



SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE ANTENA PLANAR DO TIPO PATCH EM APLICAÇÕES V2X

I. R. Carneiro, D. X. Gouveia, J. M. Cavalcante, A. M. de Oliveira e J. F. Justo

USP, igorcarneiro@gmail.com; IFCE, dxgouveia@gmail.com; IFCE, palacioz@me.com; IFSP, amanicoba@ifsp.edu.br; USP, jjusto@lme.usp.br

Resumo - Esta pesquisa apresenta análise de uma antena de *patch*, com utilização de truncamento do plano terra. Para o casamento de impedâncias foi utilizada alimentação por linha de microfita, pela borda não radiante do *patch* com offset em relação ao centro da borda. A antena foi projetada em um laminado de cobre de espessura 0,035 mm, para com operação em 5,9 GHz, na banda SHF (*Super high frequency*) montada sobre substrato *Rogers TMM 4*, obtendo ótimos resultados em aplicações V2X.

Palavras-chave: Antena *patch*; *offset center*; truncamento; *Vehicle-to-Everything*.

INTRODUÇÃO

Antenas de *patch* são utilizadas em diversas áreas das telecomunicações, nos *Smartphones*, em aplicações médicas por meio das antenas *wearables*, em VANT (Veículo aéreo não tripulado) e nas aplicações militares [1]

As antenas planares do tipo *patch* com alimentação por microfita possuem características, como: baixo custo, baixo peso, pequeno arrasto aerodinâmico [1]. Essas quando utilizadas em conjunto com as tecnologias de IoT (*Internet of Things*) e o 5G, estão gerando e produzindo tecnologia para a nova era da indústria automobilística, chamado de ITS (*Intelligent Transport System*), que aumentará a segurança, reduzindo os riscos ao conduzir e tornando a circulação de veículos mais eficiente, criando assim padrões de trânsito, que facilitará o planejamento urbano [2].

Para esse novo setor automobilístico, é necessária uma comunicação eficiente e segura, pois envolve vidas humanas. Fortalecendo o conceito de V2X (*Vehicle-to-Everything*), é importante então citar conexões como, por exemplo o V2I veículo para infraestrutura de transporte, V2P veículo para pedestres, V2N veículo para rede (*network*) e V2V veículo para veículo.

Na busca por atingir uma conexão entre veículos confiável e de baixo custo, o uso de antenas *patch* é factível devido suas características anteriormente citadas e a possibilidade de criar arranjos de alto desempenho.

Dessa forma, neste artigo, foi simulado um sistema irradiante com antena de microfita. Seguindo as exigências de segurança do padrão V2X foi escolhido o substrato de *Rogers TMM 4* de espessura 0,8 mm, com índice de permissividade 4,5 e tangente de perda 0,002.

Esse trabalho está organizado da seguinte forma: foi apresentada uma visão geral acerca de antena *patch* e o protocolo V2X, seguindo pela seção 2, que descreve a fundamentação teórica, prosseguindo com a metodologia na seção 3. As simulações, os resultados obtidos e as métricas de desempenho são discutidos na seção 4.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Protocolo V2X

O padrão V2X, dentro do conceito ITS opera na frequência 5,9 GHz com um espectro de 75 MHz (5,850-5,925), próximo ao padrão IEEE 802.11. Sendo os 45 MHz inferiores destinado à equipamentos não licenciados e os outros 30 MHz, para uma maior segurança automotiva, que pode ser utilizado o C-V2X (*Cellular Vehicle-to-Everything*) ou DSCR (*Dedicated Short Range Communication*).

É possível notar a existência de dois padrões na indústria, o primeiro, e também o mais antigo, DSCR baseado no 802.11p da IEEE, que funciona baseado em padrão *ad-hoc* e o segundo C-V2X da FCC, que atua junto com a rede 5G.

Em 2020, a FCC adotou o modelo C-V2X para serviços ITS, como o padrão de tecnologia para o V2X, substituindo o DSCR [3].

