

Preparant les xarxes de comunicacions per a l'entrada massiva de dispositius autònoms

Un projecte d'R+D+I del grup de recerca WiComTec de la UPC en col·laboració amb la UOC i el CTTC presentat a la primera jornada Spin UOC

El passat 13 juny es va celebrar a l'antiga fàbrica d'Estrella Damm de Barcelona l'esdeveniment [Spin UOC](#), organitzat per la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), en el qual es van presentar diversos projectes d'R+D+I que tenen un alt potencial d'impacte econòmic i social.

En aquest esdeveniment, Pere Tuset-Peiró, estudiant de doctorat de l'Internet Interdisciplinary Institute (IN3) de la UOC supervisat pel Dr Xavier Vilajosana, tots dos investigadors del grup Sistemes distribuïts, paral·lels i col·laboratius ([DPCS](#)), va tenir l'oportunitat de presentar part del treball conjunt que ha estat realitzant des de primers d'any en una col·laboració entre la mateixa UOC, la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i el Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC). El treball està basat en una tècnica coneguda com *Distributed Queuing* (DQ) que permetrà superar una de les barreres tecnològiques principals existents avui dia per convertir en una realitat l'Internet de les Coses (*Internet of Things*), en particular els seus problemes de funcionament en entorns amb alta densitat de dispositius. Abans d'entrar en més detall, examinem el context.

En l'actualitat, les xarxes de comunicacions sense fils que tenim al nostre abast són incapaços de donar servei a un nombre elevat d'usuaris quan aquests es concentren en espais físicament propers en termes de cobertura ràdio, és a dir, quan molts d'ells es troben junts i han de compartir els mateixos recursos de transmissió. A mesura que la quantitat d'usuaris per unitat de superfície augmenta, i especialment quan una gran quantitat d'ells han d'usar els mateixos recursos de transmissió, els protocols de comunicacions es congestionen i l'accés al servei queda severament compromès. Seria l'equivalent a un embús de trànsit quan massa vehicles van per la mateixa carretera, i ni tan sols una eficient policia pot solucionar la congestió. Considerem per exemple el cas de grans congregacions de persones en esdeveniments esportius o culturals, en els quals l'accés a les xarxes de comunicacions, ja siguin cel·lulars o WiFi, resulta en moltes ocasions impossible a causa de la saturació dels recursos ràdio (entre altres motius). Això, que pot suposar simplement una incomoditat per als éssers humans, és una barrera molt severa per fer realitat la idea de tenir en un futur proper tots els dispositius quotidians connectats entre si i, al seu torn, connectats a Internet, concepte que es coneix com Internet de les Coses. Aquest concepte habilitarà tot tipus d'aplicacions "Smart": *Smart-cities*, *Smart-grid*, *Smart-everything*. La pregunta és: hi ha solució a aquest problema?

La resposta és ferma i contundent: sí. I en això estan treballant alguns investigadors des de fa molt temps, i en particular la col·laboració entre la UPC, la UOC i el CTTC s'enfoca en aquest terreny des de gener de 2013. En aquest moment, Pere Tuset-Peiró va iniciar una estada de recerca (*internship*) de 5 mesos al CTTC sota la supervisió del Dr Jesús Alonso-Zárate, cap del departament de comunicacions màquina a màquina (M2M) del CTTC, per treballar també juntament amb l'equip format pel Dr Luis Alonso, professor titular de la UPC i membre del grup de recerca en Tecnologies de les Comunicacions sense Fils (WiComTec) de la UPC, Francisco Vázquez, investigador sènior del CTTC, i Oriol Bardina, estudiant de projecte final de carrera de la UPC.

La solució es diu *Distributed Queuing* (DQ), i neix realment l'any 1992 quan el Dr. Graham Campbell, de l'Illinois Institute of Technology (EUA), presenta a la prestigiosa conferència SIGCOMM la primera proposta de DQ per a la seva aplicació en la distribució de televisió per cable. Des de llavors, són nombrosos els treballs de recerca que s'han dut a terme, donant com a resultat un elevat nombre de publicacions en revistes tècniques de prestigi internacional i en conferències internacionals celebrades al voltant del món, demostrant la capacitat de DQ per

aplicar-se en xarxes sense cables i oferir capacitats properes al màxim teòric assolible per a qualsevol nombre de nodes que es concentrin en un mateix espai físic i comparteixin els mateixos recursos de transmissió. En el símil de la carretera, seria com el policia perfecte que aconsegueix que mai s'encalli una carretera, independentment del nombre de cotxes. A partir de la retirada professional del Dr Campbell, tot el treball relatiu a DQ s'ha centrat fins ara en l'activitat dirigida per la UPC i el CTTC, sota la coordinació del Dr. Luis Alonso. Diverses tesis doctorals s'han desenvolupat en els últims anys explorant tots els detalls de funcionament de la idea. Fins a finals del 2012, s'havien explorat els límits teòrics del potencial de DQ. No obstant això, resultava necessari comprovar que tot aquest potencial tenia una viabilitat real una vegada implementat en sistemes reals de comunicacions.

