

V2X: Um estudo bibliométrico

Vinícius S. de Oliveira, Andrés Ortiz Salazar, Vicente A. de Sousa Jr.^{1*}

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação (PPGEEC)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Natal – RN – Brazil

vinifoia@ufrn.edu.br, andres@dca.ufrn.br, vicente.sousa@ufrn.edu.br

Abstract. *In this work is made a prospective analysis about the topic V2X and the results are analysed and discussed. Aiming evaluating the development profile of the V2X area, searches were made in the data bases Web of Science, Scopus and Google Scholar applying metrics to analyse the results. The gathered data shows that V2X is a new technology and is capturing interest of researches and investors from many areas and countries in recent years.*

Resumo. *Neste trabalho é realizada uma análise prospectiva sobre o tema V2X e os resultados são examinados e discutidos. Com o objetivo de avaliar o perfil de desenvolvimento da área V2X, foram feitas buscas nas bases de dados Web of Science, Scopus e Google Scholar, aplicando métricas para análise dos resultados. Os dados colhidos mostram que V2X é uma tecnologia recente e, nos últimos anos, vem atraindo interesse de pesquisadores e investidores de diversas áreas e países.*

1. Introdução

Em um mundo no qual tudo está conectado, os automóveis não seriam exceções. Por muitos anos, existe um desejo de que veículos possam se comunicar não só com outros veículos (V2V), mas também com infraestruturas próximas (V2I), redes baseadas em internet (V2N) e até com pedestres (V2P) [5G Americas 2018]. Pode-se também incluir a comunicação com ambientes em nuvem (V2C), estrada (V2R) [Wang et al. 2019], dispositivos (V2D) e malha (elétrica) (V2G). O conceito de V2X (do inglês, *Vehicle-to-Everything*) nasce devido a imensa diversidade de conexões que podem ser feitas com um veículo.

Motivados em otimizar o fluxo do tráfego, reduzir congestionamentos, reduzir o número de acidentes e minimizar as emissões de gases nocivos [Siemens 2015], países do mundo todo investem em pesquisas no ramo de comunicação veicular. Começou-se a falar em V2X em 2010, quando foi completada pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) as especificações 802.11p-2010 [Jérôme Härrri 2017]. Entretanto, somente com sua finalização em 2012, foi definido que nos Estados Unidos tal comunicação seria sustentada por uma Comunicação Dedicada de Curto Alcance (DSRC), baseada na comunicação por Wi-Fi, rodando na banda não-licenciada de 5.9GHz [McLellan 2018][Qualcomm 2016].

Por muitos anos, os padrões do IEEE 802.11p e outros relacionados foram a principal solução para o ambiente veicular [Mignardi et al. 2019]. Porém, com a necessidade de possibilitar a comunicação tanto de curto como de longo alcance, além de aumentar ainda mais a confiabilidade, a velocidade da comunicação em tempo real e em tráfegos de alta densidade, foi preciso evoluir os padrões V2X [GSMA 2018].

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Diante desses requisitos, em 2016 o 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) introduziu o conceito de comunicação celular para V2X (C-V2X) que amplia o escopo das redes LTE (Evolução de Longo Prazo) (e sua evolução 5G-NR) para sistema veiculares [Mignardi et al. 2019]. Isso significa que os padrões para C-V2X foram elencados como item importante dos futuros *Releases* dos padrões do 3GPP. Desta forma, a comunicação V2X pode funcionar por meio de uma rede móvel em vez de uma rede sem fio local (WLAN). Uma breve taxonomia do V2X, contendo as aplicações que ela engloba e os padrões do IEEE e do 3GPP, é mostrada na Figura 1.