B. Antena Patch

As antenas *patch* também possuem a importante capacidade de conformar-se em superfícies não planares, facilitando a instalação em partes não planares de veículos.

Essas antenas exigem um cuidado especial em sua *design*, para manter o coeficiente de reflexão, ganho e diretividade sempre elevados, devido ao baixo conjunto de atributos físicos da antena, que implica em efeitos de difícil previsão e controle no seu desempenho [4].

O *patch* terá a linha de alimentação deslocada do centro e parte do plano terra truncado. Essas técnicas são bem relevantes, para o casamento de impedâncias e o aumento da diretividade na antena, respectivamente [5].

METODOLOGIA E DESIGN

A geometria do elemento irradiante é muito importante para alcançar os requisitos do projeto V2X,



o volume e o material metálico influenciam na distribuição de corrente e por consequência nos campos de superfície da antena, fator esse determinante no desempenho da antena.

A. Antena Desing

O elemento irradiante e o plano terra foram desenvolvidos com laminado de cobre com espessura $t=0,035$ mm. O substrato tem espessura $h=0,8$ mm, com índice de permissividade $\epsilon_r=4,5$ e tangente de perdas $tg\delta=0,002$. Foi adotada a frequência de ressonância $f_r=5,9$ GHz, dentro da banda C [9].

Para calcular as dimensões do patch foi utilizado o método de linha de transmissão, no qual é levado em consideração a zona de franjamento [1]. Equações de (1) a (5) foram essenciais na obtenção das medidas da antena. Onde C_0 representa a velocidade da luz no espaço livre e L_{ef} o comprimento efetivo do patch.

Na Tabela 1, estão os resultados, agrupados, das equações utilizadas para o cálculo das dimensões da antena patch, exibida na Figura 1.

$$W = \frac{C_0}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{1}$$

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \frac{(\epsilon_{ref} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{ref} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,813\right)} \tag{2}$$

$$\epsilon_{ref} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-1/2} \tag{3}$$

$$L_{ef} = \frac{C_0}{2f_r \sqrt{\epsilon_{ref}}} \tag{4}$$

$$L = L_{ef} - 2\Delta L \tag{5}$$

B. Alinhamento feedline e plano terra

Foi adotado para essa antena, o modo TM_{10} , com alimentação por linha de microfita deslocada do centro, com truncamento do plano terra, técnicas essas baseadas na estrutura proposta em [8].

Em relação ao posicionamento da linha de microfita, é possível sua instalação de 4 formas, segundo [8], na Figura 2. Nesse artigo é adotado o modo 2(b), onde a *microstrip* utiliza a borda não

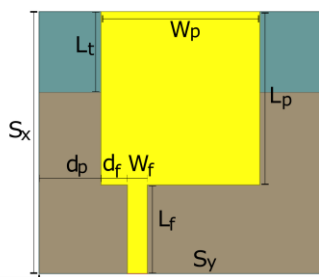


Fig. 1. Medidas da antena de microfita

TABELA 1 – Dimensões da antena patch

Parâmetro	Valor (mm)	Parâmetro	Valor (mm)
W_p (larg. patch)	11,58	L_f (compr. feed)	$\lambda/4$
L_p (compr. patch)	12,25	W_f (larg. feed)	1,2
S_x (larg. substrato)	18,51	d_f	1,9
S_y (compr. substrato)	20,00	d_p	$\lambda/8$

mm = milímetro, d_f = distância entre o patch e borda do substrato, d_p = *offset* do centro, λ = comprimento de onda guiado

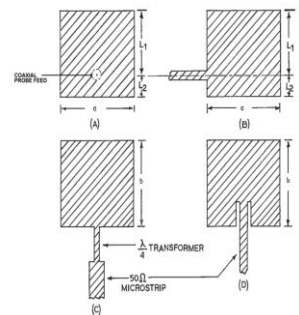


Fig. 2. Métodos usados para alimentar antenas de microfita retangular (a) Coaxial probe feed. (b) Microstrip line feed – borda não radiante. (c) Microstrip feed – borda radiante. (d) Microstrip line inset feed [8].

radiante do patch com *offset* em relação ao centro, para alimentar sistema irradiante. Em sua criação foi utilizado um comprimento de $L_f = \lambda/4$, com uma distância de aproximadamente 1/3 da borda do lado adjacente. Em seguida truncou-se o plano terra em L_t com o valor de $L_p/2$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram avaliadas as características de radiação da antena (ganho), coeficiente de reflexão (S_{11}), impedância de entrada na carta de *smith* da antena e feita a análise com a antena original.

