

SCOOP@F PART 2 – PILOTO DE SISTEMAS COOPERATIVOS EM ÁREAS TRANSFRONTEIRIÇAS

Jorge Pais Ribeiro¹; Lara Trigueiro Moura²

¹ A-to-Be, Lagoas Park, Ed. 15 Piso 4, 2740-267 Porto Salvo, Oeiras, Portugal

email: jorge.ribeiro@a-to-be.com <https://www.a-to-be.com/>

² A-to-Be, Lagoas Park, Ed. 15 Piso 4, 2740-267 Porto Salvo, Oeiras, Portugal

email: lara.moura@a-to-be.com <https://www.a-to-be.com/>

Sumário

O projeto SCOOP@F (Système Coopératif Pilote) tem como principal objetivo o desenvolvimento de Sistemas Inteligentes de Transportes Cooperativos em França. Foi dividido em duas partes, a primeira orientada à especificação e desenvolvimento dos sistemas e uma segunda focada na interoperabilidade experimental e desenvolvimento de uma solução para as comunicações híbridas (ITS-G5 e GSM/LTE).

Neste artigo será apresentada uma descrição dos objetivos técnicos do projeto, resultados obtidos dos testes realizados entre parceiros e os progressos para a uniformização das comunicações híbridas. A solução obtida será validada através de testes transfronteiriços no norte de Portugal (A3, A27, A28, IP1 e EN13).

Palavras-chave: Sistemas Inteligentes de Transportes Cooperativos; comunicações veiculares; DSRC; C-ITS; V2V; V2I; ITS-G5

1 Introdução

Na primeira parte do projeto SCOOP@F¹ (*Système Coopératif Pilote*), realizada entre 2014 e 2016, foram desenhados e desenvolvidos vários Sistemas Inteligentes de Transportes Cooperativos em França. Estes sistemas utilizam comunicações dedicadas de curto alcance (ITS-G5) para partilha de dados entre veículos e infraestrutura para evitar colisões, reduzir emissões de carbono e aumentar a eficiência da gestão de tráfego.

A A-to-Be (empresa do Grupo Brisa dedicada ao desenvolvimento de soluções tecnológicas) integra a segunda parte do projeto, que se realiza entre 2016 e 2019, e é composta por duas áreas principais e complementares, uma mais experimental focada na interoperabilidade entre os vários países (França, Portugal, Espanha e Áustria) e uma outra de desenvolvimento e especificação de uma solução para comunicações híbridas, redes veiculares (ITS-G5) em conjunto com redes celulares (GSM/LTE) [2].

Este artigo descreve os principais objetivos do projeto, os parceiros envolvidos e são detalhados os resultados obtidos no piloto realizado na Áustria, onde se juntaram 12 parceiros de diferentes países para testar a interoperabilidade dos diversos sistemas heterógenos, demonstrando casos de uso para serviços de “Dia 1” apenas com recurso a comunicações de curto alcance.

Será também apresentado o estudo e implementação do piloto transfronteiriço que compreende, em território português, vários quilómetros das autoestradas A3, A27 e A28 e estradas nacionais IP1 e EN13 perto da ligação com Vigo, do lado espanhol. Este piloto tem como especial enfoque o teste das comunicações entre diferentes infraestruturas nacionais e estrangeiras, e a utilização de comunicações híbridas nos veículos participantes.

Para a realização dos testes conjuntos a A-to-Be tem vindo a desenvolver a sua plataforma central ITS, assim como uma nova interface para condutores de veículos conectados. A plataforma tem como funcionalidades: armazenar e analisar toda a informação recolhida pelas unidades instaladas nas estradas; alertar os operadores da central de

¹ SCOOP@F website: <http://www.scoop.developpement-durable.gouv.fr/en/>

controle; disseminar automaticamente as mensagens de volta para o utilizador, de acordo com regras pré-estabelecidas; e por fim fazer a ponte com as infraestruturas de diferentes concessionárias.

