

Avances en Simulación de Comunicación KNX para un Aerogenerador de Baja Potencia Bajo Condiciones Climáticas Severas

Advances in Simulating a KNX Communication for a Low Power Wind Turbine Under Severe Climate Conditions

Presentación: 05/08/2024

Doctoranda:

Adriana Laura IBARRETA FAÑANAS

Facultad Regional Santa Cruz - Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
libarretaf@frsc.utn.edu.ar

Director:

Mario Blas LABORATO

Resumen

El propósito de este artículo es presentar los avances del plan de tesis presentado en jornadas anteriores, en particular, el avance y problemas encontrados respecto a la simulación correspondiente a la comunicación propuesta utilizando el protocolo KNX de power line communications para comunicar un aerogenerador de baja potencia, con una central de control ubicadas en una zona aislada de la Patagonia Austral, teniendo en cuenta que se debe trabajar bajo condiciones climáticas severas que incluyen acumulación de escarcha, nieve y fuertes vientos capaces de dañar estructuras.

La simulación se realizó mediante el software Matlab, encontrando problemas a la hora de simular respecto a la alta frecuencia requerida por el protocolo KNX de power line communication, en particular a la hora de considerar errores en el proceso de modulación y demodulación de la señal.

Palabras clave: Simulación, KNX Power Line Communication, Aerogenerador

Abstract

The main purpose of this article is to present the thesis plan proposal and its advances in particular, the progress and problems found in the communication following the KNX Power Line Communication protocol, between a low power wind turbine and a control center located in an isolated area in South Patagonia, given the severe climate conditions preset in this area, with snow accumulation, hoarfrost and strong winds capable of damaging structures.

The simulation is presented using Matlab software, finding problems using the high frequency modulation required in KNX Power Line Communication protocol, in particular, considering rate errors in modulation and demodulation.

Keywords: Simulation, KNX Power Line Communication, Wind Turbine

Introducción

El problema de la falta de conexión al tendido eléctrico en áreas aisladas es conocido mundialmente (Liu, Y., 2018), el cual afecta entre otras regiones a la Patagonia Austral, debido a su gran extensión y a la centralización de regiones urbanas, deja gran parte del territorio desprovisto, debiendo adoptar alguna otra forma de obtener energía. En particular en este caso, se propone el uso de un aerogenerador de baja frecuencia, teniendo en cuenta que la Argentina no posee una gran matriz en lo que refiere al uso de energías renovables (Castelao Caruana, 2019) a pesar de tener un gran potencial energético, especialmente en lo que refiere a la Patagonia Austral (Samela, A. M. & Bahamonde, P. J., 2011). El aerogenerador sugerido deberá satisfacer las necesidades energéticas de un asentamiento aislado, como puede ser una escuela rural, un casco de estancia, un puesto fijo de vialidad o algún puesto de guardaparque, los cuales pueden encontrarse a lo largo de la Patagonia Austral.

El mencionado aerogenerador, deberá funcionar correctamente bajo condiciones climáticas severas las cuales abarcan condiciones que ponen en riesgo la estructura y funcionamiento de este, como son las bajas temperaturas, la presencia de escarcha, la cual se hace presente desde el otoño, y la constante presencia de vientos de gran intensidad (Samela, A. M. & Bahamonde, P. J., 2013), capaces de arrastrar partículas o pequeñas rocas.

El aerogenerador seleccionado, es un aerogenerador de eje vertical, de baja potencia, con rotor sin escobillas para evitar el uso de ciertas partes mecánicas que puedan dañarse, con tres palas en forma de gota, similar al desarrollado por la UTN FRSC (Samela, A. M. & Ibarreta Fañanas, A. L., 2018).

