para estimar o tempo de chegada da van na escola ou na casa da criança. Para isso, primeiramente, foi desenvolvido o dispositivo de leitor dos sensores embarcados no veículo. O protótipo inicial do DIPLO segue o padrão dos dispositivos comerciais, ou seja, foi criado um circuito elétrico no qual utiliza-se do *bluetooth* para fazer a comunicação com o dispositivo móvel

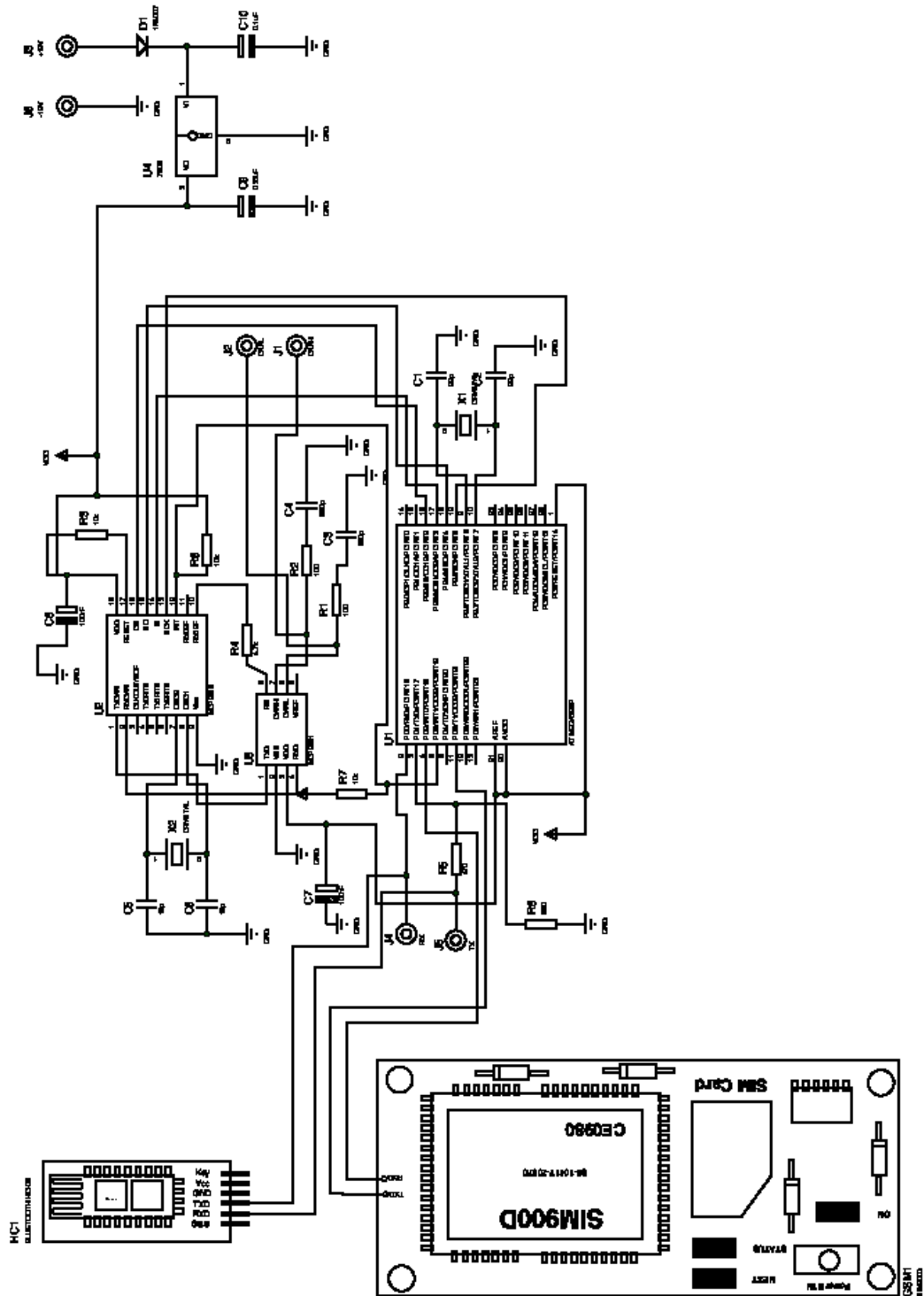


Figura 4. Circuito Elétrico do DIPLO

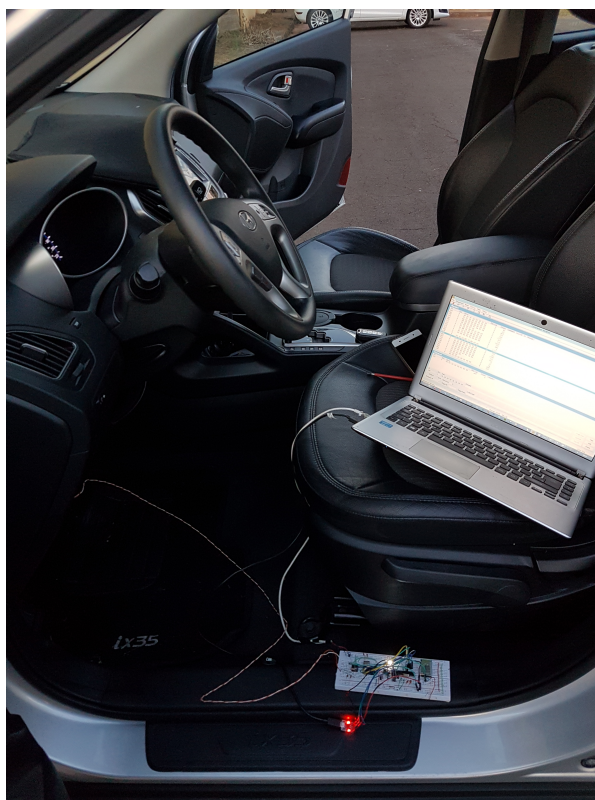


Figura 5. Circuito Elétrico Inicial do DIPLO no *protoboard*

bem como uma porta USB para verificar as informações abstraídas dos sensores, como apresentado na Figura 5

Esse protótipo inicial foi desenvolvido no *protoboard* e posteriormente foi realizado a impressão do circuito para a verificação do funcionamento (Figure 6). Posteriormente, foram adicionados o circuito do GPS e da interface de comunicação com o celular.

A partir do desenvolvimento de um *hardware* protótipo para testes, foi implementado toda a lógica do protocolo de rede CAN em um algoritmo para tratar o fluxo dos sinais de dados da rede. Permitindo assim a demodulação do sinal para obtenção de informações das unidades eletrônicas do carro na qual estão conectadas a rede CAN.

A partir desses dados coletados foi possível realizar testes com o dispositivo proposto conectado ao veículo. Para esses testes foi utilizado um veículo fabricado pela Hyundai, modelo IX35 (ano 2013; modelo 2014). O veículo percorreu um circuito pré-determinado utilizando as vias duplas da Avenida Theodoro Rosa Filho, localizada na cidade de Catanduva-SP. Essa avenida possui um limite de velocidade máxima de 60 km/h. Durante os testes a velocidade do veículo foi variada entre 40, 50 e 60 km/h, com a marcha fixa para coletar dados correlacionados e possibilitar a verificação dos mesmos.