2 Projeto SCOOP@F

Os Sistemas Inteligentes de Transportes Cooperativos (C-ITS) tiram partido de comunicações sem fios de curto alcance para partilharem informações de segurança entre veículos e veículos-infraestrutura. A primeira parte do projeto, SCOOP@F Part 1, teve um papel muito importante na especificação técnica e funcional dos sistemas. Alinhado com os desenvolvimentos de projetos semelhantes tem contribuído para a especificação de novos *standards* europeus, lançados pela organização que define os padrões para as telecomunicações (*European Telecommunications Standards Institute – ETSI*).

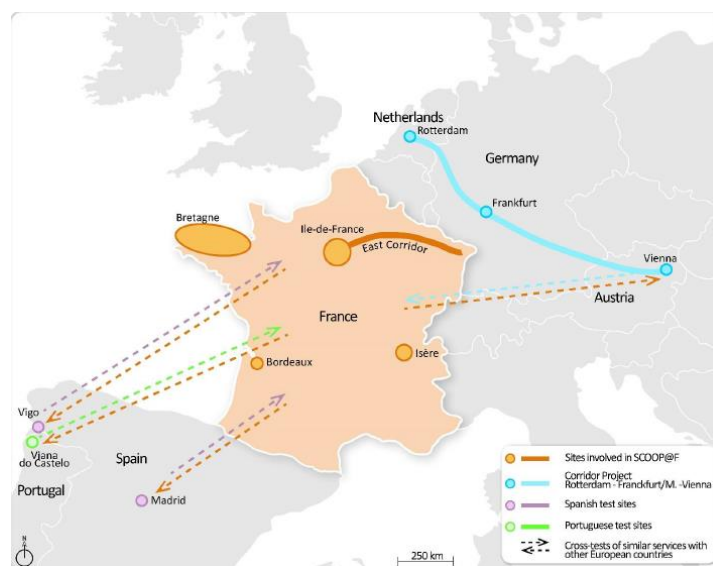


Figura 1. Mapa dos pilotos do SCOOP@F [4]

A A-to-Be integrou a segunda parte do projeto, SCOOP@F Part 2, onde se tem promovido a realização de testes conjuntos para validação de serviços em diferentes locais em França e países Europeus (ver Figura 1). Através da parceria entre instituições públicas e privadas Europeias de países como França, Espanha, Portugal e Áustria foram realizados, até ao momento, 3 pilotos conjuntos:

- Testes transfronteiriços em Vigo (Espanha): Ao longo de um corredor de 10 km foi validada a interoperabilidade das comunicações veículo-veículo (V2V) e veículo-infraestrutura (V2I). Descobriram-se diferentes interpretações para os parâmetros das mensagens dando origem a novas especificações técnicas.
- Testes de segurança em Reims (França): Foi validada a implementação da infraestrutura de segurança (*Public Key Infrastructure – PKI*). As transmissões V2V e V2I foram assinadas com certificados válidos e os recetores conseguiram proceder à sua verificação.
- Testes de interoperabilidade em Viena (Áustria): Juntou-se a componente de segurança ao teste de serviços em condições reais. Foi também adicionada a componente de zonas de comunicações protegidas para evitar a interferência com outros sistemas que operam em frequências muito próximas do ITS-G5.

3 Parceiros

O bom desenvolvimento do projeto deve-se à cooperação de entidades de diversas áreas que se complementam entre si. Na lista seguinte é apresentado o leque de parceiros constituído por entidades públicas, operadores de autoestradas, universidades, institutos de investigação, construtores de automóveis e operadoras de telecomunicações:

- MEEM - Ministério francês do ambiente, energia e oceano;
- Várias operadoras de autoestradas e autoridades locais francesas;
- PSA e Renault - Fabricantes de automóveis;
- CEREMA, IFSTTAR, etc. - Universidades e institutos de investigação franceses;
- Orange - Operador de telecomunicações francês;
- IDnomic – Empresa tecnológica na área de sistemas de segurança;
- DGT - Ministério do interior espanhol;
- CTAG – Instituto tecnológico automóvel da Galiza;
- IMT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes;
- IP – Infraestruturas de Portugal;
- A-to-Be – Empresa tecnológica na área da mobilidade;
- AENL - Operadora de autoestradas portuguesa;
- ASFINAG – Operadora de autoestradas austríaca.