Para evitar daños severos en la estructura del aerogenerador se pretende realizar un monitoreo del estado del aerogenerador mediante sensores colocados en palas, eje y rotor, de modo que ante parámetros fuera de los comunes, se ordene desde una central de comando, la cual es alimentada por el aerogenerador, la detención de este. Para ello se requiere una comunicación robusta y fiable, es por eso que se escogió realizar la una comunicación utilizando la técnica Power Line Communication, la cual propone realizar la comunicación a través del tendido eléctrico existente, en este caso, entre el aerogenerador y la central de comando.

La técnica Power Line Communication, es ampliamente utilizada (Wang B. & Cao Z, 2019), y si bien se encuentra asociadas a la lectura inteligente de medidores de energía (Smart Grid) (Yigit, 2014), la misma posee múltiples otros usos, lo que la convierte en una técnica confiable de gran eficiencia, y económica, debido a que no precisa instalación ni tendido ya que aprovecha la línea de tensión existente. Sin embargo, la amplia variedad de usos que dicha técnica ha demostrado, dependiendo del tipo de aplicación que se le desee dar, al a misma puede adquirir otras características. Puede realizarse una distinción entre las denominadas Narrowband Power Line Communication (Llano, A. & De La Vega D., 2019) la cual fue diseñada para cubrir áreas de gran tamaño sin necesidad de repetidoras, lo que genera una comunicación robusta y confiable y Broadband Power Line Communication (Gonzales Ramos, J. & Uribe Pérez N., 2022) la cual está diseñada para cubrir áreas de menor tamaño, pero con mayor velocidad, ofreciendo una comunicación rápida y segura, utilizada principalmente en in-home multimedia (Potisk, L. & Hallon, J., 2018).

Dada la variedad de usos de la mencionada técnica, y en búsqueda de estandarizar los mismos para su simple aplicación, se conocen numerosos protocolos y estándares aplicados a Power Line Communications, previo a este artículo, se realizó un estudio respecto a los mismos, realizando una selección de tres protocolos a utilizar para el problema presentado (Ibarreta Fañanas, A. L. & Lavorato, M. B., 2021). De esta selección se destacan los protocolos PRIME (Llano, A., Angulo, I, 2020), G3 PLC (Di Bert, L., D'Alessandro, S., 2014) y el estándar X10 (R. P. Joshi, S. Bhosale, 2008). Sin embargo, en mencionado estudio, no se seleccionó el protocolo KNX, debido a que el mismo presentaba sólo ejemplos de uso de automatización indoor, y que dicha comunicación presentaba una comunicación tipo half-duplex, sin embargo, dada la velocidad en la que se pretende realizar la comunicación, se podía adaptar a una comunicación full-duplex sin problema.

Desarrollo

Previo a la realización de la simulación, se realizó un estudio del protocolo seleccionado KNX (Pisapan, P., & Wongpanyo, W., 2023), el cual presenta las siguientes características, la comunicación posee una tasa de transferencia de 1,2 kbit/s, el mensaje se envía mediante Spread Frequency Shift Keying (S-FSK) donde la frecuencia de 105,6 kHz corresponde a un cero y la de 115,2 kHz. La estructura del mensaje comienza con un campo de entrenamiento que sincroniza los niveles del transmisor del mensaje y receptor. Luego posee un campo preliminar, que indica el comienzo de la transmisión, control de acceso al bus y que previene la colisión de paquetes. El tercer campo es el mensaje que se desea enviar. Finalmente, el último campo posee ID del sistema, de modo que sólo los dispositivos que poseen la misma ID puedan comunicarse.

Para realizar la simulación se escogió el software Matlab de Mathworks, en particular Simulink, debido a que este no solo permite realizar la simulación de la capa física de la comunicación deseada, sino que permite agregar otras herramientas que pueden resultar en la mitigación del ruido producido en la comunicación, como puede ser el ruido impulsivo, el cual que más afecta en Power Line Communication.