Ao atingir a velocidade desejada do veículo, ela foi mantida constante porque trata-se de um dos parâmetros fundamentais para o estudo de caso proposto. A Figura 7

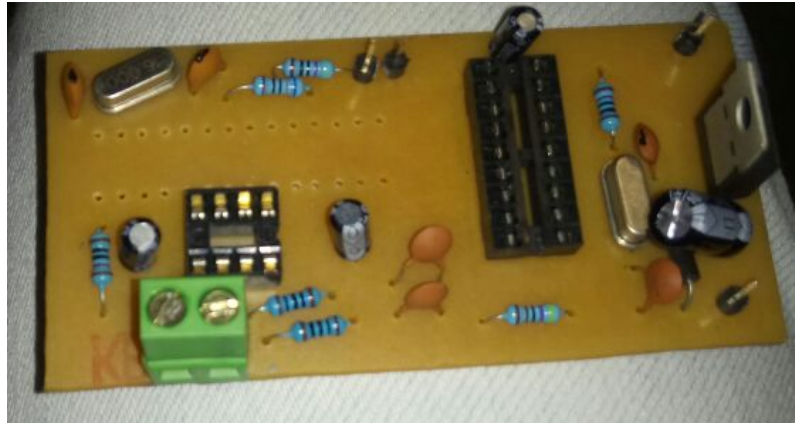


Figura 6. Circuito Elétrico inicial impressa do DIPO no protoboard

descreve o conjunto dos dados coletados.

ID	DLC	Data	Period	Count	Comment
0A0	8	7B 81 5C 18 24 2A 04 00 0		557	
0A1	8	80 81 00 00 30 00 00 00 0		458	
18F	8	FA 46 00 00 00 6E 00 20 0		13218	
260	8	0B 39 42 30 01 96 B7 77 0		5491	
2A0	8	48 00 8B 1C 67 28 C6 03 0		4206	
2B0	5	0B 00 02 07 C2	0	18365	
316	8	05 39 70 17 39 15 24 6B 0		19743	
329	8	DD B7 78 10 11 2F 1D 14 0		4321	
350	8	11 10 D3 94 94 00 00 D2 0		19670	
370	8	00 20 40 00 00 00 00 00 0		4531	
382	8	00 00 00 00 00 00 00 4C 0		2321	
43F	8	44 45 60 FF 74 1E 16 00 0		3999	
440	8	FF 04 23 00 FF 1F 16 7F 0		5531	
4B1	8	E5 B0 6D F0 00 00 00 F2 0		9285	
4F0	8	00 00 00 00 00 EA 6B 08 0		9696	
545	8	B8 00 00 8C 00 00 00 00 0		15253	
580	8	00 00 1F 11 12 20 01 12 0		5531	
59B	8	00 05 00 00 00 00 00 FC 0		2039	
5A0	8	00 00 00 00 00 00 00 00 0		101	
5A1	8	50 36 52 37 47 41 28 86 0		209	
5A2	4	09 00 00 00	0	187	
5E4	3	00 00 00	0	2239	
690	8	00 00 00 00 00 00 00 00 0		2077	

Figura 7. Dados coletados em testes com veículo em velocidade de 40km/h.

Esses resultados são referentes a verificação dos dados coletados utilizando como base a velocidade coletada, a qual foi mantida constante em 40 km/h. O valor hexadecimal "24" que está grifado em amarelo representa a velocidade do veículo no instante do arquivamento dos dados. A velocidade pode ser identificada devido a conversão de base hexadecimal para decimal, retornando o valor exato da velocidade do veículo no momento da aquisição dos dados.

Tabela 1. Verificação da Captura da Informação considerando a Velocidade do Veículo

Velocímetro	40 Km/h	50 Km/h	60 Km/h
DIPLO	36 km/h	47 Km/h	57 Km/h

A velocidade foi variada em 40, 50 e 60 km/h e ao atingir a velocidade desejada a mesma ficou constante, sendo que a diferença entre o valor obtido e o valor apresentado no velocímetro do veículo foi de aproximadamente 0,08% , como pode ser observado na Tabela 1.

