

## ***SIMULACIÓN DE UN NODO DE COMUNICACIÓN VEHICULAR MEDIANTE PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN FLEXRAY USANDO CANOE***

### ***SIMULATION OF A VEHICULAR COMMUNICATION NODE THROUGH THE FLEXRAY COMMUNICATION PROTOCOL USING CANOE***

Alex Llerena<sup>1</sup>, Fernando Gomez<sup>2</sup>, Adolfo Peña<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ciencias Técnicas, Escuela de Ingeniería Automotriz  
e – mail : <sup>1</sup>alllerename@uide.edu.ec, <sup>2</sup>magomezbe@uide.edu.ec, <sup>3</sup>ajpena@uide.edu.ec.

*Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, IX Edición 2020, No. 3 (10)*

#### **Resumen**

En este artículo se describe como funciona el protocolo Flexray. La demanda de redes de comunicaciones automotrices está sufriendo una rápida evolución donde el estándar requerido deberían ser sistemas electrónicos más rápidos y confiables para el vehículo. El diseño de redes automotrices en vehículos está influenciado por varios factores, como el ancho de banda, las propiedades en tiempo real, la confiabilidad y el costo. FlexRay es un protocolo activado por el tiempo que puede satisfacer estas especificaciones. Puede funcionar como un sistema de dos canales. El software CANoe es utilizado por diseñadores de sistemas, integradores de sistemas, desarrolladores de redes y ECU, y con fines de prueba en todas las fases del proceso de desarrollo.

**Palabras Clave:** Flexray, protocolo de comunicación, CANoe, red de vehículos automotrices.

#### **Abstract**

*In this paper is described how the Flexray protocol works. The demand for automotive communication networks is suffering a rapid evolution where the required standard should be faster and more reliable electronic systems for the vehicle. The design of automotive networks in vehicles is influenced by several factors, such as bandwidth, real-time properties, reliability, and cost. FlexRay is a protocol triggered by the time that can satisfy these specifications. It can operate as a dual channel system. The CANoe software is used by system designers, systems integrators, network developers and ECUs, and for testing purposes in all phases of the development process.*

**Keywords:** Flexray, Protocol Communication, CANoe, Vehicle Network.

## 1. Introducción

Hoy en día, los vehículos incluyen una estructura compleja de sistemas electrónicos inteligentes y estructuras mecánicas integradas. En el interior de los vehículos, las redes cuentan con un método eficaz de comunicación entre los distintos componentes electrónicos. La infraestructura de comunicación en un automóvil consiste en diferentes sistemas de bus que están interconectados entre sí, depende de la previa del sistema para decidir qué bus se utilizará dentro del automóvil.

Vehículos que utilizan el sistema de frenos hidráulicos para detener el movimiento del vehículo. Este sistema requiere transmisión de datos, y estos datos deben transportarse de forma segura sin perder paquetes de datos y de forma rápida. FlexRay es un Fieldbus para automóviles. Si bien las simulaciones FlexRay por debajo del nivel del sistema ya están establecidas en las cadenas de herramientas automotrices, la simulación a nivel del sistema FlexRay aún no es común.

La simulación de diseños y configuraciones de Fieldbus es muy importante en el desarrollo automotriz. El protocolo FlexRay [1] es un protocolo activado por tiempo. Durante un ciclo de comunicación, el segmento estático proporciona acceso de bus determinista de acuerdo con un esquema de acceso múltiple por división de tiempo coordinado (TDMA). Además, el segmento dinámico admite una comunicación de prioridad estricta activada por eventos. [2]

Este trabajo aporta un modelo de simulación para buses de campo automotrices basados en FlexRay que se abstrae de los detalles de implementación y hardware. El estándar FlexRay se utiliza en el modelo de simulación. El modelo de simulación está diseñado para comunicar dos unidades de control electrónico (ECU).

FlexRay es un protocolo de comunicación diseñado como un bus automotriz confiable. Ofrece mayor ancho de banda que los protocolos anteriores como CAN o LIN. Es adecuado para la comunicación de aplicaciones críticas para la seguridad con altos requisitos de sincronización en cuanto a latencia y fluctuación. Además, ofrece dos métodos diferentes para transmitir tramas: Se utilizan estrategias de acceso múltiple por división de tiempo coordinada para enviar mensajes programados estáticamente. La comunicación activada por eventos priorizados es

compatible con un protocolo de mini slot. Debido al enfoque TDMA, cada nodo tiene su propio reloj que debe sincronizarse con precisión. Los relojes locales se sincronizan mediante corrección de frecuencia y desplazamiento en intervalos de tiempo específicos del segmento estático.

