

## Implementación en Hardware de receptor QSM para sistema SISO-OFDM en ambientes V2V

La industria automotriz se encuentra en constante evolución, los vehículos autónomos ofrecen varios beneficios, como mejor seguridad, menor congestión en tráfico, menor impacto ambiental, y gasto reducido de capital [1]. Muchas aplicaciones de la tecnología vehicular V2V (Vehicle to Vehicle) están siendo desarrolladas actualmente, sin embargo, los recursos para el soporte de éstas (vehículos equipados con la tecnología necesaria, estaciones base, etcétera) no se encuentran disponibles aún y progresan de manera muy lenta en comparación con las tecnologías que deben soportar [2]. Direct Short-Range Communications (Comunicaciones directas de rango corto, DSRC), es un estándar que está relacionada con el IEEE 802.11p, el mismo consiste en el uso de técnicas de radio para transferir datos sobre distancias cortas entre unidades de radio móviles y fijas, o una combinación de ambas, para realizar operaciones relacionadas con el flujo del tráfico, seguridad, etcétera [5]. Este tipo de comunicación trae algunas desventajas, lo anterior debido a que las comunicaciones inalámbricas son complicadas en sí debido a las interferencias de otros usuarios así como las señales indeseables de ruido presentes en el canal, si a lo anterior se le agrega el factor de movimiento de transmisor y receptor a velocidades relativamente altas, se requiere combatir efectos de selectividad en tiempo y frecuencia del canal, dispersión, entre otros, mientras se mantiene la calidad de la transmisión.

Los canales V2V difieren un poco de los canales celulares [6]:

- En V2V, el transmisor y el receptor están a la misma altura y en ambiente similar, por lo que la propagación en el plano horizontal, donde hay mayores reflexiones y difracciones en las esquinas, por ejemplo, es más relevante sus efectos en el desempeño del sistema.
- Scattering (dispersión) puede ocurrir tanto en el transmisor como en el receptor, y comúnmente se acentúa cuando ambos se están moviendo.
- La distancia en que las comunicaciones ocurren es más pequeña, usualmente menor a 100 m.
- Según el estándar, V2V opera mayoritariamente a 5.9 GHz, lo que ocasiona una mayor atenuación de la señal, y ciertos fenómenos de propagación, como la difracción, son menos eficientes.

La modulación espacial (Spatial Modulation, SM) es un esquema de transmisión especial y atractivo que recientemente ha surgido como una técnica adecuada a emplearse en sistemas MIMO (Multiple-Input, Multiple-Output) [7]. En SM, los bits de información son divididos en bloques, y cada uno de estos tiene  $\log_2(N_t M)$  bits, donde  $N_t$  es el número de antenas transmisoras, y  $M$  es el orden de la constelación de modulación. En cada bloque,  $\log_2(N_t)$  bits se usan para seleccionar una antena del sistema de transmisión, y  $\log_2(M)$  para la selección del símbolo de la constelación  $M$ -aria. También, debido a que solamente hay una antena activa para transmitir información, la interferencia inter canal (Inter-Channel Interference, ICI) se evita perfectamente. Recientemente, se propuso un nuevo esquema de modulación QSM (Quadrature Spatial Modulation) [8], el cual puede mejorar la eficiencia espectral de SM. En QSM, el símbolo transmitido es dividido en parte real (en fase) y parte imaginaria (cuadratura), y cada una de estas es transmitida por una antena distinta del sistema en el mismo uso de canal, teniendo igualmente  $\log_2(N_t)$  bits para seleccionar cada una de las antenas. Ya que ambas dimensiones son ortogonales, la modulación QSM también evita la ICI, lo cual se suma a las ventajas ya mencionadas de la modulación espacial simple. Según [8], en la parte receptora, el método de detección óptimo para el esquema QSM es el ML (Maximum Likelihood, máxima verosimilitud). Por lo que en este presente trabajo se propone el Diseño e implementación de una arquitectura RTL para un detector QSM aplicado a sistemas SISO-OFDM (Single Input- Single Output) en ambientes vehiculares V2V, utilizando herramientas de diseño MATLAB o Simulink para simulación y FPGA para validación en Hardware, se utilizará aritmética de punto fijo, la cuál debe ser que sea parametrizable en el número de portadoras para la modulación OFDM, eficiente en área y potencia, con la finalidad de obtener una detección de símbolo QSM muy aproximada en una plataforma de hardware. Se espera que los que se puedan obtener con el algoritmo de detección QSM para el sistema SISO-OFDM para aplicaciones V2V obtenga un desempeño en términos de Tasa de Error de Bit (BER) muy cercano al óptimo de Máxima Verosimilitud (ML), implementado en FPGA para validación en hardware, El trabajo se enfoca en la simulación de un algoritmo para detección para modulación QSM en sistemas SISO-V2V con aplicaciones en ambientes vehiculares en MATLAB, y su posterior implementación en FPGA del mismo en hardware.

Requerimientos: Conocimiento de comunicaciones digitales, matemáticas básicas, álgebra lineal, uso de Matlab y Simulink.

Habilidades a desarrollar: Manejo de herramientas de descripción de hardware, descripción de modelos, simular en Matlab, especializarse en diseño digital para sistemas de comunicación inalámbricos.

Se plantea una estancia nacional en CINVESTAV-GDL o UASLP

Publicación de un artículo de conferencia internacional IEEE

### Bibliografía

[1] 5G Americas, "Cellular V2X Communications Towards 5G," 2018.

[2] T. G. McGi\_en, S. Beiker, and A. Paulraj, "Motivating Network Deployment: Vehicular Communications," IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 12, no. 3, pp. 22{33, 2017.

[3] US Department of Transportation, "V2V Communications - Readiness of V2V Technology for Application," no. August, 2014.

[4] US Department of Transportation, "ITS Standards Program | Development Activities | CVRIA." <https://www.standards.its.dot.gov/DevelopmentActivities/CVReference>.

[5] Innovation Science and Economic Development Canada, "Intelligent Transportation Systems | Dedicated Short Range Communications ( DSRC ) | On-Board Unit ( OBU )," 2017.

[6] A. F. Molisch, F. Tufvesson, J. Karedal, and C. F. Mecklenbräuauker, "A Survey on Vehicle-to-Vehicle Propagation Channels," no. December, pp. 12{22, 2009.

[7] R. Mesleh, H. Haas, A. Chang Wook, and Y. Sangboh, "Spatial Modulation - A New Low Complexity Spectral Efficiency Enhancing Technique," 2006.

[8] R. Mesleh, S. S. Ikki, and H. M. Aggoune, "Quadrature Spatial Modulation," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 63, no. 8, pp. 3700{3714, 2015.

[9] I. Al-Nahhal, O. A. Dobre, and S. S. Ikki, "Quadrature spatial modulation decoding complexity: Study and reduction," IEEE Wireless Communications Lett., vol. 6, no. 3, pp. 378–381, June 2017.

[10] Y. Jiang, Y. Lan, S. He, J. Li, and Z. Jiang, "Improved low-complexity sphere decoding for generalized spatial modulation," IEEE Communications Lett., vol. 22, no. 6, pp. 1164–1167, June 2018.

[11] L. X. et al., "Efficient compressed sensing detectors for generalized spatial modulation systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 66, no. 2, pp. 1284 – 1298, Feb. 2017.

[12] Z. Bai, S. Peng, Q. Zhang, and N. Zhang, "Occ-selection-based high-efficient uwb spatial modulation system over a multipath fading channel," IEEE System Journal, pp. 1–9, Sep. 2018.