Após o desenvolvimento e testes do leitor dos sensores embarcados no veículo foi desenvolvida a central de serviços. Essa central é baseada em *web service*, sendo utilizada a técnica de RESTful e o banco de dados MySQL, que permitiu o armazenamento das informações pessoais do condutor da van como, por exemplo, o nome do condutor, o número da carteira de habilitação, a placa do veículo, o horário do início da jornada e o horário do fim da jornada. Também foram armazenadas informações do veículo como, por exemplo, o consumo de combustível, os quilômetros percorridos, a localização, entre outras informações capturada pelo DIPLO. A localização foi atualizada a cada 20 segundo, pois essa informação será utilizada posteriormente para geração de um mapa de mobilidade da cidade de Catanduva, bem como a modelagem dessa mobilidade. A incorporação da velocidade e localização permitirá a criação de um novo serviço de monitoramento de vans escolares para que os pais e escolas possam acompanhar a rota da van, bem como tentar otimizar essa rota.

Para isso foi adicionado o módulo do *google maps* ao *web service* que permitirá visualizar a localização da van no mapa por meio de sua longitude e latitude. Para que a escola ou o pai do aluno possa ter acesso a esse serviço, inicialmente foi desenvolvido uma aplicação *web* que permite ao pai verificar a posição da van, a possível rota da van e o tempo estimado que a van levará da casa dele ou até a escola.

A interação entre os pais dos alunos, escola e sistema, inicialmente se dá por meio de um cliente *web* que permite ao pai e a escola ver o trajeto da van, a sua localização e o tempo estimado da chegada da van, considerando a velocidade do veículo, sua rota e sua localização. Figura 8 mostra um teste desse serviço.

5. Conclusão

No presente trabalho, foi desenvolvida uma nova infraestrutura completa para abstração, armazenamento e processamento das informações dos sensores que estão embarcadas no veículo, denominada INCIOSE. INCIOSE possui uma arquitetura que tem como objetivo prover serviços e informações para otimizar o transporte e acesso as informações relevantes não só do veículo, mas também do tráfego veicular nas vias. Além disso, também foi desenvolvido um novo dispositivo para leitura dos sensores embarcados no veículo, denominado DIPLO, com o objetivo de propagar informação não só para um dispositivo móvel do usuário, mas também para estabelecer uma comunicação direta com uma central de controle, diminuindo o tempo de disseminação da informação entre leitor e central.

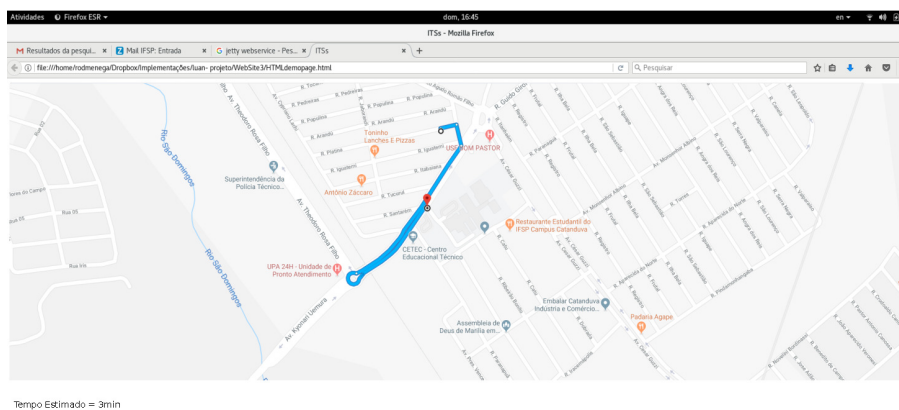


Figura 8. Tela do sistema de monitoramento de vans

Portanto, agilizando o processamento e a propagação dessas informações para diferentes serviços.

Como trabalho futuro, pretende-se aperfeiçoar o dispositivo de leitura, buscando minimizar o circuito eletrônico, além de realizar uma análise qualitativa e quantitativa com relação ao tempo de comunicação entre o dispositivo de leitura e a central de serviço, bem como entre o usuário e os tempos de resposta do serviço. Além disso, pretende-se desenvolver novos serviços com os dados coletados.

Agradecimentos

Rodolfo I. Meneguette e agradece a CNPq (processos 150545/2018-5) por financiarem seus projetos de pesquisas.