4 Piloto transfronteiriço em Vigo

O primeiro piloto da segunda parte do projeto SCOOP@F aconteceu ao longo de 10 km na cidade de Vigo em dezembro de 2017. A primeira parte realizou-se em condições controladas numa pista de testes nas instalações do Centro Tecnológico Automóvel da Galiza (Figura 2), para *setup* dos veículos e validação das configurações. De seguida, os testes realizaram-se num corredor que atravessa a fronteira Portugal-Espanha (Figura 3), onde 5 RSUs (3 do lado espanhol) foram previamente instaladas para disparar eventos em ambos os países, criando um ambiente transfronteiriço realista.



Figura 2. Pista de testes nas instalações do CTAG [3]



Figura 3. Corredor na fronteira Portugal-Espanha[3]

No decorrer dos testes foram descobertas algumas diferenças nas implementações dos standards que originaram discussões construtivas para as suas resoluções, tendo posteriormente sido ultrapassadas com a realização de novos testes transfronteiriços em junho de 2018.

5 Piloto de segurança em Reims

Ao longo de um troço da autoestrada A4 (Figura 4) em Reims (França) em abril de 2018 realizou-se o segundo piloto conjunto do projeto, com o objetivo de ensaiar a plataforma de segurança e consequentes interações dos diversos componentes do domínio de segurança. Realizaram-se 10 cenários diferentes (condições atmosféricas adversas, trabalhos na estrada, veículo parado, etc.) onde cada participante registou em memória os eventos que recebeu e descodificou para análise futura.

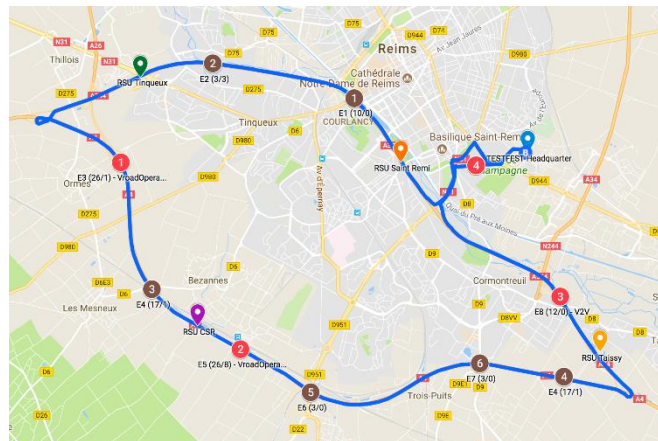


Figura 4. Rota planeada para os testes de segurança [3]

Dependendo do cenário de testes considerado, verificaram-se taxas de sucesso na autenticação/validação de mensagens compreendidas entre os 50% e os 80% para um total de 155200 mensagens.

6 Piloto de interoperabilidade em Viena

Após realização de dois pilotos para validar individualmente a implementação técnica dos serviços e infraestrutura de segurança foi decidido proceder-se à realização de um piloto abrangente em condições reais de operação.

Estes testes tiveram lugar em Viena na Áustria em julho de 2018 e contaram com a participação de 6 parceiros utilizando 5 RSUs e 3 veículos conectados.

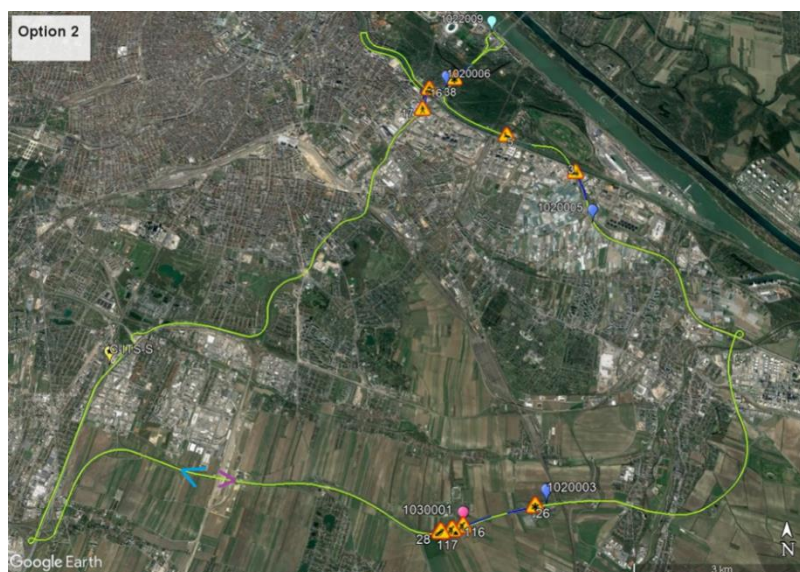


Figura 5. Mapa da rota planeada para os testes com a localização dos eventos [3]