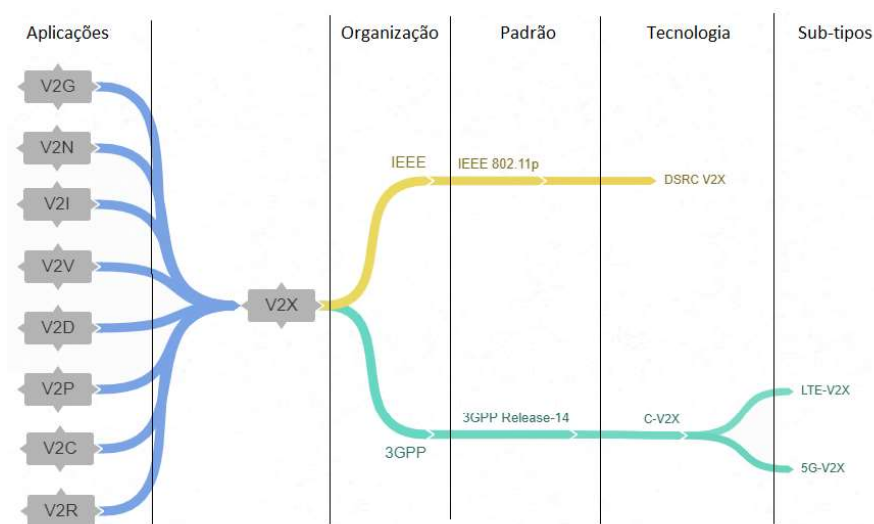


Figura 1: Taxonomia do V2X.

O 3GPP finalizou as novas especificações para o C-V2X apenas em março de 2017 na *Release-14* [McLellan 2018]. A partir deste momento, muito se discute sobre qual dos dois padrões devem ser adotados (IEEE 802.11p ou 3GPP Rel-14). A única certeza é que, diante das tecnologias V2X e C-V2X, é possível imaginar veículos com computadores de bordo que serão totalmente capazes de realizar todas as operações de condução sozinhos, sem a necessidade de monitoramento humano. Segundo [McLellan 2018], pesquisadores da *Huawei* afirmam que apesar desse exemplo parecer estar num futuro distante, a maioria da tecnologia necessária para possibilitá-la já está disponível ou estará em um futuro próximo.

O objetivo deste trabalho é avaliar o perfil de desenvolvimento do V2X em uma perspectiva geral, podendo ser útil para o direcionamento do trabalho de pesquisadores iniciando a investir na área. Pretende-se apresentar a evolução do tema, mostrando as tecnologias utilizadas, passando pelo estado da arte e uma perspectiva para um futuro próximo. Também serão identificadas as regiões com maior foco de pesquisas e as áreas de aplicação que possuem mais relação com o tema.

Pesquisas como [Qualcomm 2016] e [GSMA 2018] foram feitas focadas em C-V2X, e com o objetivo principal de expor uma linha do tempo e apresentar os futuros desafios. Porém, este trabalho é a primeira publicação a propor este tipo de análise na perspectiva da área de V2X como um todo. Desse modo, são incluídos os padrões C-V2X e IEEE 802.11p, mostrando a evolução da tecnologia V2X e suas tendências.

O artigo está estruturado como a seguir. A Seção 2 apresenta a metodologia utilizada e as considerações que nortearam o presente estudo. Na Seção 3 são apresentados os resultados e feitas análises e discussões sobre os mesmos. Por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões, fazendo as observações finais do que foi estudado.

2. Metodologia

A metodologia deste trabalho se baseou na construção de um Mapa Tecnológico (*Technological Roadmap – TRM*) em três etapas principais: Pré-prospectiva, Prospectiva e Pós-prospectiva.

Na primeira etapa (Pré-prospectiva), já apresentada na Seção 1 deste artigo, foi feito um estudo preliminar sobre V2X com intuito de delimitar sua taxonomia. Esse estudo foi fruto de coleta de material técnico em três base de dados: *Web of Science (WoS)*, *Scopus* e *Google Scholar*. Buscou-se por publicações no período de 2010 à 2019 usando-se os termos V2X e/ou *Vehicle to everything*. Essa abrangência temporal foi escolhida, pois, além de representar uma década, foi em 2010 quando foram completadas as primeiras especificações sobre V2X. Observou-se também um número não significativo de publicações antes desse período.

A segunda etapa (Prospectiva) é feita definindo estratégias de busca a partir da seleção de palavras-chave com o intuito de refinar os resultados. As palavras-chave utilizadas foram V2X e “*Vehicle to everything*” (entre aspas, pois o resultado deve conter a frase completa). A busca foi realizada no campo *tópico*. Para melhorar a qualidade dos resultados, fez-se uso de combinações lógicas (E (*AND*) e OU (*OR*)). Esse levantamento quantitativo gerou os números da Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de publicações (2010 - 2019).