Referências

- Amarasinghe, M., Kottegoda, S., Arachchi, A. L., Muramudalige, S., Bandara, H. M. N. D., and Azeez, A. (2015). Cloud-based driver monitoring and vehicle diagnostic with obd2 telematics. In *2015 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)*, pages 505–510.
- Arada (2018). Arada system. Acessado em Jan, 2018, <http://www.aradasystems.com/>.
- Charette, R. N. (2009). This car runs on code. *IEEE spectrum*, 46(3):3.
- Electronics, E. (2018). Elm327 v2.2. Acessado em Jan, 2018, <https://www.elmelectronics.com/products/ics/obd/>.
- Euronews (2017). Euronews. Acessado em Out, 2017, <http://pt.euronews.com/2013/09/18/carros-autonomos-em-2020>.
- Farrugia, M., Azzopardi, J. P., Xuereb, E., Caruana, C., and Farrugia, M. (2016). The usefulness of diesel vehicle onboard diagnostics (obd) information. In *2016 17th International Conference on Mechatronics - Mechatronika (ME)*, pages 1–5.

- Farsi, M., Ratcliff, K., and Barbosa, M. (1999). An overview of controller area network. *Computing & Control Engineering Journal*, 10(3):113–120.
- Hilpert, H., Thoroe, L., and Schumann, M. (2011). Real-time data collection for product carbon footprints in transportation processes based on obd2 and smartphones. In *2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences*, pages 1–10.
- Li, F., Zhang, H., Che, H., and Qiu, X. (2016). Dangerous driving behavior detection using smartphone sensors. In *2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pages 1902–1907.
- Machado, A. S. L. and Oliveira, B. R. R. (2007). O sistema obd (on-board diagnosis).
- Marin, M. E., Maricarau, M., Constantinescu, F., and Gheorghe, A. G. (2017). Hardware and software approach for teaching automotive networks. In *2017 Electric Vehicles International Conference (EV)*, pages 1–4.
- Meneguette, R. I. (2016). A vehicular cloud-based framework for the intelligent transport management of big cities. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(5):8198597.
- Meneguette, R. I. and Boukerche, A. (2017). Servites: An efficient search and allocation resource protocol based on v2v communication for vehicular cloud. *Computer Networks*, 123:104 – 118.
- of Automotive Engineers, S. (1997). *SAE Fatigue design handbook: AE-22*. Society of Automotive Engineers.
- Pal, A. and Pal, M. (2017). Iot for vehicle simulation system. *International Journal of Engineering Science*, 4393.
- Pereira, A., Alves, M., and Macedo, H. (2016). Vehicle driving analysis in regards to fuel consumption using fuzzy logic and obd-ii devices. In *2016 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS)*, pages 1–4.
- Solutions, O. (2018). Obd. Acessado em Jan, 2018, <http://www.obdsol.com/solutions/development-tools/development-board/>.
- Tuohy, S., Glavin, M., Hughes, C., Jones, E., Trivedi, M., and Kilmartin, L. (2015). Intra-vehicle networks: A review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(2):534–545.
- Xie, Y., Su, X., He, Y., Chen, X., Cai, G., Xu, B., and Ye, W. (2017a). Stm32-based vehicle data acquisition system for internet-of-vehicles. In *Computer and Information Science (ICIS), 2017 IEEE/ACIS 16th International Conference on*, pages 895–898. IEEE.
- Xie, Y., Su, X., He, Y., Chen, X., Cai, G., Xu, B., and Ye, W. (2017b). Stm32-based vehicle data acquisition system for internet-of-vehicles. In *2017 IEEE/ACIS 16th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, pages 895–898.
- Zhang, M., Chen, C., Wo, T., Xie, T., Bhuiyan, M. Z. A., and Lin, X. (2017). Safedrive: Online driving anomaly detection from large-scale vehicle data. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(4):2087–2096.