A Figura 5 apresenta a rota planeada e localização dos eventos de segurança, alguns simulados através da infraestrutura de suporte e outros disparados automaticamente pelos veículos envolvidos.

A lista seguinte apresenta os casos de uso que foram testados pelos parceiros e consequente modo de disparo:

- Obstáculo na estrada – evento simulado pela infraestrutura para uma localização pontual
- Trabalhos na estrada com corte de via – evento simulado pela infraestrutura para um troço de estrada
- Aviso de acidente – evento transmitido manualmente por um veículo
- Condições atmosféricas extremas - evento simulado pelo centro de controlo operacional para um troço de autoestrada
- Aviso de animal na estrada - evento disparado manualmente na interface gráfica de um veículo
- Aviso de animal na estrada - evento transmitido pelo centro de controlo operacional para uma localização pontual
- Veículo parado – evento transmitido automaticamente por um veículo pela paragem na berma

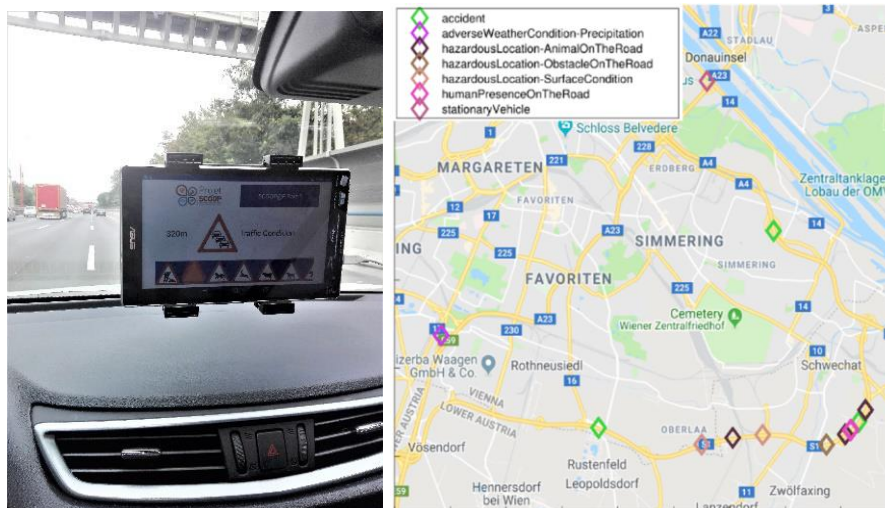


Figura 6. Exemplo da interface e eventos reportados nos testes de Viena [3]

Nos primeiros dias de testes foram identificadas algumas diferenças nas implementações, nomeadamente na deteção de certificados de segurança previamente anulados. Até aos últimos dias de testes os problemas foram sendo corrigidos, aproximando cada vez mais os participantes de implementações interoperáveis.

Os testes foram considerados um grande sucesso pela generalidade dos participantes (pode ser observado um exemplo dos resultados obtidos pela A-to-Be na Figura 6), no entanto transmitiram a necessidade premente da criação de uma infraestrutura europeia de segurança.

7 Piloto transfronteiriço entre Portugal e Espanha

O piloto transfronteiriço será realizado durante o primeiro semestre de 2019 na fronteira entre Portugal e Espanha, utilizando as autoestradas portuguesas A3, A27 e A28, estradas nacionais IP1 e EN13 e por fim a autoestrada espanhola A-55. A Figura 7 apresenta os corredores previstos para o efeito.