Estratégia	Pesquisa	WoS	Scopus	Google Scholar
#1	V2X	632	1008	15600
#2	” <i>Vehicle to everything</i> ”	156	235	3030
#3	#1 AND #2	136	209	2760
#4	#1 OR #2	652	1034	15800

Após análise dos resultados das buscas, definiu-se que a melhor estratégia de busca para o *Google Scholar* e também para o *Scopus* seria utilizando a Estratégia #2, pois o termo V2X trazia muitos resultados indesejados para a pesquisa, então este deveria ser evitado na busca. Também cogitou-se utilizar a Estratégia #3, porém em virtude dos resultados que possuíam o termo “*Vehicle to everything*”, mas não o termo V2X (#2 NOT #1) eram válidos e seriam excluídos caso fosse adotada a Estratégia #3. Para as pesquisas no WoS, foi adotada a Estratégia #4, pois foi visto que ambas as Estratégias #1 e #2 traziam resultados válidos, mas nem sempre ambos os termos estavam contidos simultaneamente na pesquisa (descartando a Estratégia #3).

Por fim, a terceira etapa (Pós-prospectiva) se trata da construção do Mapa Tecnológico, o qual está apresentado na Seção 3. São analisadas as métricas de quantidade de publicações por país, por ano, por área de conhecimento, por área de aplicação e técnica, por palavras-chave e por áreas de conhecimento do WoS por ano.

3. Resultados e Discussões

3.1. Regiões de Investimento

Primeiramente, fez-se uma busca quantitativa de publicações por países com o objetivo de identificar as regiões focos de pesquisa na área de V2X. O resultado da busca é mostrada na Figura 2, o qual exibe o número de publicações para os 9 países que mais produziram e o Brasil.

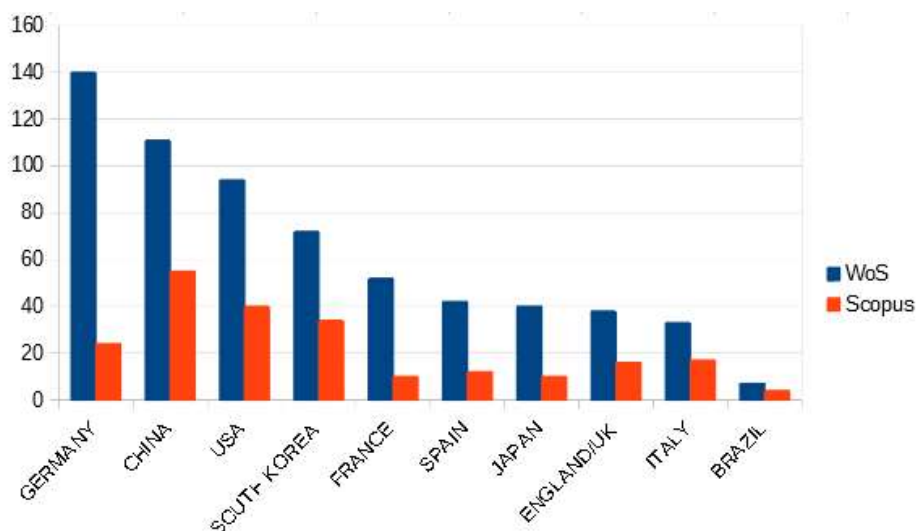


Figura 2: Publicações por país/região.

Pode-se constatar que houve apenas divergência nos números das bases de dados de *Web of Science* e *Scopus* para Alemanha, que apresentou-se líder na *WoS* e ficou em quarto lugar no *Scopus*. Os demais resultados foram bem semelhantes e expõem que China, Estados Unidos e Coreia do Sul, além da Alemanha, se destacam quando se fala em número de publicações e foco de investimento em V2X.

Considerando os 25 países que mais publicam de cada base de dados, foi percebido que a Europa possui grande influência, já que destes 25, 13 (de acordo com *WoS*) ou 11 (de acordo com *Scopus*) estão localizados no continente Europeu. Pode-se dizer que o Brasil possui uma boa quantidade de publicações (25ª posição no *WoS* e 15ª no *Scopus*), porém está longe de ser destaque na área de V2X quando comparado aos países líderes.

3.2. Análise Temporal

Com o intuito de identificar tendências ao longo do tempo a respeito do tema V2X, os resultados foram organizados levando em consideração seu ano de publicação, como mostra a Figura 3. Os gráficos são exibidos em figuras separadas, pois os resultados do *Google Scholar* iriam prejudicar a visualização dos outros dois, dado que a proporção deste é bem maior.