Como primera medida se envió un mensaje aleatorio, modulado en S-FSK con las especificaciones antes mencionadas en el protocolo KNX. Posteriormente, se montó la señal sobre una senoide de 220V, 50Hz, correspondiente a la señal de energía, enviándose por un canal ideal, sin presencia de ruido. Luego, se realizó el filtrado de la señal de energía y posterior demodulación obteniendo el mensaje enviado originalmente. Se muestra en la Figura 1 el sistema presentado en Simulink.

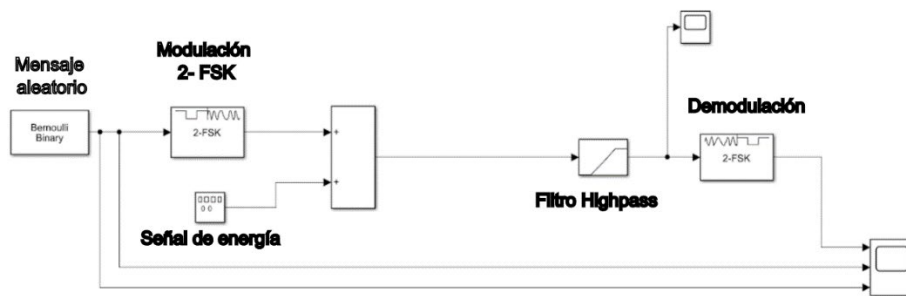


Figura 1: Sistema de bloques presentado en Simulink

Se observó la correlación entre el mensaje enviado y el mensaje obtenido, encontrando cierta discrepancia entre los mismos. A pesar que gráficamente se veían de forma similar, con la velocidad escogida de simulación la señal obtenida se nota una leve deformación de la señal. En la figura 2, puede verse la comparación de las señales enviadas y recibidas.

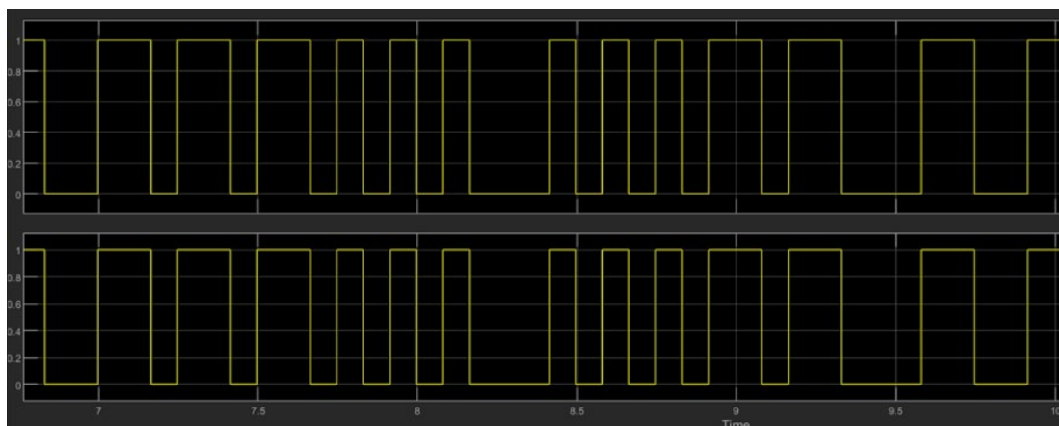


Figura 2: Comparación entre señal enviada y señal recibida

Debido a esto, se realizó un cálculo de errores utilizando el bloque Error Rate Calculation, notando que el mismo superaba los valores esperados, considerando además que aún no se había realizado la adición de ruido impulsivo al canal de comunicación. En la figura 3 puede verse el Error Rate obtenido.

