

**VISUALIZACIÓN CON LED'S DEL FUNCIONAMIENTO
DE UNA RED TSCH/RPL**

AUTORES: DIEGO FRAGA, GIULIANO TURPÍA, IGNACIO VALETTUTE

Emails: diego.fraga@fing.edu.uy, giulianoturpia@fing.edu.uy, ignacio.valettute@fing.edu.uy

Tutor: Leonardo Steinfeld

Email: leo@fing.edu.uy

Instituto de Ingeniería Eléctrica - Facultad de Ingeniería - UDELAR

Índice

1. Introducción	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Antecedentes	2
1.2.1. Ejemplos nativos de Contiki-NG	2
1.2.2. Otros proyectos	2
1.2.3. Documentación de Contiki-NG	3
2. Objetivos	3
2.1. Objetivos Generales	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. Alcance	4
4. Planificación	4
Bibliografía	4

1. Introducción

La idea principal del proyecto es visualizar de manera interactiva mediante LED's, una red de sensores inalámbricos, que utilizan TSCH/RPL. Se busca observar el funcionamiento de la red en las distintas etapas de vida de la misma(creación de la red, intercambio de mensajes, direccionamiento, entre otros). Los resultados podrían ser usados en una instalación de IdM (Ingeniería de Muestra), en una instalación en el IIE, o mismo en futuras iteraciones del curso de RSI.

1.1. Descripción del problema

En una red RPL que utiliza TSCH existen ciertas etapas durante el tiempo de vida, como el descubrimiento de la DODAG, el intercambio de mensajes controlado pasando un nodo raíz, la transmisión de mensajes dada por timeslots(TSCH), entre otros. Estos eventos si bien pueden perdurar en el tiempo(como descubrir la red en su totalidad), descubrir la red o la transmisión/recepción de mensajes son eventos con tiempos asociados muy cortos, por ejemplo una red TSCH con *Orchestra* [1], o el recorrido de un mensaje UDP por el DODAG y como se anuncian los distintos mensajes en una red(EB, DIO, DAO).

Se busca entonces, contar con un sistema que permita visualizar la operación de una red de este estilo mediante la utilización de LED's, a modo de facilitar el entendimiento de los conceptos asociados a las Redes de Sensores Inalámbricos.

1.2. Antecedentes

A continuación se mostrarán diferentes proyectos que serán consultados como guía para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, así como la documentación de *Contiki-NG* tanto en formato web [2] como un paper oficial [3].

1.2.1. Ejemplos nativos de Contiki-NG

Ejemplos base para TSCH-RPL

1. **simple-node**: Aporta conceptos básicos sobre la configuración e implementación de los nodos configurados para funcionar en una red TSCH.
2. **custom-schedule**: Este ejemplo es útil para entender la configuración de redes TSCH custom, lo cual da pie a configurar tanto los slots disponibles como el tiempo de slot para lograr la ralentización de las comunicaciones y así poder ser visualizadas con LEDs.

Ejemplos generales

1. **Hello-world**: Este ejemplo básico es el más utilizado por los tutoriales de Contiki-NG para explicar los conceptos, funcionamiento y configuraciones del sistema operativo. Por lo tanto, es de interés estudiar a fondo utilizar el código de este proyecto como fundamento para desarrollar el proyecto.

1.2.2. Otros proyectos

Por otro lado, se revisarán las implementaciones realizadas para los Laboratorios del curso de RSI durante el transcurso del semestre, en particular, la implementación de una red RPL y capa MAC *IEEE 802.15.4* donde se implementa TSCH en sus versiones *Minimal* y *Orchestra*.

1.2.3. Documentación de Contiki-NG

A lo largo del desarrollo del proyecto, se utilizará la documentación de *Contiki-NG*, así como sus tutoriales nativos [2].

2. Objetivos

Dada la descripción del problema, se parte el problema en objetivos generales y específicos, de tal modo que permita desglosar el trabajo en varias etapas tanto claras como bien definidas.

2.1. Objetivos Generales

El objetivo general del proyecto es generar una aproximación didáctica-demostrativa a las redes de comunicación inalámbricas, particularmente a las redes de sensores inalámbricos. Con esto en mente, se plantean los siguientes objetivos:

1. Mostrar el funcionamiento por detrás de la construcción de una red TSCH-RPL mediante LED's.
2. Lograr el funcionamiento de una red TSCH-RPL en tiempo real o "enlentecida".
3. Realizar un set de demos con tal de comparar los modos de funcionamiento de la red TSCH-RPL.