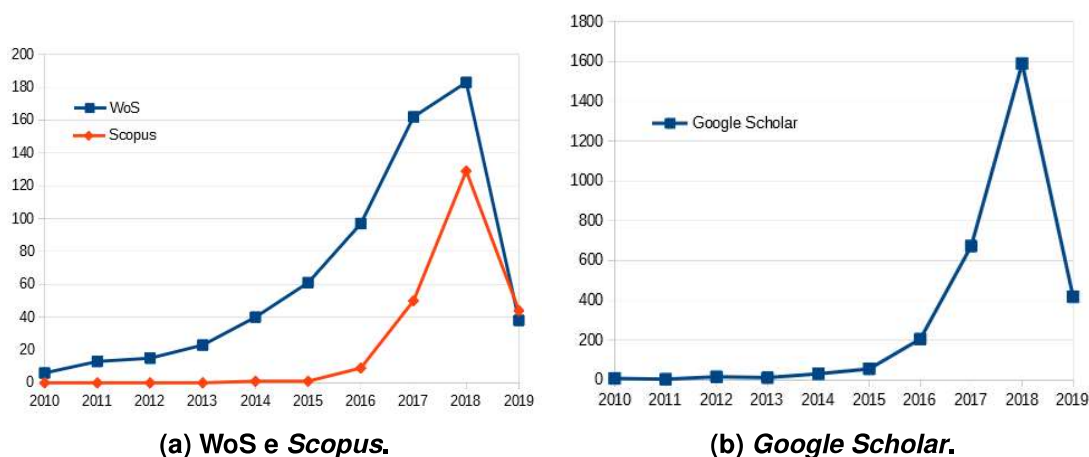


Figura 3: Publicações por ano.

A primeira publicação sobre V2X do *Google Scholar* data de 2005, enquanto do *Web*

of Science de 2008 e do Scopus de 2014. A contar da primeira, o número de publicações por ano só aumenta e a tendência é continuar assim. Considerando que este artigo foi produzido ainda no primeiro trimestre de 2019, a previsão é que o número de publicações deste ano ultrapasse a de 2018, comprovando o alto interesse no tema.

Analisando os gráficos, pode-se ver um pequeno aumento nas curvas em 2014 (coincidindo com o ano da primeira publicação encontrada no Scopus). Porém em 2016 o crescimento foi ainda maior, correspondendo com o ano em que o 3GPP introduziu o C-V2X, reafirmando interesse em V2X. De 2016 para 2017 pode-se notar a maior inclinação da curva para o WoS (maior crescimento de publicações). Já para Scopus, a maior crescimento aconteceu entre 2017 e 2018. Isso indica que a comunidade científica mundial está fortemente concentrada em prover soluções para V2X.

3.3. Áreas de Aplicação e Técnicas

Para identificar as áreas de aplicação mais vinculadas ao V2X, foi feito um levantamento no WoS para ver as áreas de pesquisa que mais produzem sobre o tema (Figura 4) e também as categorias do WoS que mais têm relação com o tema (Figura 5).

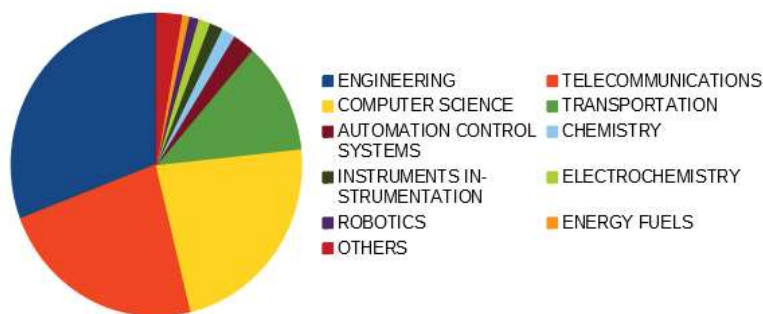


Figura 4: Publicações por área de pesquisa.