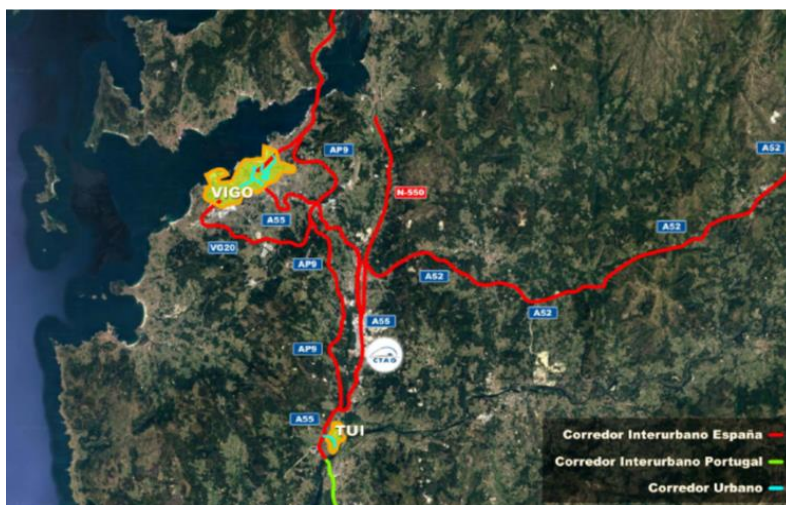


Figura 7. Cenário de teste do piloto Português-Espanhol [3]

Para além dos testes de interoperabilidade de serviços com e sem segurança, o piloto terá como principal objetivo testar as implementações para as comunicações híbridas, ou seja, utilização de comunicações veiculares (ITS-G5) e comunicações celulares (GSM/LTE) em simultâneo. Este objetivo acrescenta uma mudança de paradigma na rede de comunicações da infraestrutura.

7.1 Implementação da solução para as comunicações híbridas

O alcance das comunicações rádio veiculares é limitado a distâncias inferiores a 1000 metros (requerendo linha de vista), sendo este um fator restritivo para a propagação em larga escala das tecnologias para os veículos conectados. Para colmatar esse problema, pretende-se utilizar as comunicações celulares incrementando a cobertura dos serviços em casos de uso onde latências baixas não sejam um requisito (na 3ª e 4ª geração de redes celulares as latências podem chegar aos 100 milissegundos).

Até então, os serviços poderiam ser implementados de duas formas: eventos que requerem latências baixas e onde o aviso aos veículos circundantes é de extrema importância utilizam comunicações V2V servindo-se da norma ITS-G5 que opera no espectro dos 5,875-5,905GHz; eventos comunicados pelos operadores dos centros de controlo ou que necessitem de uma maior distância de aviso prévio utilizam comunicações V2I ou I2V também utilizando a norma ITS-G5. De notar que neste último caso, um veículo que percorra estradas estrangeiras comunica com a infraestrutura da concessionária responsável pela estrada.

Com a introdução das comunicações celulares os veículos passam a estar conectados diretamente a um provedor de serviços ITS escolhido pelo fabricante, e como tal, deverá ser implementada uma boa rede que partilhe os eventos de forma constante entre operadores e provedores de serviços.

Baseando-se na solução utilizada no projeto *InterCor* [1], o consórcio acordou na utilização de um protocolo para a partilha de eventos entre servidores de provedores de serviços, o *Advanced Message Queuing Protocol - AMQP*, responsável pelo roteamento, confiabilidade e segurança. Este protocolo é utilizado habitualmente para a gestão e partilha de mensagens em dispositivos da internet das coisas (*Internet of Things – IoT*) por conter funcionalidades como a troca de mensagens em tempo real de várias fontes para vários destinos, filtragem de mensagens por tipo, validade temporal ou localização geográfica.

