

Fatiamento de rede utilizando MEC para integrar V2X por meio do acesso Non-3GPP à rede 6G (5G/B5G)

Gabriel Eduardo¹, André Luiz¹, Rogério S. e Silva^{1,3},
Waldir Moreira², Leandro A. Freitas³, Antonio Oliveira-Jr^{1,2}

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)

²Fraunhofer Portugal AICOS, Porto, Portugal

³Instituto Federal de Goiás (IFG), GO, Brasil

gbessa@cpqd.com.br, andre.goncalves@discente.ufg.br,

{rogerio.sousa, leandro.freitas}@ifg.edu.br,

waldir.junior@fraunhofer.pt, antoniojr@ufg.br

Abstract. *Vehicle-to-everything (V2X) is a technology that involves several transport elements. Vehicle communication with people, infrastructure, network, devices and vehicles contemplate V2X. The communication between vehicles and these elements allow to acquire information with greater agility, assisting in the decision making of the vehicles, in addition to contributing to the construction of a transport ecosystem with more efficient services. In addition to contributing to the construction of a transport ecosystem with more efficient services. In this sense, this work aims to present a proposal for the integration of V2X technology to the 6G network through Non-3GPP access.*

Resumo. *Vehicle-to-everything (V2X) é uma tecnologia que envolve diversos elementos do transporte. A comunicação de veículos com pessoas, infraestrutura, rede, dispositivos e os veículos contemplam o V2X. A comunicação entre veículos e esses elementos permitem adquirir informações com maior agilidade, auxiliando na tomada de decisão dos veículos, além de contribuir para a construção de um ecossistema de transporte com serviços mais eficientes. Nesse sentido, este trabalho, tem como objetivo apresentar uma proposta de integração da tecnologia V2X à rede 6G por meio do acesso Non-3GPP.*

1. Introdução

Há um esforço por parte da indústria e da academia para que as *New Radios* (NRs) forneçam a capacidade para que a comunicação entre veículos ocorra [Hakak et al. 2023]. *Vehicle-to-everything* (V2X) inclui a comunicação principalmente de *Vehicle-to-Vehicle* (V2V), *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I), *Vehicle-to-Pedestrian* (V2P) e *Vehicle-to-Network* (V2N). Essa comunicação pode atender casos de uso, como congestionamentos, colisões e avisos de rotas mais eficientes [Hakak et al. 2023].

Os requisitos das redes 5G e além da quinta geração (*Beyond fifth-generation - B5G*), prometem conexões mais rápidas, menor latência e maior confiabilidade, além da maior quantidade de dados sendo transportados na rede [Spinelli and Mancuso 2021].

Portanto, é esperado que seja possível utilizar esses avanços para V2X. Diante dos diversos casos de uso, requisitos e tecnologias habilitadoras do V2X, esses estudos e o propósito da tecnologia motivaram a elaboração deste trabalho, no qual buscamos integrar a tecnologia V2X e a formas de acesso à rede Non-3GPP.

O acesso Non-3GPP e o acesso 3GPP são métodos de acesso em redes móveis. O acesso 3GPP refere-se a dispositivos móveis que estão conectados diretamente a uma rede móvel. Já o acesso Non-3GPP se conecta a redes móveis que não são baseadas em padrões 3GPP, como redes Wi-Fi ou satélites. O acesso 3GPP oferece uma maior taxa de transferência de dados e menor latência, enquanto o acesso Non-3GPP é mais adequado para locais remotos e áreas com cobertura de rede limitada [Ali et al. 2020].

No entanto, os avanços das redes 5G não serão suficientes para atender todos os requisitos e aplicações V2X [Noor-A-Rahim et al. 2022]. Para isso, espera-se que o 6G permita que todos os cenários sejam contemplados. Afinal, com a onipresença da rede unindo a comunicação terrestre e veículos aéreos não tripulados (*unmanned-aerial-vehicle* - UAV), diversos cenários e a integração com, por exemplo, Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence* - AI) e Aprendizado de Máquina (*Machine Learning* - ML) permitirá que os avanços da rede 6G forneça diversas novidades [Noor-A-Rahim et al. 2022].

