

A INTERNET DAS COISAS APLICADA AO SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE

THE INTERNET OF THINGS APLIED TO THE INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM

GUSTAVO VALENTIM REJANI^{1*}, GUILHERME AMERICO²

1. Acadêmico do curso de graduação do Curso Especialização Em Engenharia De Infraestrutura De Rodovias da Universidade FEITEP; 2. Professor Mestre da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional.

*Gustavo Valentim Rejani, Rua Martim Afonso, 1168, Bigorrihlo, Curitiba, PR, Brasil. CEP 80730-030. gustavorejani@hotmail.com

Recebido em 22/09/2022. Aceito para publicação em 22/09/2022

RESUMO

O avanço da computação da nuvem, e da Internet das Coisas, permitiu que houvesse um grande avanço na resolução de problemas advindos do aumento do fluxo de transporte rodoviário. Enquanto muitos ainda pensam que para melhorar o sistema viário é necessário construir novas e maiores vias, na verdade o futuro está também em utilizar Sistemas Inteligentes de Transportes, do inglês “*Intelligent Transport System*” (ITS). Essa tecnologia possibilita que elementos como vias, veículos, letreiros, semáforos, etc. se tornem inteligentes com a utilização de sensores, câmeras, chips, entre outros. Essas tecnologias possibilitam a comunicação sem fio entre esses elementos e centrais de comando. Em grandes polos, o uso de ITS é praticamente obrigatório, e trouxe melhorias significativas, incluindo a redução de congestionamento, melhoria na segurança e praticidade para o usuário. A internet das coisas faz com que “Smart Gadgets” sejam o pilar do desenvolvimento de um trânsito mais inteligente.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas inteligentes de Transportes; ITS; Internet das Coisas; Transporte Rodoviário; Tecnologias.

ABSTRACT

The advancement of cloud computing, and the Internet of Things, allowed a great advance in solving problems caused by the increase of the flow of road transport. While many still think that to improve the road system it is necessary to build new and larger roads, in fact the future is also in using Intelligent Transport Systems (ITS). This technology allows elements such as roads, vehicles, signs, traffic lights, etc. become intelligent with the use of sensors, cameras, chips, among others. These technologies enable wireless communication between these elements and command centers. In large cities, the use of ITS is practically mandatory, and has brought significant improvements, including reduced congestion, improved safety and user convenience. The internet of things makes “Smart Gadgets” a cornerstone of developing smarter traffic.

KEYWORDS: Intelligent Transport System; ITS; Internet of Things; Road Transport; Technologies.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de Transporte

Público (2012)¹, os Sistemas de Transportes inteligentes (ITS, de *Intelligent Transport Systems*) consistem na aplicação de um conjunto de tecnologias em constante evolução a problemas comuns do transporte coletivo, como a falta de informação, planejamento, os congestionamentos e as contingências. O ITS compreende os centros de controle multimodal e operações, os sistemas avançados de sinalização do trânsito, os sistemas de monitoramento e fiscalização remotos (câmeras, sensores, sondas, software), o gerenciamento de estacionamento, o gerenciamento de incidentes de tráfego, respostas de emergência, pagamento eletrônico, precificação dinâmica e informações do usuário em tempo real.

Apesar da importância acerca da implantação do ITS, há uma escassez de estudos acadêmicos, normativas e leis no território nacional sobre os sistemas e serviços inteligentes de transportes. O Brasil não dispõe hoje de uma legislação que trate da implementação de sistemas e serviços inteligentes de transportes nas cidades, em nenhuma das modalidades de transporte.

Segundo Néspoli (2012)², o processo de urbanização brasileira e a formação de grandes complexos urbanos introduzem crescente complexidade para o planejamento, gestão e operação da mobilidade urbana. O atendimento das expectativas de qualidade, segurança e conforto para os deslocamentos das pessoas, a busca de resultados econômicos e sociais compatíveis com as necessidades de sustentabilidade para o setor de transporte público, preocupações consolidadas pela recente publicação da Lei 12.587, que cria a Política Nacional de Mobilidade Urbana, colocam exigências que só poderão ser respondidas pelo incremento de tecnologia e de inteligência.