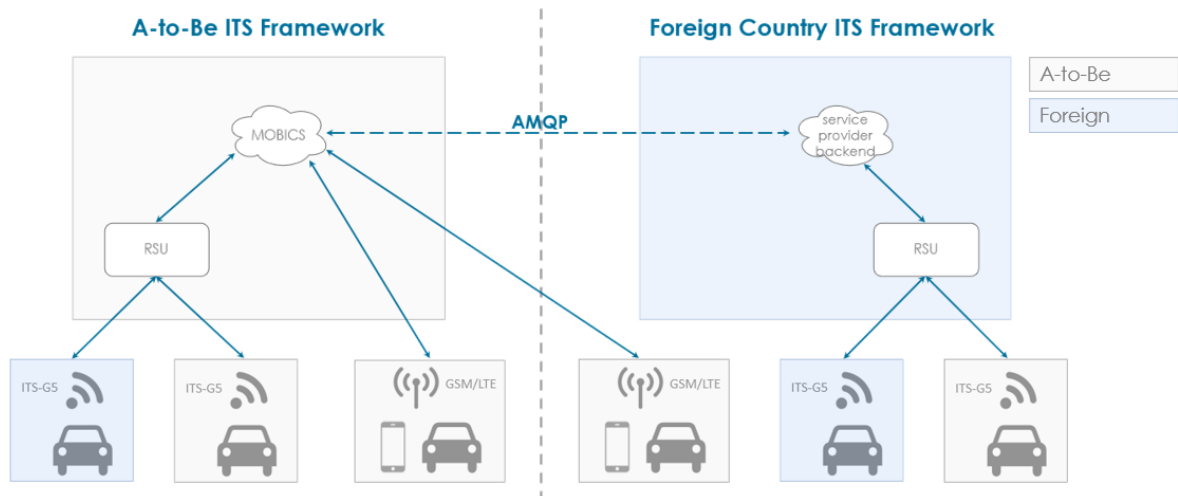


Figura 8. Infraestrutura de comunicações ITS

Para efeitos do demonstrador foi considerada apenas a existência de um servidor por cada país parceiro no projeto (Figura 8), podendo sempre ser extensível a um servidor por cada provedor de serviços. A definição da interface que gere as comunicações entre veículo e provedor de serviço através da rede celular foi deixada ao critério de cada fabricante de sistemas cooperativos ITS para veículos.

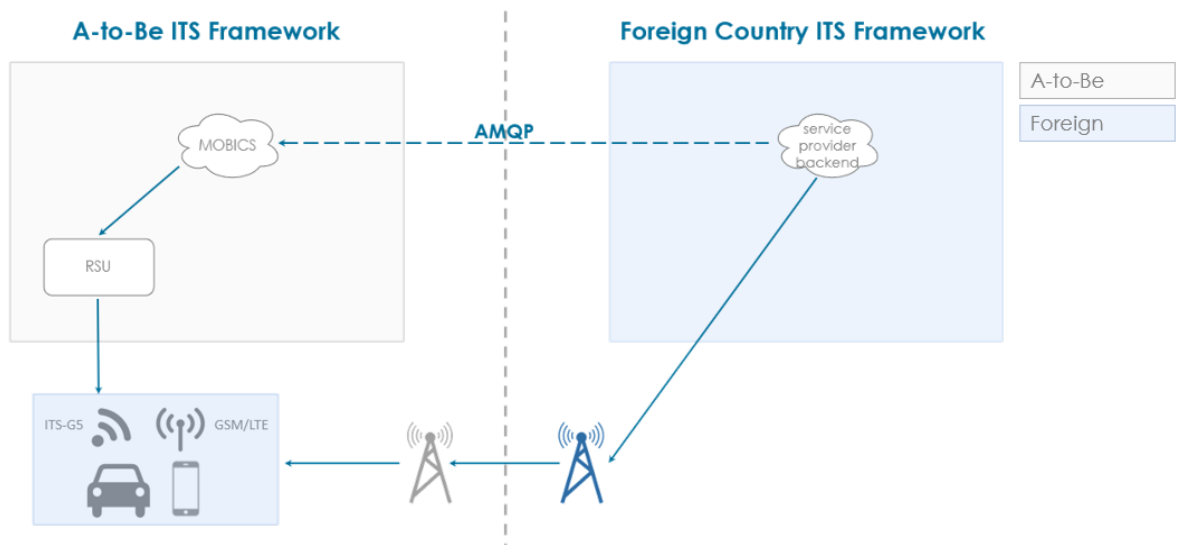


Figura 9. Comunicação com um veículo estrangeiro em estradas portuguesas

Na figura anterior é apresentado um exemplo do roteamento de mensagens pela rede celular e rede ITS-G5 para um veículo fora do seu país de origem. Pode-se ver que um veículo comunica diretamente com o seu provedor de serviços original através das torres celulares, e simultaneamente com o país onde circula por meio das estações instaladas na beira da estrada, neste caso exemplificado pela infraestrutura da A-to-Be.