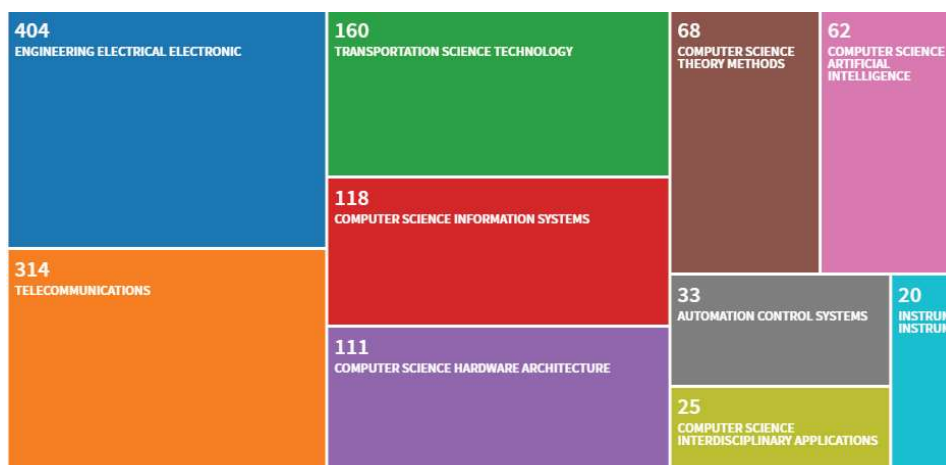


Figura 5: Publicações por categoria do WoS.

Analisando a Figura 4, é perceptível o grande número de áreas relacionadas ao V2X. Dentre elas, ressaltam-se Engenharia, Telecomunicações e Ciência de Computação. Vale notar também a presença de áreas como Transporte, Combustíveis Energéticos e Sistemas de Controle e Automação, que evidenciam algumas justificativas do V2X (otimização do fluxo de tráfegos, minimização de emissões e produção de carros autônomos, respectivamente). A respeito da Figura 5, é verificado que as categorias do WoS mais relacionadas com V2X

são Engenharia Elétrica e Eletrônica e Telecomunicações, podendo-se também destacar as Ciências de Computação com seus diversos ramos, do mesmo modo que alguns estudos sobre Transporte. Ou seja, nada além do que já se podia esperar.

Sabe-se que o conceito de V2X, assim como seus padrões e tecnologias, evoluíram no decorrer dos anos. Pensando nisso, pesquisou-se a quantidade de áreas de conhecimento do WoS por ano, a fim de validar se a interdisciplinaridade do tema V2X evoluiu junto com ele. A Figura 6 mostra a quantidade de áreas do WoS vinculadas ao V2X entre 2010 e 2019.

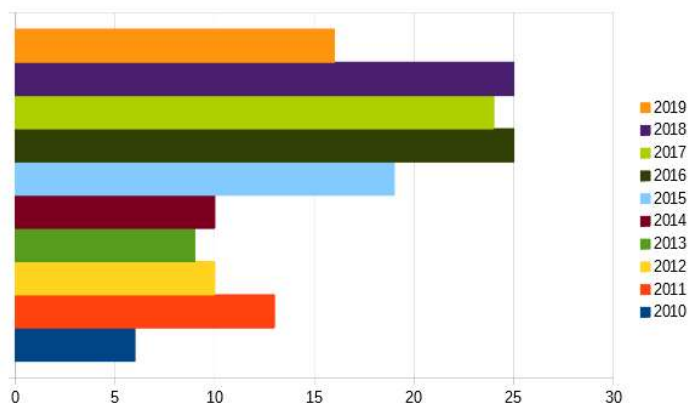


Figura 6: Áreas de conhecimento por ano.

Examinando a Figura 6 valida-se a ideia de que o V2X é um conceito cada vez mais interdisciplinar, pois é constatado que o número de áreas de conhecimento que têm publicações sobre o tema é maior a cada ano. Nos últimos anos, este número está por volta de 25 áreas, e esse fato faz com que se conclua que as soluções em V2X necessitam envolver profissionais de várias áreas do conhecimento.

Para melhor visualizar a evolução das diferentes tecnologias utilizadas para V2X ao longo dos anos, foi feito um levantamento do número de publicações, combinando cada palavra-chave (da tecnologia) com V2X (utilizando a relação lógica *AND*). As tecnologias pesquisadas foram DSRC, LTE e 5G, e os resultados podem ser vistos na Figura 7.