De acordo com Ashokkumar (2015)³, veículos modernos, cada vez mais aparecem ao mundo com mais sensores e dispositivos de comunicação, tais como GPS, computadores e dispositivos móveis. Assim sendo, possuem grande poder de processamento, sensoriamento, conexão e principalmente de comunicação com outros veículos ou trocar dados com ambientes externos, seguindo diversos protocolos.

Ashokkumar (2015)³ ainda diz que os avanços da computação na nuvem, bem como a difusão da Internet

das Coisas, providenciaram uma mudança benéfica nos problemas relacionados ao transporte, como diminuição significativa de tráfego e congestionamento. Ao longo deste artigo, serão demonstradas algumas delas.

Segundo Bigelow (2021)⁴, a Internet das coisas é uma rede de dispositivos que são utilizados para juntar e trocar informações do mundo real através da rede de internet ou de outros tipos de rede. Um exemplo a se citar em relação a transportes é a implantação de sensores para monitorar as condições da estrada e do tráfego, ajustando o controle de tráfego dinamicamente para direcionar e otimizar o tráfego com base nas situações predominantes. Cada dispositivo IoT recebe um endereço IP exclusivo e um identificador exclusivo. O dispositivo passa seus dados para a rede usando uma interface de rede sem fio, como Wi-Fi, ou uma rede celular, como 4G ou 5G. Como acontece com qualquer dispositivo de rede, os pacotes de dados são marcados com um endereço IP de destino onde os dados devem ser roteados e entregues. Essa troca de dados de rede é idêntica à troca diária de dados de rede entre computadores comuns. O destino para esses dados brutos do sensor geralmente é uma interface intermediária, como um hub IoT ou gateway IoT. O gateway IoT geralmente serve para coletar e agrupar os dados brutos do sensor, muitas vezes aplicando tarefas iniciais de pré-processamento, como normalização e filtragem, aos dados IoT.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente artigo apresenta diretrizes voltadas para a área de aplicação da internet das coisas voltadas para o sistema inteligente de transporte. Para isso, observou-se bases bibliográficas, legislativas e normativas, não anteriores a onze anos desde sua publicação, a fim de ordenar possibilidades para um uso integrado e inteligente do sistema de transportes rodoviários.

A revisão bibliográfica foi realizada utilizando as seguintes plataformas de pesquisa: Google Acadêmico, Elsevier e Scielo. Tendo como pergunta norteadora as palavras chaves: Sistema Inteligente de Transporte, Internet das coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), *Intelligent Transportation System*. No qual fizeram que essa pesquisa fosse desenvolvida.

3. DESENVOLVIMENTO

Batista (2013)⁵, afirma que desenvolvimentos recentes na TI têm proporcionado grandes avanços no gerenciamento dos sistemas de transportes. Algumas tecnologias podem nos ajudar na operação do transporte público e os sistemas geram informações úteis para o planejamento e operação dos sistemas de transporte. O uso de Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) tem se mostrado crescente no mundo. No Brasil a discussão sobre o tema permanece em ritmo lento de evolução, com a quase inexistência de publicações e elaboração de normas capazes de apoiar a criação de uma arquitetura nacional de ITS. No entanto, percebe-se um crescente interesse, por parte dos órgãos gestores em implementar sistemas automatizados para auxiliar na melhoria da

qualidade dos sistemas de transportes e como forma de aumentar a produtividade do setor.

Segundo Priya, Srihari e Kalimuth (2021)⁶ os Sistemas e Serviços Inteligentes de Transporte são o estado da arte da utilização dentro dos Sistemas de Transporte e dentro da utilização da Internet das Coisas (IoT4, na sigla em inglês) por oferecer diversos serviços inovativos para pessoas e para os mais diversos tipos de transporte, integrando diversas ferramentas através da internet para ajudar os usuários a estarem mais seguros, mais bem informados, e utilizando de melhor forma a rede de transporte. Os Sistemas Inteligentes de Transportes incluem uma variedade de novas tecnologias e aplicações para veículos e o sistema de tráfego. O foco principal destes sistemas é controlar o veículo e aumentar a segurança. Essas tecnologias providenciam informações ao usuário sobre as condições de tráfego e ajuda-os a tomar a decisão correta.