Foi verificado na técnica do truncamento de parte do plano terra, que melhorou o desempenho do sistema irradiante, como visualizado na Figura 3, que potencializou em 528% o coeficiente de reflexão (saindo de -5 dB para -27,47 dB), com uma largura de banda 300 MHz e ganho de 3,75 dB.

Com a escolha desse modo de alimentação é possível perceber o casamento de impedâncias por meio da carta de smith da Figura 4, onde se obteve uma impedância bem próximo à 50Ω . casamento de impedâncias por eio da carta de smith da Figura 4, onde se obteve uma impedância bem próximo à 50Ω .

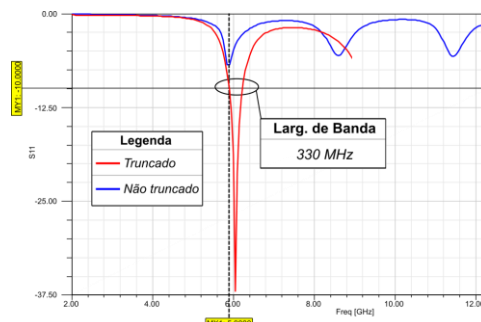


Fig. 3. Perda de retorno com antena truncada e não truncada.

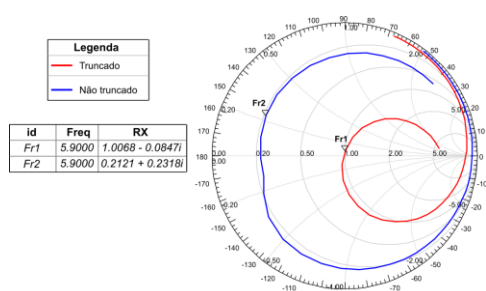


Fig. 4. Carta de Smith com antenna truncada e não truncada

Além disso, verificou-se que a antenna assumiu um comportamento *broadside*, de forma que parte dos campos eletromagnéticos foram direcionados para o sentido do plano terra, devido ao truncamento no plano de terra.

Após aplicação das técnicas novos modos ressonantes surgiram com uma largura de banda no valor de 2,2 GHz, caracterizando uma UWB (*Ultra-wide-band*) na frequência 9,65 GHz

CONCLUSÃO

Com este artigo, é possível observar as influências do plano terra e da localização da linha de alimentação na borda não radiante do *patch*. O sistema irradiante apresentou uma largura de banda de 300 MHz, perda de retorno de -27,47dB, com ganho de 3,75dB que tornaram a antenna mais eficiente em aplicações V2X.

Observamos que, à medida que o truncamento se aproxima da metade do comprimento do *patch*, a frequência de ressonância se mantém constante, porém a largura de banda aumenta.

REFERÊNCIAS

- [1] C. A. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design," 3rd ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2005, pp. 811–867.
- [2] Slovick, M., "DSRC vs. C-V2X: Looking to Impress the Regulators", Electronic Design, 2017.
- [3] FCC, "FCC Modernizes 5.9GHz band for wi-fi and Auto Safety", [FCC 20-164], s.l.: FCC NEWS, 2020.
- [4] Carneiro, I. R. "Análise do Desempenho Numérico entre Arranjos Lineares e Planares de Antenas de Microfitas" Dissertação - Engenharia de Telecomunicações, IFCE, Fortaleza, 2020.
- [5] Kishk A., "Advancement in Microstrip Antennas with Recent Applications", pp 180-196.
- [6] ANATEL, "Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil", [Resolução Nº 719], s.l.: ANATEL, 2010.