Una red FlexRay consta de conjuntos de ECU con controlador FlexRay. Cada controlador se conecta a otro canal de comunicación a través del controlador de bus. Un canal de comunicación puede ser:

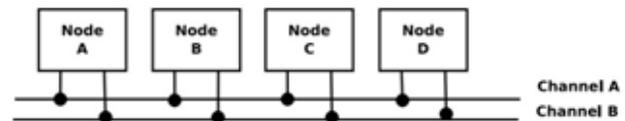


Figura 1. Configuración de bus pasivo de doble canal

1. Bus pasivo
2. Estrella activa
3. Híbrido (combinación de bus activo y pasivo)

Las topologías de bus pasivo y activo son como se muestra en la Figura 1 y Figura 2. En la configuración de bus pasivo, dos canales de cada nodo (A, B, C y D) están conectados al bus. Todos los nodos comparten el mismo bus para comunicarse entre sí.

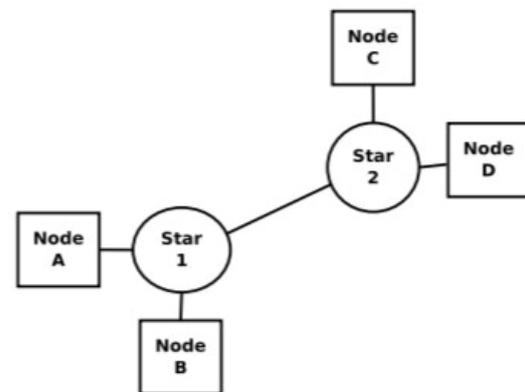


Figura 2. Configuración de bus activo

En la Figura 2 se muestra una red de un solo canal con dos acopladores en estrella (1 y 2). Dos nodos están conectados a cada acoplador. El nodo A o B puede comunicarse con el nodo C o D a través de estos acopladores de dos estrellas.[10]

El ciclo de comunicación FlexRay es el elemento fundamental del esquema de acceso a medios dentro de FlexRay. La duración de un ciclo es fija cuando se diseña la red, pero normalmente es de entre 1 y 5 ms. El ciclo de comunicación se muestra en la

Figura 3. Hay cuatro partes principales de un ciclo de comunicación:

- Segmento estático.
- Segmento dinámico.
- Ventana de símbolos.
- Tiempo de inactividad de la red.

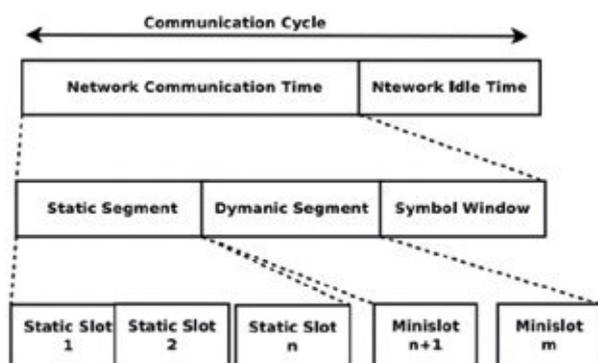


Figura 3. Ciclo de comunicación

El segmento estático consta del intervalo de duración fija. Cada nodo posee un segmento, configurado en la etapa de inicialización y transmite datos en su propio segmento. La comunicación determinista la proporciona el segmento estático.

El segmento dinámico tiene una duración global fija, que se subdivide en mini ranuras. La duración de cada una de las mini ranuras es menor que la de una mini ranura estática. Para la trama de longitud de mensaje dinámica, se pueden asignar varios números de mini intervalos dinámicos.[8]

La ventana de símbolo se utiliza para el mantenimiento de la red y la señalización en la red y el tiempo de inactividad de la red se utiliza para la sincronización entre los nodos de la red.

El marco FlexRay tiene principalmente tres partes: [3]

- Los segmentos de encabezado
- Los segmentos de carga útil
- Los segmentos de remolque

El formato del marco FlexRay es como se muestra en la Figura 4.

Segmento de encabezado El segmento de encabezado contiene la información de control de protocolo como indicador de preámbulo de carga útil, sincronización de trama, indicador de trama de

sincronización, indicador de trama de inicio, longitud de carga útil, CRC de encabezado, indicador de trama nula, ID de trama y longitud de ciclo.[9]

El segmento de carga útil en el segmento de carga útil debe haber hasta 254 bytes de datos. Cuando no hay datos en el segmento de carga útil, se establece el indicador de trama nula. Opcionalmente, en los primeros dos bytes, se puede enviar un ID de mensaje para indicar el tipo de mensaje enviado en la trama.