ARQUITETURA DO ITS

A arquitetura do ITS tem basicamente três domínios, o intraveicular, o V2X e o domínio da infraestrutura.

Segundo Höller (2014)⁷, o domínio intraveicular, consiste em um veículo com unidades de controle eletrônica (ECU, de *Electronic Control Unit*), unidades sem fio (OBU, de *wireless-enabled on-board units*), módulos de plataforma confiáveis (TPM, de *Trusted Platform Module*), e unidades de aplicação (AU, de *Application Unit*).

Höller (2014)⁷ ainda diz que a unidade de controle eletrônica (ECU) coleta dados a respeito da dinâmica do veículo tais como velocidade, localização, tamanho do veículo, condições aos arredores do veículo etc. As ECU's trocam dados com OBU e AU, formando assim uma conexão intraveicular. As AU's são responsáveis por executar aplicativos, os quais são disponibilizados por prestadores de serviços (SPs, de *Service Providers*), e se comunicam com ITS próximos, dados esses que serão recebidos devido a capacidade das OBU's. A informação coletada pela OBU's dos veículos, são trocadas em tempo real com ITS próximos, usando tecnologias (V2X), incluindo "*vehicle-to-vehicle communication*" (V2V), "*vehicle-to-infrastructure*" (V2I) e "*vehicle-to-pedestrian*" (V2P). O autor ainda afirma que o domínio V2X consiste basicamente nas OBU's dos veículos e nas Unidades no Leito da Pista (RSU, do inglês *Road Side Units*).

O domínio da infraestrutura inclui "*trusted third parties*" (TTP), que engloba as próprias fabricantes dos veículos, os provedores de serviços (PS) e as autoridades regulamentadoras. Os provedores de serviço disponibilizam as informações para as AUs dos veículos, as quais são responsáveis por fazer updates, baixar dados importantes, entre outros.

APLICAÇÕES DO ITS

Singh e Gupta (2015)⁸ descrevem ITS como um sistema integrado que implementa uma gama de tecnologias de controle, comunicação, sensoriamento de

veículos e eletrônica para auxiliar o monitoramento e gestão de fluxo de tráfego. Argumentam, ainda, que sistemas assim reduzem congestionamentos, geram rotas ótimas para condutores, aumentam a produtividade do sistema e salvam vidas, tempo e dinheiro.

A utilização de ITS, prioriza melhorar o uso dos veículos, a segurança e conforto dos usuários e otimizar a utilização de transporte público.

Néspoli (2012)² categoriza as aplicações do ITS em quatro grupos, são eles: Entretenimento e Conforto, Sensoriamento Urbano, Eficiência de Tráfego, e por fim Segurança.

APLICAÇÃO EM SEGURANÇA

Essa aplicação utiliza a comunicação V2X, e seu objetivo é avisar o condutor sobre a possibilidades de colisões eminentes com outro veículo ou com algum obstáculo à frente. Para isso esse ITS envia periodicamente mensagens para notificar sobre o alertas de perigo na pista, colisões eminentes, acidentes e obras à frente. A latência representa um dos critérios mais importantes para a segurança viária, que tipicamente não deve exceder cem milissegundos³.

EFICIÊNCIA DE TRÁFEGO

Representa a segunda maior classe das aplicações de ITS, seu principal objetivo é incrementar e gerenciar a coordenação do fluxo de tráfego e prover sistemas de navegação cooperativos para os usuários³.

Essa aplicação se baseia na coleta e análise das informações trocadas com outros ITS, com o intuito de construir e manter arquivos de mapas com informações acerca do tráfego. Essas informações são geralmente coletadas por sensores no leito da pista, que então transmitem para centros de operações para análise e processamento².

ENTRETENIMENTO E CONFORTO

Seu principal objetivo é tornar a viagem mais confortável para os usuários. Informações sobre tráfego nas vias são sensoreadas pelos veículos através de sensores instalados em rodovias ou semáforos, pontos de acesso ou por dispositivos móveis de passageiros e pedestres. Os serviços que essa aplicação disponibiliza normalmente são baixados e instalados nos veículos.