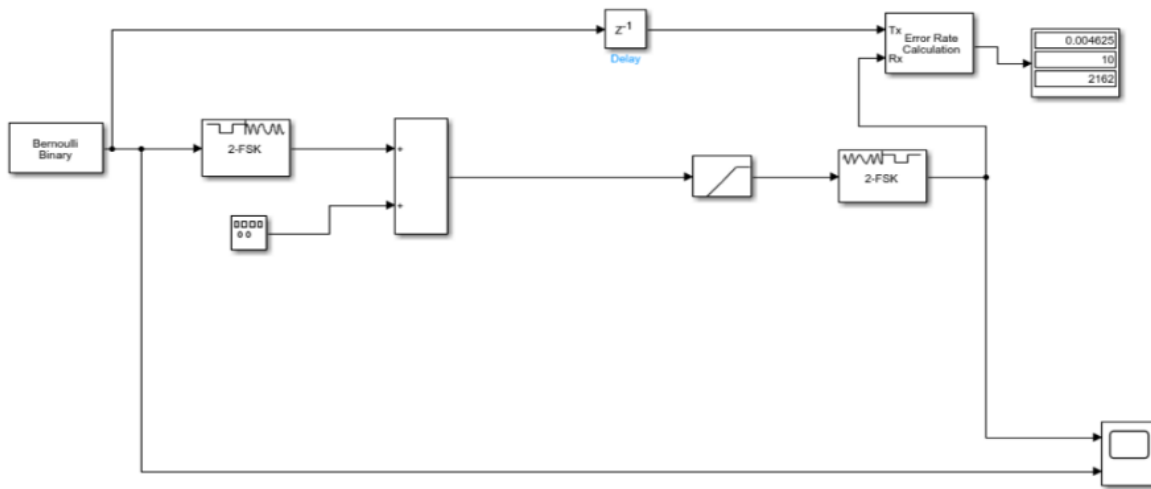


Figura 3: Cálculo de error mediante el bloque Error Rate Calculation

Considerando el resultado obtenido, se realizó un nuevo cálculo de errores, esta vez considerando sólo la modulación, encontrando que el mismo, a la frecuencia utilizada, era un valor demasiado elevado.

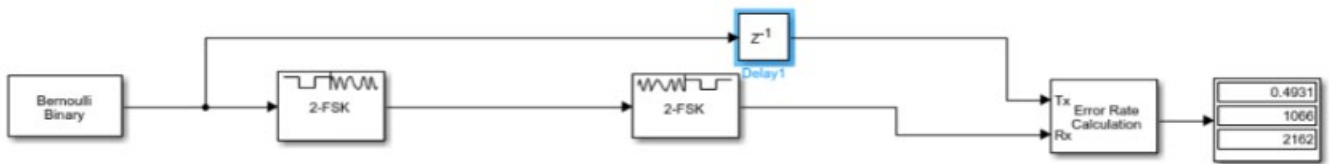


Figura 4: Cálculo de error mediante el bloque Error Rate Calculation

Posteriormente se intentó reemplazar los bloques de modulación por bloques armados por el usuario, encontrando que a la frecuencia necesaria, la señal nuevamente se deformaba.

Resultados

Como resultado, teniendo en cuenta las mediciones realizadas mediante simulación, se obtuvo en el envío del mensaje modulado, sin agregar la señal de energía como portadora, un error de 0.49, lo que indica que casi la mitad del mensaje enviado tenía error.

Tampoco se logró obtener un mejor resultado realizando bloques desarrollados por el usuario, ni mediante el bloque Matlab, donde se permite introducir programación por línea de comando a un bloque. Esto se debe a la frecuencia utilizada a la hora de modular, la cual no puede modificarse ya que se encuentra especificada en el protocolo.

Conclusiones

Dados los problemas presentados, se concluye para este caso, se debería realizar la simulación con otro software, si bien existen numerosos softwares de simulación de capa física de comunicación, los más conocidos no poseen la posibilidad de agregar bloques de corrección de errores como se pretendía hacer

mediante el uso de Simulink. Se procederá a realizar un estudio exhaustivo para encontrar la forma de reemplazar el software propuesto, de modo de poder realizar la simulación y corrección de errores de forma efectiva, como por ejemplo el software OMNeT++ (J. Larranaga, J. Legarda, 2015).