Dentre as possibilidades e os cenários, o fatiamento de rede é uma técnica que cria redes virtuais personalizadas a partir de uma única infraestrutura física [Paul et al. 2019]. Essa técnica permite que diferentes tipos de tráfego sejam isolados em segmentos específicos com suas próprias políticas de qualidade de serviço e requisitos de segurança. Além disso, ao dividir as fatias em sub-fatias menores, é possível alocar recursos de rede de forma mais eficiente e atender às necessidades dos usuários de forma personalizada. Dessa forma, o uso da rede é maximizado de maneira eficiente e eficaz [Islam et al. 2019].

Nesse contexto, este artigo apresenta uma proposta de integração da tecnologia V2X utilizando a arquitetura *Multi-access Edge Computing* (MEC) para disponibilizar fatias de rede que forneçam serviços de rede Non-3GPP específicos para cada cenário de V2X. Isto é, apresentaremos uma solução de MEC que auxilia na disponibilização dos benefícios da computação em borda [Filali et al. 2020], tendo os serviços mais próximos ao usuário, permitindo que, de acordo com os requisitos do usuário final, as fatias de rede reservem recursos de rede para cada aplicação MEC no contexto de V2X.

O trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados e suas características, descrevendo os objetivos de cada trabalho. Na Seção 3 é apresentado o direcionamento da pesquisa. Por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões apontando oportunidades para trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Em [Khan et al. 2021] é descrito o desempenho de fatias de rede para comunicação veicular, com o intuito de fornecer uma forma eficiente de atender diversos cenários que necessitam de recursos distintos. Para isso, foi proposto um algoritmo de fatiamento de rede que fornece flexibilidade e escalabilidade. Nesse sentido, o estudo analisa duas sub-fatias com requisitos de redes distintos, a sub-fatia um requer conexão ultra confiável e de baixa latência e a sub-fatia dois requer maior tráfego de dados. Por fim, o estudo descreve resultados positivos em confiabilidade e transferência de dados quando há o fatiamento de rede.

Em [Khakimov et al. 2021] é descrito um sistema que aloca recursos de computação em borda para veículos autônomos. O trabalho se concentra no gerenciamento desses recursos por meio da computação em borda usando *containers* Docker para minimizar atrasos no processamento de informações baseadas em redes neurais. Os resultados mostram uma redução no atraso usando essa solução, mas os autores reconhecem que os processos podem ser aprimorados por meio de uma automatização para aumentar a escalabilidade e o desempenho da solução [Khakimov et al. 2021].

Em [Mlika and Cherkaoui 2021] é apresentada uma solução para *Internet of Vehicles* (IoV) que utiliza as soluções de MEC e fatiamento de rede para garantir que os requisitos de aplicações IoV sejam atendidos, como a otimização de recursos de rede. Além disso, o trabalho busca solucionar problemas relacionados a alocação de energia e a seleção da fatia utilizando *deep reinforcement learning* (DRL) com *deep Q learning* (DQL).

Em [Haque et al. 2020] são apresentados desafios e oportunidades para a comunicação V2X utilizando a tecnologia de longo alcance (*Long Range* - LoRa). Para isso, o estudo propõe uma arquitetura de comunicação V2X confiável com LoRa, abordando diversos desafios como eficiência energética, latência, segurança, escalabilidade e transferência de dados. Por fim, em seus resultados, através da análise em um cenário de tráfego real, o artigo apresenta pontos de melhoria que trabalhos futuros possam atuar, tendo em vista os desafios encontrados para a mobilidade veicular e a utilização de LoRa com V2X.

Tabela 1. Comparação dos trabalhos relacionados com esta proposta.

Trabalhos	Integração V2X-MEC	Acesso Non-3GPP para V2X	Fatiamento de rede	Proposta visando Redes 6G
[Khan et al. 2021]			X	
[Khakimov et al. 2021]	X			
[Mlika and Cherkaoui 2021]	X		X	
[Haque et al. 2020]	X			
Nossa Proposta	X	X	X	X

A Tabela 1 apresenta uma comparação dos principais trabalhos relacionados com a proposta deste trabalho. Esta comparação auxilia na percepção e mapeamento das características entres os trabalhos relacionados e este trabalho. Os critérios para comparação foram: (i) Integração V2X com MEC; (ii) Acesso Non-3GPP para V2X e (iii) Fatiamento de rede.

3. Integração V2X por meio do acesso Non-3GPP

Esta Seção está organizada da seguinte forma: a Subseção 3.1 descreve o cenário para veículos autônomos em vias movimentadas no contexto de cidades inteligentes e na Subseção 3.2 é apresentada a proposta de pesquisa.