2.2. Objetivos Específicos

Dados los objetivos generales, los objetivos específicos se centran principalmente en completar los generales en trabajo mas acotado para ejecutar los objetivos generales de manera mas eficiente. Dicho esto, se obtienen los siguientes objetivos:

1. Lograr modificar a elección los tiempos de slot de una red TSCH-RPL de Contiki-NG.
2. Manipular los LED's integrados en los Launchpad del curso para indicar radio ON/OFF y diferenciar entre TX/RX junto a los canales que se utilizan.
3. Desarrollar un frame de proyecto que envíe periódicamente mensajes para visualizar la construcción y funcionamiento de la red, y generar a partir del mismo diferentes proyectos en los cuales la red TSCH tenga diferentes tiempos de slot, así como tener proyectos compilados que muestren la radio on/off como otros que muestren los tiempos TX/RX.
4. Lograr una correlación y progresividad entre los proyectos construidos para así facilitar el enfoque didáctico del proyecto.
5. Con los frames de proyecto, determinar un set de demos que permita combinar varias de estas opciones con el fin de observar la operación de la red.

3. Alcance

El alcance del proyecto radica al desarrollo del firmware necesario para visualizar el funcionamiento de una red TSCH-RPL. El firmware desarrollado tendrá la posibilidad de configurar su tiempo de slot frame, y de utilizar los LED's para visualizar los tiempos ON/OFF de la radio, así como visualizar el momento TX/RX o los canales en los cuales se están comunicando.

Lo anterior se va a implementar para un nodo servidor y nodos cliente. Desde el nodo servidor se podrá seleccionar si en los nodos cliente se muestra el estado ON/OFF de la radio o el estado TX/RX de la misma. Se abarca a su vez el desarrollo de una manera de mostrar una red "lenta" con tal de facilitar la visualización del funcionamiento de la red.

Por otro lado, no se abordará la preparación de la actividad didáctica ni el desarrollo de la misma.

4. Planificación

Se estima que al proyecto se deben de dedicar 24 horas semanales (contando a todos los integrantes del equipo) al proyecto en el transcurso de las 4 semanas del mismo. La planificación se dará de la siguiente manera:

1. Semana 1 (23/10 - 29/10): En la primera semana se investigará cómo modificar los tiempos de slotframe de las redes TSCH basado en los códigos de ejemplos enumerados en la sección 1.2. Al final de esta semana se espera tener los conocimientos no desarrollados en el curso necesarios para poder llevar a cabo el proyecto junto a una primera prueba corta producto de la investigación.
2. Semana 2 (30/10 - 5/11): En esta semana se comenzará con el desarrollo del firmware. Al final de esta semana, se espera que el firmware desarrollado sea capaz de construir la red TSCH con los tiempos de slotframe configurados por usuarios. Por otro lado, también se espera que a esta altura del proyecto se puedan visualizar las comunicaciones a partir de los LED's.
3. Semana 3 (6/11 - 12/11): En la penúltima semana, se concluirá el desarrollo de firmware. Se espera haber terminado la interfaz de usuario para modificar el display de los LED's en los nodos cliente a partir de la shell del nodo border router. Otro avance que se planifica realizar esta semana es el de optimizar la potencia de las comunicaciones para poder formar correctamente una red mesh en espacios cerrados y con mucha cercanía.
4. Semana 4 (13/10 - 19/11): La última semana será reservada para la preparación de la entrega final, centrándose en la preparación de la documentación de como utilizar la red armada en el proyecto, detallando cada demo disponible junto a lo que se espera visualizar. Se espera avanzar con la entrega de la documentación final del proyecto.

El modo de operación que se utilizará para desarrollar firmware, se basará en paralelización y verificación de pares. Esto significa que cada integrante del grupo será responsable de desarrollar un módulo a la vez. Cuando un integrante considere su módulo como terminado, previo a integrarlo al proyecto, el mismo pasará a revisión de pares, donde el resto de integrantes realizarán sugerencias respecto al trabajo realizado. Una vez aprobado el desarrollo del módulo, el mismo se integrará al proyecto principal. Para esto, se utilizará *Git-Hub*, el cual permite el control de versiones, trabajo paralelo mediante branches y verificación mediante la herramienta de pull request.

Bibliografía

- [1] Orchestra in a Contiki-NG Context. ((© Copyright 2018-2022, Contiki-NG maintainers and contributors. Revision bbfd05fd4) Orchestra. [Online]. Available: <https://docs.contiki-ng.org/en/develop/doc/programming/Orchestra.html>
- [2] Contiki-NG Documentation. ((© Copyright 2018-2022, Contiki-NG maintainers and contributors. Revision bbfd05fd4) Contiki-ng. [Online]. Available: <https://docs.contiki-ng.org/en/develop/>
- [3] G. Oikonomou, S. Duquennoy, A. Elsts, J. Eriksson, Y. Tanaka, and N. Tsiftes, “The Contiki-NG open source operating system for next generation IoT devices,” *SoftwareX*, vol. 18, p. 101089, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2022.101089>