Referencias

- Castelao Caruana, M. E. (2019). La energía renovable en Argentina como estrategia de política energética e industrial. *Problemas del desarrollo* vol.50 no.197, 1-11. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.197.64625>
- Di Bert, L., D'Alessandro, S., (2014). A G3-PLC simulator for access networks. 18th IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (págs. 99-104). IEEE. doi: 10.1109/ISPLC.2014.6812329
- Gonzales Ramos, J. & Uribe Pérez N. . (2022). Upgrading the Power Grid Functionalities with Broadband Power Line Communications: Basis, Applications, Current Trends and Challenges. *Sensors* 2022, 1-34. <https://doi.org/10.3390/s22124348>
- Ibarreta Fañanas, A. L. & Lavorato, M. B. (2021). Selección de un protocolo de Power Line Communication aplicado a aerogenerador bajo condiciones climáticas severas. *Anales AFA Vol. 32 Nro. 2*, 55-61. DOI: <https://doi.org/10.31527/analesafa.2020.32.2.55>
- J. Larranaga, J. Legarda. (2015). An experimentally validated PRIME subnetwork simulation model. In 2015 IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (ISPLC) (págs. 95-100). IEEE. DOI: 10.1109/ISPLC.2015.7147596
- Liu, Y. (2018). Modeling, planning, application and management of energy systems for isolated areas: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 460-470. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.063>
- Llano, A. & De La Vega D. (2019). Impact of Channel Disturbances on Current Narrowband Power Line Communications and Lessons to Be Learnt for the Future Technologies. *IEEE Access* vol 7, 83797-83811. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2924806
- Llano, A., Angulo, I. (2020). Virtual PLC lab enabled physical layer improvement proposals for PRIME and G3-PLC standards. *Applied Sciences*, 1777. <https://doi.org/10.3390/app10051777>
- Pisapan, P., & Wongpanyo, W. (2023). A capability of power line communication for HEMS of smart grid on traditional home power grid in Thailand. *International Journal of Emerging Electric Power Systems* (págs. 163-172). IEEE. <https://doi.org/10.1515/ijeeps-2021-0234>
- Potisk, L. & Hallon, J. (2018). Electromagnetic compatibility of PLC adapters for in-home/domestic networks. *Journal of Electrical Engineering*, 69, 79-84. DOI: <https://doi.org/10.1515/jee-2018-0011>
- R. P. Joshi, S. Bhosale. (2008). Analysis and Simulation of Noise in Power Line Communication Systems. 2008 First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (págs. 1287-1292). IEEE. DOI: 10.1109/ICETET.2008.234
- Samela, A. M. & Bahamonde, P. J. (2011). Determinación de parámetros de vientos en el sur de la Provincia de Santa Cruz. II Congreso Latinoamericano de Ingeniería de Vientos (CLIV),, (pág. 11). La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/100218>
- Samela, A. M. & Bahamonde, P. J. (2013). Estudio del régimen de vientos en la localidad de Gobernador Gregores. ASADES 2013-XXXVI Reunión de Trabajo. Tucuman. <http://hdl.handle.net/20.500.12272/2561>

Samela, A. M. & Ibarreta Fañanas, A. L. (2018). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR EOLOELÉCTRICO DE BAJA POTENCIA ADAPTADO A CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA PATAGONIA AUSTRAL. III Congreso Argentino de Energías Sustentables (págs. 104-111). Bahía Blanca: edUTecNe.

Wang B. & Cao Z. (2019). A Review of Impedance Matching Techniques in Power Line Communications. *Electronics*, 1-26. <https://doi.org/10.3390/electronics8091022>

Yigit, M. (2014). Power line communication technologies for smart grid applications: A review of advances and challenges. *Computer Networks*, 366-383. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2014.06.005>