3.1. Descrição do cenário

Inicialmente, o veículo identifica a sinalização e os operários que trabalham em obras de manutenção na pista. Equipado com sensores, o veículo ajusta sua rota, de maneira que a viagem segue por um caminho mais seguro. Depois, em um cruzamento de vias movimentadas, como ilustra a Figura 1, o veículo é capaz de detectar pedestres, além de se comunicar com outros veículos autônomos em tempo real, o que lhe garante cruzar com segurança a intersecção das vias e manter o fluxo do tráfego.

Ao se aproximar do destino, o veículo antecipa informações acerca das condições de trânsito adiante, uma vez que surge um longo congestionamento. No entanto, a partir de informações de tráfego obtidas em tempo real, o veículo segue outro caminho, consegue otimizar o tempo de duração da viagem e conclui o trajeto em segurança e sem atrasos.



Figura 1. [Digi International 2023] Sistema de transporte inteligente

3.2. Arquitetura proposta

A pesquisa aborda uma arquitetura que visa a convergência de sub-fatias de rede com interfaces de rádio distintas, para atender aplicações V2X por meio da computação de borda móvel utilizando redes 6G. O caso de uso apresentado, que destaca o trânsito em cidades inteligentes, ilustra a densidade das comunicações e motiva este estudo.

A Figura 2 apresenta a visão geral da proposta de integração da tecnologia V2X por meio do acesso Non-3GPP à redes 6G. O esquema aborda dois níveis, denominados: Nível de Aplicação/Serviço e Nível de Rede. O primeiro trata da entrega do serviço propriamente dito. No segundo, temos a projeção ampliada da fatia de serviço V2X para representar a abstração das sub-fatias que a compõem. As sub-fatias possibilitam a representação das camadas de rede, enlace e física da pilha TCP/IP, onde é possível a comunicação de dados através de interfaces 3GPP ou Non-3GPP.

A comunicação de dados por meio da infraestrutura baseada em interfaces 3GPP garante confiabilidade, interoperabilidade e escalabilidade. Já na comunicação via interfaces Non-3GPP, os veículos podem receber alertas sobre condições de tráfego e poten-

ciais obstáculos na pista, o que pode contribuir para evitar acidentes, otimizar o fluxo de veículos e fornecer informações em tempo real sobre as condições do tráfego.

A ideia é utilizar a convergência entre as tecnologias e explorar o conceito de redes flexíveis, que visam um desempenho extremo para a cobertura de serviços. Dessa forma, diferentes tecnologias podem ser usadas em fatias distintas da rede para fornecer o melhor desempenho possível [Mlika and Cherkaoui 2021].

Logo, este trabalho mostra-se como uma oportunidade de pesquisa importante, visto que a integração das tecnologias Non-3GPP e 3GPP pode oferecer qualidade de comunicação às tecnologias V2X, de modo a mitigar riscos, oferecer segurança aos passageiros e pedestres e garantir eficiência do tráfego nas estradas.

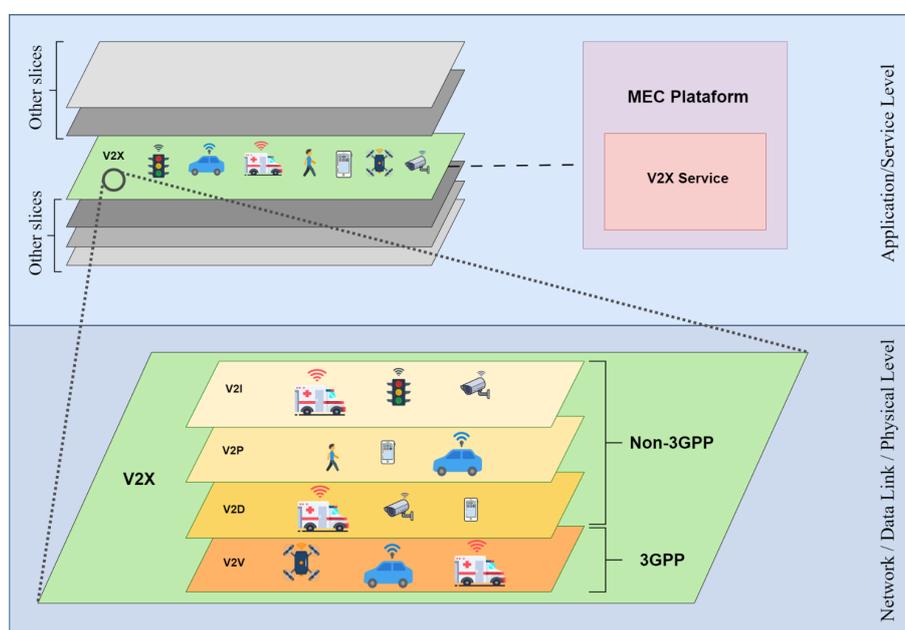


Figura 2. Visão geral da proposta de integração da tecnologia V2X por meio do acesso Non-3GPP