Aplicações para entretenimento e conforto necessitam de duas formas de conectividade, são elas: conectividade de internet e conectividade peer-to-peer (P2P)².

Alguns exemplos de aplicações são:

- Serviços de notificação: Consistem em fornecer informações aos assinantes de serviços.
- Serviços ao usuário: Consiste em fornecer informações sobre o mapa da cidade ou percurso a ser realizado para o motorista.
- Monitoramento do Veículo: Permite que montadoras ou outras empresas monitorem o funcionamento do veículo remotamente.
- Estacionamento automático: Permite obter informações de vagas livres, pagamentos

automáticos e agendamento de vagas.

- Serviço de Jogos ou Chat: Serviços de entretenimento entre usuários de um mesmo veículo ou de veículos diferentes.

SENSORIAMENTO URBANO

O objetivo dessa aplicação é extrair dos dados de sensores veiculares, informações sobre o contexto no qual medidas foram feitas².

Os veículos mais modernos, possuem uma imensa quantidade de sensores que refletem tanto o que acontece em seus sistemas internos, quando o que acontece ao seu redor. Uma vez que seja possível observar a influência do ambiente nas leituras dos sensores, a agregação dos dados de múltiplos veículos possibilita o sensoriamento de grandes áreas³.

DIREÇÃO AUTÔNOMA

Também conhecida como condução automatizada, os aplicativos representam o próximo grande salto em tecnologias de transporte humano, que é esperado estar totalmente funcional até 2030. Esta nova tecnologia irá contar com a automação do sensor do veículo e funções de condução, com base em seis níveis de automação, onde o motorista humano se torna um passageiro e não é mais necessário (ou seja, totalmente automatizado). Futuros carros autônomos devem integrar diferentes tecnologias, incluindo: (i) sensores ultrassônicos para detectar a presença de obstáculos; (ii) radares para criar um Campo de visão de 360 graus para evitar acidentes; (iii) câmeras de alta definição para detectar a estrada perigos em tempo real, como pedestres e animais; (iv) Satélite Global de Navegação Receptores do sistema para fornecer uma alta precisão da posição para o carro; e (v) tecnologias de comunicação V2X para permitir que o carro se comunique com os veículos ao redor, infraestruturas rodoviárias, provedores de serviços remotos e terceiros confiáveis. Para além das aplicações anteriormente descritas, a tecnologia de condução autônoma trará um vasto leque de novos benefícios, tais quais o aumento da capacidade viária, de estacionamento, redução de congestionamentos, roubos de automóveis, acidentes e colisões. Para liberar o enorme potencial dos aplicativos ITS emergentes mencionados acima, a comunicação do ITS deve fornecer comunicações V2X eficientes, seguras e de baixa latência. De fato, as aplicações de segurança requerem a transmissão periódica de mensagens de segurança (ou beacons) para detectar e/ou prevenir o risco de colisão entre dois ou mais veículos ou para localizar perigos ao longo da estrada. No entanto, como essa troca de mensagens depende muito de comunicações sem fio, diversas ameaças e ataques podem afetar seu funcionamento e, assim, levar a acidentes⁹.

REDE SEM FIO

Semelhante à tecnologia comumente usada para acesso à Internet, as redes sem fio permitem comunicações rápidas entre veículos e à beira da estrada,

mas possuem um alcance de apenas algumas centenas de metros. No entanto, este intervalo pode ser prorrogado por cada veículo sucessivo ou radar à beira da estrada passando informações para o próximo veículo ou radar. A Coreia do Sul está cada vez mais usando WiBro, baseado em tecnologias WiMAX (a qual especifica uma interface sem fio para redes metropolitanas seu objetivo é promover a compatibilidade e interoperabilidade entre comunicação), como as comunicações sem fio infraestrutura para transmitir tráfego e informações de trânsito em todo o seu transporte rede⁹.

