



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2018

MEMORIA DEL PROYECTO Nº SV-18-GIJON-1-12

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Estudio de viabilidad del estándar Bluetooth 5 en entornos vehiculares

Investigador/a/es responsable/es: David Melendi Palacio

Tfno: 2596

E-mail: melendi@uniovi.es

Otros investigadores: José Antonio Sánchez Sánchez, Laura Pozueco Álvarez, Víctor Corcoba Magaña, Alejandro García Tuero, Roberto García Fernández, Xabiel García Pañeda

Empresas o instituciones colaboradoras: ADN Mobile Solutions y Telecable de Asturias S.A.U. (a través de la Cátedra Telecable de Vídeo y Redes de Nueva Generación)

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo

Los accidentes de tráfico son una de las mayores preocupaciones de las autoridades. Muchos de estos accidentes se deben a distracciones de los conductores. En este contexto, la incorporación de ayudas a la conducción basadas en tecnologías asequibles y accesibles para todos los usuarios, puede mejorar la situación actual reduciendo el número de accidentes. Así la reciente publicación de la versión 5 del estándar Bluetooth puede entenderse como una oportunidad porque mejora sustancialmente las capacidades de esta tecnología. Aplicada en un entorno de conducción, permitiría tener *beacons* instalados en las señales y los paneles informativos. Difundirían información sobre los límites de velocidad o la existencia de obras o accidentes en la zona próxima. Las comunicaciones *mesh* permitirían propagar esta información de vehículo a vehículo. Puede utilizarse en zonas sin cobertura de telefonía móvil y no tendría coste para los ciudadanos. Dada la corta vida que tiene este estándar, en este proyecto se plantea un estudio de viabilidad de Bluetooth 5 en entornos vehiculares.

La versión 5 de Bluetooth incorpora numerosas optimizaciones. Se aumenta la capacidad de transmisión a 2 Mbps y se introducen cambios a nivel físico que permiten alcances comparables a los de una WLAN. Introduce una codificación que permite límites teóricos de hasta 200 metros. Adicionalmente, permite comunicaciones distintas de las tradicionales, que se basaban en el emparejamiento de nodos. Los mecanismos de *beaconing* incorporados en 2013 que permiten el envío de mensajes sin un emparejamiento previo han sido mejorados en esta versión del estándar.

Los posibles beneficiarios del proyecto son principalmente los conductores y la sociedad en general. Su finalidad es la de evaluar una tecnología que puede aplicarse para mejorar la vida de los ciudadanos. Las empresas también se pueden ver beneficiadas, dado que los resultados son directamente publicables y podrían ser utilizados mediante contratos de transferencia. Por supuesto, también se verán beneficiadas las instituciones financiadoras

gracias al conocimiento generado en su ejecución y a la repercusión que puede tener para el Ayuntamiento de Gijón de cara a potenciar su imagen como Smart City.

Los objetivos específicos del proyecto estaban centrados en la creación de prototipos que permitiesen evaluar las prestaciones de esta tecnología mediante pruebas de campo, en condiciones similares a las de un entorno de conducción real. Estos objetivos se han cumplido gracias al desarrollo de diferentes programas ejecutados sobre kits de desarrollo nRF52840 del fabricante Nordic Semiconductor. Estos kits están equipados con un chip que implementa Bluetooth 5 y disponen de una API de programación que permite el desarrollo de prototipos. Utilizando estos kits de desarrollo y los programas mencionados se han podido realizar unas primeras pruebas de campo en un entorno sin vehículos. En cuanto a la metodología, el trabajo ha seguido una estructura basada en *sprints* de mejora continua. Esta estructura ha permitido elegir el hardware adecuado y desarrollar diferentes aplicaciones que han sido probadas en el laboratorio. A fecha de elaboración de esta memoria, estas aplicaciones están siendo sometidas a pruebas de campo sin vehículos. Se hacen mediciones sin movimiento a diferentes distancias y bajo distintas condiciones y configuraciones. Así, ya se han obtenido unas primeras mediciones sobre el rendimiento de la tecnología. Una vez terminadas estas pruebas, el siguiente paso es el de hacer los experimentos en un entorno con vehículos, para la posterior publicación de los resultados.