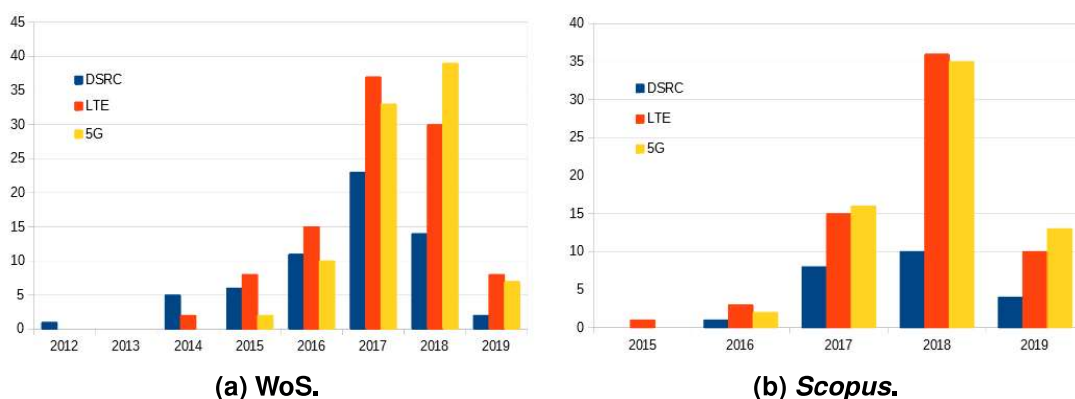


Figura 7: Publicações por tecnologia por ano, para WoS e Scopus, respectivamente.

Pode-se afirmar, verificando os dois gráficos, que o número de publicações que possuem a tecnologia DSRC, que é a tecnologia mais antiga, parou de crescer a partir de 2018 (de acordo com *Scopus*) ou vem diminuindo (de acordo com WoS). Contudo ela ainda não foi descartada, visto que ainda estão sendo feitas publicações, mesmo que em menor número. Já o LTE, começou a aparecer em 2014 e contando daí cresceu bastante (com tendência

de estabilização em 2018 no WoS). As publicações com 5G surgiram 1 ano depois que as com LTE, porém, desde então, elas possuem relevância similar uma vez que, nos anos mais recentes, a quantidade de publicações destas duas tecnologias estão bem equiparadas. Isso demonstra bastante relevância no LTE, mas que o 5G já ultrapassou em número de publicações em 2018, pelo menos no WoS.

4. Conclusões

Finalmente, foi possível observar que o interesse em V2X está crescendo exponencialmente ao longo dos anos. Em 2016, houve uma aumento substancial no número de publicações sobre V2X devido a apresentação da ideia de C-V2X pelo 3GPP. O V2X baseado em DSRC, mesmo de depois de implantado, não deixou de ser alvo de publicações, apontando que ele não parou de ser um alvo de melhorias. Frente a isso, de acordo com o *Google Scholar* e também o *Scopus*, apenas em 2018 houveram mais publicações do que somando todos os demais anos.

Assim, conclui-se que o V2X ainda tem muito para evoluir até o ponto da popularização dos carros autônomos. Por isso, os resultados deste artigo evidenciam a grande importância científica do tema. Os focos de pesquisa atualmente são pesquisadores das áreas de Engenharia, Telecomunicações e Ciência de Computação localizados principalmente na China, Estados Unidos, Coreia do Sul e Alemanha.

Referências

- 5G Americas (2018). 5G Americas White Paper: Cellular V2X Communications Towards 5G. Technical report. http://www.5gamericas.org/files/9615/2096/4441/2018_5G_Americas_White_Paper_Cellular_V2X_Communications_Towards_5G_Final_for_Distribution.pdf.
- GSMA (2018). Leading the world to 5G: Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) technologies. https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2017/12/C-2VX-Enabling-Intelligent-Transport_2.pdf.
- Jérôme Härrri (2017). V2X communications for autonomous driving - Roadmap for WiF-V2X and cellular-V2X. *Eurocom Talks*. <http://www.eurecom.fr/publication/5407>.
- McLellan, C. (2018). What is V2X communication? Creating connectivity for the autonomous car era. <https://www.zdnet.com/article/what-is-v2x-communication-creating-connectivity-for-the-autonomous-car-era/>.
- Mignardi, S., Buratti, C., Bazzi, A., and Verdone, R. (2019). Trajectories and Resource Management of Flying Base Stations for C-V2X. In *Sensors*.
- Qualcomm (2016). Leading the world to 5G: Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) technologies.
- Siemens (2015). Infographic: Vehicle-to-X (V2X) communication technology. <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/road-solutions/urban/trends/siemens-vehicle-to-x-communication-technology-infographic.pdf>.
- Wang, J., Shao, Y., Ge, Y., and Yu, R. (2019). A Survey of Vehicle to Everything (V2X) Testing. *Sensors (Basel)*.