TELEFONIA MÓVEL

De acordo com Igor Malygin (2018)¹⁰, os aplicativos ITS podem transmitir informações sobre padrão de terceira, quarta ou quinta geração (3G, 4G ou 5G) de redes de telefonia móvel. Vantagens de redes móveis incluem ampla disponibilidade em cidades e nas principais estradas. No entanto, capacidade de rede adicional pode ser necessária se veículos estão equipados com esta tecnologia, e os operadores de rede podem precisar de cobrir estes custos. A telefonia móvel pode não ser adequada para algumas aplicações de ITS de segurança crítica, uma vez que pode ser muito lento.

VEÍCULO DE TESTE

De acordo com a Federal Highway Administration (2022)¹¹, as técnicas do veículo de teste são projetadas principalmente para coletar dados em tempo real. Sua aplicação principal é para a coleta de dados de tempo de viagem, como monitoramento de operações de tráfego, detecção de incidentes e aplicativos de orientação de rota. Geralmente são utilizados veículos como táxis ou veículos governamentais equipados com tecnologias wireless para realizar medições dos dados. Mas recentemente, estão sendo utilizados dados de celulares que os motoristas utilizam como um mecanismo de gerar dados em tempo real acerca do tráfego, utilizando-se da localização do próprio dispositivo.

4. DISCUSSÃO

De acordo com o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (2020)¹², a crescente concentração populacional nos centros urbanos recentemente, causou um crescimento do número de veículos circulando, o que provocou diversos problemas relacionados à mobilidade, dentre eles, a velocidade média dos veículos nas cidades diminuiu consideravelmente a cada ano, devido aos congestionamentos. Este problema tem provocado outros impactos negativos tais como a demora nos atendimentos de emergência, podendo aumentar a incidência de óbitos; o maior tempo no trânsito gera prejuízos à economia, aumentando custos e reduzindo a produtividade, uma vez que funcionários demoram mais para chegar ao trabalho e cargas são entregues com atraso; redução da qualidade de vida urbana, pois as pessoas terão menos tempo para lazer e família, gerando estresse e aumento de doenças correlatas; crescente degradação ambiental (devido ao

aumento do consumo de combustíveis tradicionais fósseis e, conseqüentemente, da poluição, causada pela emissão de gases dos veículos). Além disso, a maior quantidade de veículos e de pessoas circulando nas ruas sem que haja o adequado planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana, pode aumentar a probabilidade de acidentes de trânsito, que, por sua vez, podem provocar um crescimento na taxa de óbitos e de feridos.

Com isso posto em perspectiva, é de fundamental importância a abrangência dos Sistemas Inteligentes de transporte, visto que eles auxiliam no controle e otimização do trânsito.

Os sistemas inteligentes de transporte têm sido uma área de pesquisa globalmente ativa nos últimos anos. No entanto, ainda existem desafios a serem superados antes da adesão no mercado em massa e implantação da tecnologia de comunicação V2X. Os esquemas de segurança existentes são baseados em despesas criptográficas caras e não são capazes de lidar eficientemente com uma grande quantidade de mensagens seguras, sem afetar a latência crítica do sistema e, portanto, a segurança dos aplicativos ITS. Há, portanto, a necessidade de novas estruturas de segurança de ITS que possam adaptar dinamicamente os recursos de segurança em tempo de execução, com base em mudanças de contexto e/ou com base na qualidade de serviços necessária (por exemplo, latência máxima de ponta a ponta, taxas de entrega de pacotes, etc). Essas estruturas de segurança podem melhorar a escalabilidade e a segurança dos sistemas ITS ao custo de menores despesas gerais de segurança. Outra maneira de obter uma aceleração importante no manuseio de comunicações V2X seguras é delegar todas as operações criptográficas a módulos de segurança de hardware dedicados (HSM) ou módulos de plataforma confiáveis (TPM). Espera-se que as OBU dos veículos sejam equipadas com tais módulos de hardware, como coprocessadores de segurança. O uso de frequências de CPU mais altas pode permitir a manipulação de um número maior de operações criptográficas, como verificações de assinatura ECDSA. No entanto, o ganho de segurança de tal abordagem ainda não está claro, e mais investigações experimentais são necessárias para melhor quantificar os benefícios de tais soluções. Em segundo lugar, a transmissão ideal de mensagens de segurança de ITS seguras (ou mensagens de conscientização cooperativa) continua a representar um importante desafio de pesquisa. De fato, a maior parte das aplicações de segurança para as vias dependem dessas balizas para construir mapas locais sobre os veículos circundantes, a fim de permitir a detecção atempada de colisões e/ou estradas acidentadas. Finalmente, as questões de segurança, proteção são geralmente considerados como aspectos separados de ITS sistemas