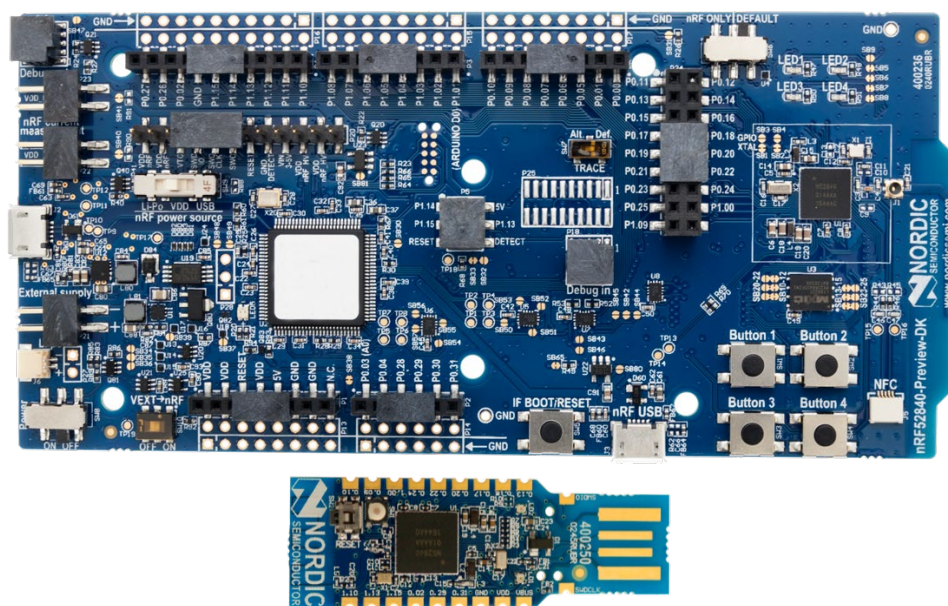


Fig. 1. Kits de desarrollo utilizados.

A fecha de la redacción de esta memoria, como resultados obtenidos se dispone de un entorno de desarrollo de prototipos y de la documentación asociada, de los prototipos necesarios para hacer las pruebas y de medidas de campo que han sido analizadas preliminarmente.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

El objetivo principal de este proyecto era el de estudiar la viabilidad de la tecnología Bluetooth 5 en entornos de conducción. Esta tecnología puede ser utilizada para diseminar información relacionada con el estado de las vías o del tráfico, así como para permitir comunicaciones entre los vehículos y entre éstos y la infraestructura desplegada en las vías.



Este objetivo general se desglosaba en los siguientes objetivos específicos:

- **Objetivo #1:** Realizar un estudio del hardware disponible en el mercado para la realización de los experimentos. Este estudio se realizó con éxito, concluyendo con la adquisición de diferentes kits de desarrollo nRF52840 del fabricante Nordic Semiconductor.
- **Objetivo #2:** Crear un prototipo de experimentación que permita realizar pruebas de campo. Estos prototipos se completaron con éxito y fueron probados en un entorno de laboratorio.
- **Objetivo #3:** Realizar pruebas de campo en diferentes contextos de conducción. Estas pruebas se han realizado parcialmente. A fecha de elaboración de esta memoria, las pruebas se han ejecutado al 20% aproximadamente.

2.3 Tareas realizadas

Tal y como se había previsto en la planificación temporal de las actividades que se había presentado en la propuesta original, las tareas que han sido realizadas son las siguientes:

- **Tarea #0.** Dirección del proyecto, interacción con la empresa. (100%) Se ha realizado un seguimiento del estado del proyecto marcando las acciones prioritarias.
- **Tarea #1.** Definición de la arquitectura hardware del sistema. (100%) Se han barajado distintas opciones y, finalmente, se han seleccionado los kits de desarrollo nRF52840 del fabricante Nordic Semiconductor por su versatilidad y flexibilidad. Pese a que se barajó la utilización de algunos terminales móviles que ya hay en el mercado con esta versión de Bluetooth, en trabajos con versiones anteriores del estándar distintos autores ya se quejaban de las limitaciones que imponían estos dispositivos. El trabajo a bajo nivel con los kits de desarrollo permite jugar con aspectos sustanciales para las pruebas, como pueden ser las características de tipo físico que se utilizan en la transmisión.
- **Tarea #2:** Desarrollo iterativo de prototipos y pruebas de experimentación. En primer lugar se tenían que definir las métricas que se iban a utilizar para la fase de experimentación (100%). En este sentido, se ha decidido evaluar el throughput, el alcance de la transmisión y su calidad modificando aspectos como la distancia entre los nodos, la existencia de interferencia, las características de la capa física (LE1mbps, LE2mbps y coded_phy), la duración variable del intervalo de conexión (7.5ms., 50ms., 400ms.) y el tamaño de la ATT_MTU variable (23B, 158B, 247B). Por otro lado, se iba a desarrollar el software de experimentación tomando como referencia las métricas diseñadas (100%). Se han desarrollado diferentes programas para hacer las pruebas. Para ello, y dada la complejidad de los desarrollos a este nivel, se han tomado como referencia distintas aplicaciones de prueba desarrolladas por el fabricante Nordic Semiconductor y puestas a disposición de sus usuarios. Finalmente, se iban a hacer pruebas en diferentes contextos viales (20%). Se ha diseñado una batería de pruebas que comienza con experimentos de campo sin vehículos y concluye con experimentos en entornos de conducción real. Las pruebas de campo sin vehículos se han iniciado, habiendo obtenido unos primeros resultados.
- **Tarea #3.** Divulgación y publicación de los resultados (0%). Se está escribiendo un artículo para su envío a una revista, pero es necesario concluir las pruebas para



su redacción final y envío. Se estima que el artículo se pueda enviar los primeros meses del año 2019.

2.4 Resultados obtenidos

Los resultados esperables del presente proyecto durante su concepción eran los siguientes:

- Un sistema hardware + software que permita realizar pruebas de campo con la tecnología Bluetooth 5.
- Documentación que permita reproducir el desarrollo y los experimentos.
- Informes sobre las pruebas realizadas y sobre la viabilidad de la tecnología en un entorno de conducción.

Los resultados obtenidos a fecha de redacción de esta memoria son:

- Un sistema hardware formado por varios kits de desarrollo nRF52840 del fabricante Nordic Semiconductor. Hasta la fecha, algunos de estos kits (nRF52840 PDK y nRF52840 DK) se utilizan para efectuar comunicaciones punto a punto y otros (nRF52840 Dongle) se utilizan para generar interferencias en algunos escenarios.
- Un sistema software compuesto por varias aplicaciones que generan tráfico sintético que se utiliza para medir distintas características de la transmisión.
- Documentación tanto del estándar como del hardware adquirido y de sus librerías de programación.
- Documentación de diseño de las pruebas de campo a efectuar.
- Resultados de algunas pruebas de campo que se han ejecutado con los prototipos desarrollados.
- Análisis previos de la información recogida durante las pruebas de campo que han llegado a ejecutarse. Estas pruebas están pendientes de completar.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

- Completar las pruebas de campo tanto en entornos estáticos como en entornos reales de conducción.
- Analizar los resultados obtenidos durante las pruebas de campo.

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

En cuanto a la divulgación del proyecto y de sus resultados, dado que las pruebas de campo no han podido completarse, no se han logrado publicaciones de impacto. No obstante, la previsión es elaborar una publicación durante el primer trimestre del año 2019 con los resultados obtenidos hasta la fecha.

Los resultados finales se presentarán en las Jornadas de Proyectos que el IUTA organiza anualmente.

Finalmente, y dado que se ha logrado una pequeña colaboración de la Cátedra Telecable de Vídeo y Redes de Nueva Generación, se espera que el proyecto y los resultados puedan ser presentados en las jornadas que organiza la Cátedra anualmente.



3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-18-GIJÓN-12	2.320 €			
Otras fuentes	Cátedra Telecable de Vídeo y Redes de Nueva Generación	-	-	197,65 €	
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	Andrea Aza Villamor			
	Tareas	Tarea #2.1, #2.2 y #2.3, de acuerdo con la planificación temporal original			
	Período	2º semestre del año 2018			