Segmento de remolque la sección de remolque contiene un CRC de 24 bits que protege el marco completo

## B. Obras relacionadas

Hay pocas obras en este contexto. En [4], los autores proponen una arquitectura integrada de seguridad para el desarrollo de un sistema Steer-By-Wire utilizando una red CAN. Su arquitectura de hardware es muy similar a nuestra arquitectura y el bus CAN está duplicado para garantizar un sistema confiable. La simulación del sistema se realiza usando la herramienta CANoe y luego el sistema se valida usando soluciones de Microchip de bajo costo para ECU e interfaces CAN. Sus trabajos se han centrado en el análisis de diseños de seguridad. Los inconvenientes del bus CAN son la falta de determinismo y ancho de banda.

En [5], los autores proponen un método integrado para evaluar tanto el rendimiento en tiempo real como la "Fiabilidad del comportamiento" de un sistema Steer-By-Wire. Definen un indicador de QoS del sistema que intenta optimizarlo. Sus resultados se validan en una arquitectura embebida real con redes TT y Flexray.

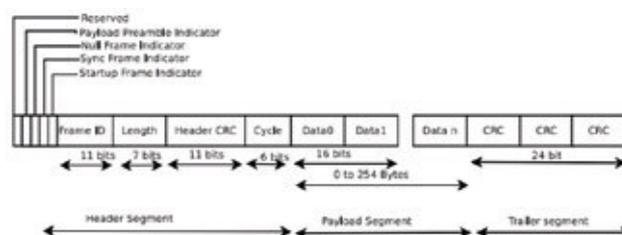


Figura 4. Formato de marco Flexray

## 2. Materiales y Métodos

Para la simulación se utiliza el software CANoe, donde se utiliza una estructura de modelo simple de dos ECU con el bus Flexray que se muestra en la Figura 5.

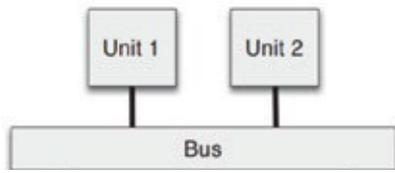


Figura 5. Estructura del modelo de simulación Flexray

Se creará una red simulada para verificar si la configuración general se realiza con el Protocolo FlexRay en CANoe. FlexRay, que es profesional y conveniente para simular, analizar y probar la red FlexRay, se emplea como nuestra herramienta principal durante la simulación.[6]

Primero, creamos un nuevo archivo Flexray en CANoe. A continuación, los nodos se agregan a la simulación.

En la Figura 6 se agrega una base de datos, esto es importante para ser considerado para la simulación. Para este modelo se utiliza una demostración de CANoe basada en datos de demostración Flexray.

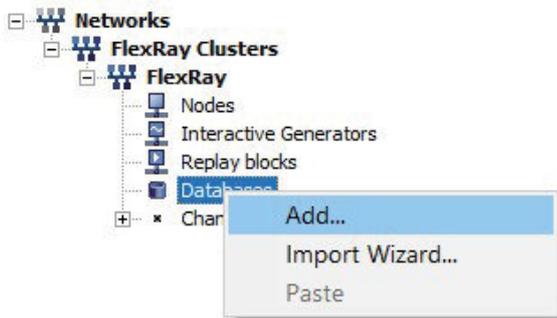


Figura 6. Creación de base de datos para simulación Flexray

Finalmente, los nodos se cargan con una configuración y obteniendo el modelo mostrado en la Figura 7.

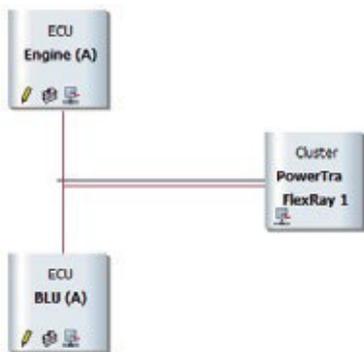


Figura 7. Esquema de simulación del nodo en red FlexRay

En la figura 8. se muestra la simulación red flexray con dos ECU donde se puede observar el rastro de la

comunicación flexray y los datos a través de la red.[7]

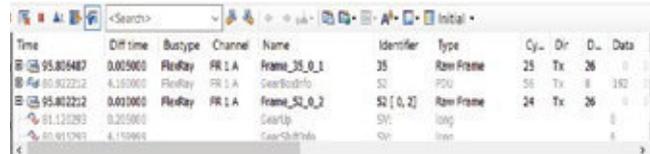


Figura 8. Simulación de la red Flexray Trace

### 3. Resultados y Discusión

Los mensajes a través de la ECU se pueden contar como muestra la figura 9. En la simulación se muestra el historial de mensajes de la comunicación Flexray.