7.2 Desenvolvimentos de hardware e software

Na realização dos pilotos do projeto a A-to-Be tem vindo a utilizar um equipamento desenvolvido no âmbito do projeto *Intelligent Cooperative Sensing for improved traffic Efficiency – ICSI*, capaz de operar tanto como unidade

de beira da estrada (*Roadside Unit – RSU*) como unidade embarcada (*On-Board Unit - OBU*), Figura 10. Este equipamento funciona no espectro dos 5,875-5,905GHz, alocado pela União Europeia exclusivamente para comunicações veiculares. Para a realização deste piloto foi acrescentado um modem GSM/LTE conectado ao equipamento e foram desenvolvidos novos algoritmos para a transmissão dos eventos diretamente com a plataforma central através da rede celular.



Figura 10. Equipamento desenvolvido para comunicações veiculares

Nas comunicações veículo-infraestrutura, o sistema é responsável por gerir o envio de eventos pelo canal rádio G5 quando existe cobertura de uma RSU ou, em situação contrária através do canal celular.

7.3 Desenvolvimento da plataforma central C-ITS

Ao longo do projeto tem vindo a ser desenvolvida uma Plataforma Central ITS (*MOBICS*) que surge pela necessidade de implementação dos casos de uso e gestão rápida e simples da infraestrutura de sistemas cooperativos ITS. Esta é responsável por tratar toda a informação relativa a eventos de tráfego e de partilhá-la com hardware e software de diferentes fabricantes. Através de um motor de regras, definidas *a priori*, gere automaticamente eventos reportados na rede reencaminhando-os para RSUs de uma determinada zona ou alertando o operador do centro de gestão de tráfego sempre que necessário, sem necessidade de intervenção humana (ver Figura 11).



Figura 11. Arquitetura da estrutura C-ITS da A-to-Be para o projeto SCOOP@F Part 2

No âmbito do projeto foi configurado um agente de *rabbitMQ*² capaz de suportar diversos protocolos de troca de mensagens, incluindo o AMQP, que fará a ligação entre os vários agentes dos outros países e a plataforma já existente.

8 Conclusões

O projeto SCOOP@F tem vindo a desempenhar um papel uniformizador no desenvolvimento de sistemas cooperativos ITS para a Europa. A realização de testes de interoperabilidade em condições normais de funcionamento tem contribuído para a avaliação dos reais impactos dos serviços e sua especificação técnica.

Neste artigo descreveram-se alguns dos avanços realizados na segunda parte do projeto bem como a solução encontrada para a utilização das redes celulares em conjunto com as redes veiculares. A sua utilização poderá vir a dar lugar a novos serviços que tiram partido da ligação constante com os utilizadores da rede estimulando a aceitação dos sistemas cooperativos.

No entanto, o uso da rede celular 3G/4G para serviços de segurança é limitado, dadas as latências superiores a 100 milissegundos (só para a comunicação até à infraestrutura). A A-to-Be tem vindo a analisar as propostas para a 5ª geração da rede celular onde se visa endereçar este problema com comunicações diretas ponto a ponto com latências previstas de 1 milissegundo.

9 Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto de Telecomunicações de Aveiro e ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa pelo apoio no desenvolvimento de software e equipamentos, e pelo suporte às atividades do projeto. Não obstante, reconhecem o suporte prestado pela Infraestruturas de Portugal na realização dos pilotos e apoio à definição da plataforma C-ITS. O projeto SCOOP@F é cofinanciado pelo Programa Connecting Europe Facility com o *Grant Agreement* INEA/CEF/TRAN/A2014/1042281.

10 Referências

1. InterCor, *Milestone 4 - Common set of upgraded specifications for Hybrid communication – unpublished, 2018*
2. SCOOP@F Part 2, *Application Form Part D, Technical and Financial Information, 2014.*
3. SCOOP@F, *Summary of W1 activities and results, Activity 4 Cross tests - Internal Report, 2018*
4. SCOOP@F, *C-ITS pilot deployment in France SCOOP@F key achievements, 12th ITS European Congress, 2017*

² <https://www.rabbitmq.com/>