5. CONCLUSÃO

Os sistemas de transporte inteligentes (ITS) são atualmente considerados como a principal tecnologia emergente para melhorar a segurança rodoviária, a

eficiência do tráfego e experiência de direção. Mesmo que pesquisas sobre ITS tenham começado significativamente mais de um década atrás, ainda há pesquisas em aberto e desafios que precisam ser abordados para atingir a penetração em massa no mercado e implantação de tais tecnologia. Nesse contexto, este artigo revisou os atuais desafios e oportunidades de pesquisa relacionados ao desenvolvimento de ITS. Após uma visão detalhada da Arquitetura, requisitos e padrões, ameaças e ataques de ITS existentes foram analisados e classificados. Esses algoritmos de segurança são geralmente conhecidos por sua alta complexidade e sobrecarga de comunicação. O documento oferece uma visão ampla sobre como os avanços recentes e contínuos em sensores, dispositivos, aplicativos de internet e outras tecnologias motivaram tornar gadgets de diversos serviços mais acessíveis, para expandir ilimitadamente o potencial de ITS baseado em IoT para novos desenvolvimentos. Para entender melhor a segurança de ITS da IoT, são considerados vários requisitos de segurança e desafios e revela diferentes pesquisas problemas nesta área para propor um modelo que possa mitigar os riscos de segurança associados.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Sistema inteligente de mobilidade deverá ser implantado no futuro. ANTP, São Paulo, 25 de outubro de 2017. Disponível em: <http://www.antp.org.br/noticias/clippings/sistema-inteligente-de-mobilidade-devera-ser-implantado-no-futuro.html>> Acessado em 20 maio 2022.
- [2] Néspoli L. Sistemas Inteligentes de Transportes. 2012.
- [3] K. Ashokkumar, *et al.* Cloud Based Intelligent Transport System. 2015.
- [4] Bigelow S. Ultimate IoT implementation guide for businesses. TechTarget, Massachusetts, 18 de abril de 2022. Disponível em: <https://www.techtarget.com/iotagenda/Ultimate-IoT-implementation-guide-for-businesses> Acessado em 25 de Maio de 2022.
- [5] Batista C. Sistemas inteligentes de transporte: uma abordagem voltada ao contexto. 2013.
- [6] Deva Priya W, Srihari T, Kalimuthu Y. Intelligent Transport Systems (ITS). In: KANNADHASAN. Recent Challenges in Science, Engineering and Technology. Gujarat, Índia: Krishna Publication House, 2021, p. 130-146. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348534074_Intelligent_Transport_Systems_ITS. Acesso em: 16 mai. 2022.
- [7] J. Höller, V. Tsiatsis, C. Mulligan, S. Karnouskos, S. Avesand, and D. Boyle, From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2014.
- [8] Sing B, Gupta A. Recent trends in intelligent transportation systems: a review, 2015.
- [9] Chepuru, et al. A survey on IOT applications for inteligente transport ststem. 2015
- [10] Malygin, Igor & Seliverstov, Yaroslav & Seliverstov, Svyatoslav & Silnikov, Mikhail & Muksimova, Roza & Gergel, Gleb & Chigur, Victoria & Fahmi, Shakib. Mobile Technologies in Intelligent Transportation Systems. 2020.
- [11] Federal Highway Administration. Travel Time Data Collection Handbook. 2022.
- [12] Instituto Nacional da Propriedade Industrial. O Controle de Tráfego em Cidades Inteligentes: um panorama dos depósitos de patente no Brasil e no Mundo. 2020.