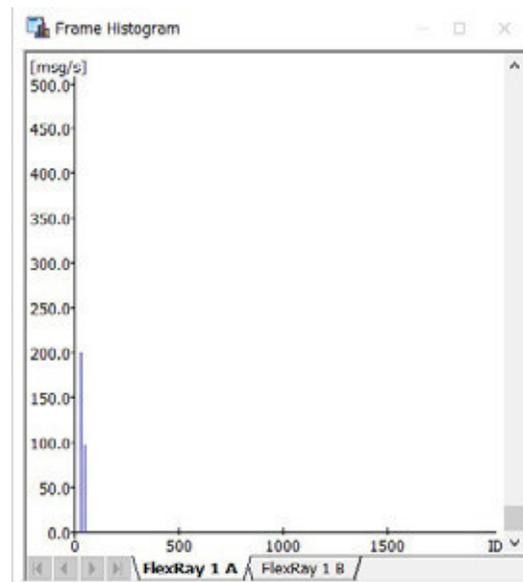


Figura 9. Historial de marcos de mensajes

### 4. Conclusiones

El artículo ha presentado una arquitectura para diseñar y simular un bus Flexray. En primer lugar, la arquitectura es en base a la comunicación de un solo nodo, Sin embargo, al usar el software en modo demo existen algunas limitaciones, pero se puede establecer las tramas de datos que existen dentro de la comunicación de ECU's.

La simulación ha permitido validar la funcionalidad del bus y su topología. El protocolo Flexray es un bus tolerante a fallas y se considera suficiente para aplicaciones críticas para la seguridad, siendo necesario la simulación de la introducción de ruido en la red planteada.

La demostración de CANoe no permite simular más de 4 ECU, esa es una limitación de una versión de demostración.

## 5. Referencias

- [1] Consortium FlexRay, "Protocol Specification,," Consortium FlexRay, Stuttgart, 2010.
- [2] R. Makowitz, "FlexRay – A Communications Network for Automotive Control Systems,," WFCS, 2006.
- [3] NI, "FlexRay Automotive Communication Bus Overview,," National Instrument, 24 08 2016. [Online]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/3352/en/>.
- [4] Juan R. Pimentel, "An architecture for a safety-critical steer-by-wire system,," Society of Automotive Engineer, 2004.
- [5] P. Y. a. J and C. Gerde, "Steer-by-wire for vehicle state estimation and control,," In proceedings of the International Symposium on Advanced Vehicle Control (AVEC), Netherlands, 2004.
- [6] Shaw, R., & Jackman, B. (2008, June). An introduction to FlexRay as an industrial network. In 2008 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (pp. 1849-1854). IEEE.
- [7] Makowitz, R., & Temple, C. (2006, June). Flexray-a communication network for automotive control systems. In 2006 IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (pp. 207-212). IEEE.
- [8] Park, I., & Sunwoo, M. (2010). FlexRay network parameter optimization method for automotive applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 58(4), 1449-1459
- [9] Koopman, P. (2004). The FlexRay Protocol. Electrical and Computer Engineering, Carnegie Mellon University
- [10] Nilsson, D. K., Larson, U. E., Picasso, F., & Jonsson, E. (2009). A first simulation of attacks in the automotive network communications protocol flexray. In Proceedings of the International Workshop on Computational Intelligence in Security for Information Systems CISIS'08 (pp. 84-91). Springer, Berlin, Heidelberg.

## 6. Biografía



<sup>1</sup>Manuel Fernando Gómez Berrezueta. - Ingeniero Mecánico Automotriz (Universidad Politécnica Salesiana), Maestro en Ingeniería Automotriz (Tecnológico de Monterrey, Toluca), Doctorando en Ciencias de la Ingeniería (Tecnológico de Monterrey, Ciudad de México), Doctorando en Educación (Universidad de Rosario), Docente – Investigador UIDE-Sede Guayaquil, Consultor - Asesor Técnico Área Ingeniería Automotriz, Miembro: RELIEVE (Red Latinoamericana de Investigación en Energía y Vehículos), Trabajó en varios proyectos de Investigación Internacionales. Becario SENESCYT.



<sup>2</sup>Alex Fernando Llerena Mena. Master of Science in Mechatronic Engineering – Vehicle informatics, Obuda University- Budapest; Ingeniero Mecatrónico, Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE Latacunga; Supervisor Electrónico, Asistente Mecánico, Asesoramiento de proyectos, Docente de la Universidad Internacional del Ecuador. Producción científica de: artículos científicos relacionados al área mecánica y electrónica; ponencias nacionales e internacionales.



<sup>3</sup>Adolfo Juan Peña Pinargote Máster en Gerencia en Innovaciones Educativas de Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Ingeniero Automotriz de Escuela Politécnica del Ejército; estudios actuales de Doctorado en Humanidades y Artes con Mención en Ciencias de la Educación en Universidad Nacional de Rosario - Argentina, además de estudio de "Maestría en Diseño Mecánico" en Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| Fecha recepción  | 05 noviembre 2020 |
| Fecha aceptación | 22 diciembre 2020 |