4. Conclusões

O escopo da tecnologia V2X inclui diversos requisitos e desafios que serão habilitados com o desenvolvimento das redes 6G [Noor-A-Rahim et al. 2022]. Neste contexto, este trabalho descreve oportunidades e desafios para habilitar V2X por meio do acesso Non-3GPP, além de utilizar soluções habilitadores para NRs como o fatiamento de rede e MEC. A abordagem proposta é baseada no fatiamento de rede através da plataforma MEC permitindo que os serviços que possam se beneficiar de V2X sejam integrados por meio do acesso Non-3GPP. Essa abordagem permite que os cenários diversos de serviços do V2X possam ser atendidos caso não haja a exigência de requisitos relacionados à baixa latência ou alta vazão de dados. Por fim, ressalta-se a importância de investigar a integração de V2X para 6G, tendo em vista a utilização da arquitetura MEC, fatiamento de rede e principalmente dos requisitos de rede como um fator de habilitação para tecnologia.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD) e o Instituto de Informática (INF-UFG).

Referências

- Ali, K., Naeem, M., Javaid, N., Alrajeh, N., and Alabed, M. S. (2020). A comprehensive survey on non-3gpp access technologies for 5g networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 153:102566.
- Digi International (acessado em 5 de abril de 2023). Introduction to smart transportation benefits. <https://www.digi.com/blog/post/introduction-to-smart-transportation-benefits>.
- Filali, A., Abouaomar, A., Cherkaoui, S., Kobbane, A., and Guizani, M. (2020). Multi-access edge computing: A survey. *IEEE Access*, 8:197017–197046.
- Hakak, S., Gadekallu, T. R., Maddikunta, P. K. R., Ramu, S. P., M, P., De Alwis, C., and Liyanage, M. (2023). Autonomous vehicles in 5g and beyond: A survey. *Vehicular Communications*, 39:100551.
- Haque, K. F., Abdelgawad, A., Yanambaka, V. P., and Yelamarthi, K. (2020). Lora architecture for v2x communication: An experimental evaluation with vehicles on the move. *Sensors*, 20(23).
- Islam, S. S., Hossain, M. S., Hasan, M. M., Benkhelifa, E., Li, G., Kumar, N., and Ahmad, S. (2019). Network slicing in 5g: Survey and challenges. *IEEE Communications Magazine*, 57(7):146–153.
- Khakimov, A., Loborchuk, A., Ibodullokhodzha, I., Poluektov, D., Elgandy, I. A., and Muthanna, A. (2021). Edge computing resource allocation orchestration system for autonomous vehicles. In *The 4th International Conference on Future Networks and Distributed Systems (ICFNDS)*, ICFNDS '20, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Khan, H., Luoto, P., Samarakoon, S., Bennis, M., and Latva-Aho, M. (2021). Network slicing for vehicular communication. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32(1):e3652. e3652 ett.3652.
- Mlika, Z. and Cherkaoui, S. (2021). Network slicing with mec and deep reinforcement learning for the internet of vehicles. *IEEE Network*, 35(3):132–138.
- Noor-A-Rahim, M., Liu, Z., Lee, H., Khyam, M. O., He, J., Pesch, D., Moessner, K., Saad, W., and Poor, H. V. (2022). 6g for vehicle-to-everything (v2x) communications: Enabling technologies, challenges, and opportunities. *Proceedings of the IEEE*, 110(6):712–734.
- Paul, M. K., Kwak, K. S., and Kim, K.-R. (2019). 5g network slicing for v2x services: Challenges and opportunities. *IEEE Communications Magazine*, 57(5):62–68.
- Spinelli, F. and Mancuso, V. (2021). Toward enabled industrial verticals in 5g: A survey on mec-based approaches to provisioning and flexibility. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 23(1):596–630.