Prototips

A la col·laboració UPC-UOC-CTTC, l'equip ha treballat en el desenvolupament de dos prototips de DQ basats en dues plataformes de dispositius de comunicacions sense cables reprogramables. El primer d'ells es va presentar públicament per primera vegada a l'esdeveniment *Spin UOC* el passat 13 de juny. El resultat d'aquest prototip és molt satisfactori i, tot i que encara queden detalls tècnics per optimitzar, ja posa de manifest que tots els estudis que avalaven la viabilitat de les tècniques DQ poden fer-se realitat. Molt aviat DQ estarà a punt per fer el salt al mercat i obrir la porta a nombroses aplicacions que permetin fer realitat l'Internet de les coses, millorant l'eficiència de molts negocis, millorant la qualitat de vida de les persones, i generant noves formes de crear riquesa.

Luis Alonso, UPC

Oriol Bardina, UPC

Xavier Vilajosana, UOC

Pere Tuset-Peiró, UOC

Jesus Alonso-Zarate, CTTC

Francisco Vázquez-Gallego, CTTC

Preparando las redes de comunicaciones para la entrada masiva de dispositivos autónomos

Un proyecto de I+D+i de la UOC presentado en la primera jornada Spin UOC

El pasado 13 de junio se celebró en la antigua fábrica de Estrella Damm de Barcelona el evento [Spin UOC](#), organizado por la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), en el que se presentaron diversos proyectos de I+D+i que tienen un alto potencial de impacto económico y social.

En este evento, Pere Tuset-Peiró, estudiante de doctorado del Internet Interdisciplinary Institute (IN3) de la UOC supervisado por el Dr. Xavier Vilajosana, ambos investigadores del grupo Sistemas distribuidos, paralelos y colaborativos ([DPCS](#)), tuvo la oportunidad de presentar parte del trabajo conjunto que ha estado realizando desde primeros de año en una colaboración entre la propia UOC, la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) y el CTTC (Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya). El trabajo está basado en una técnica conocida como *Distributed Queuing* (DQ) que permitirá superar una de las barreras tecnológicas principales existentes hoy en día para convertir en una realidad el Internet de las Cosas (*Internet of Things*), en particular sus problemas de funcionamiento en entornos con alta densidad de dispositivos. Antes de entrar en más detalle, examinemos el contexto.

En la actualidad, las redes de comunicaciones inalámbricas que tenemos a nuestro alcance son incapaces de dar servicio a un número elevado de usuarios cuando estos se concentran en espacios físicamente cercanos en términos de cobertura radio, es decir, cuando muchos de ellos se encuentran juntos y deben compartir los mismos recursos de transmisión. A medida que la cantidad de usuarios por unidad de superficie aumenta, y especialmente cuando una gran cantidad de ellos deben usar los mismos recursos de transmisión, los protocolos de comunicaciones se congestionan y el acceso al servicio queda severamente comprometido. Sería el equivalente a un atasco de tráfico cuando demasiados vehículos van por la misma carretera, y ni tan siquiera una eficiente policía puede solucionar la congestión. Consideremos por ejemplo el caso de grandes congregaciones de personas en eventos deportivos o culturales, en los que el acceso a las redes de comunicaciones, ya sean celulares o WiFi, resulta en muchas ocasiones imposible debido a la saturación de los recursos radio (entre otros motivos). Esto, que puede suponer simplemente una incomodidad para los seres humanos, es una barrera muy severa para hacer realidad la idea de tener en un futuro cercano todos los dispositivos cotidianos conectados entre sí y, a su vez, conectados a Internet, concepto que se conoce como Internet de las Cosas. Este concepto habilitará todo tipo de aplicaciones “*Smart*”: *Smart-cities, Smart-grids, Smart-everything*. La pregunta es: ¿hay solución a este problema?

La respuesta es firme y contundente: Sí. Y en ello están trabajando algunos investigadores desde hace mucho tiempo, y en particular la colaboración entre la UPC, la UOC y el CTTC se enfoca en este terreno desde enero de 2013. En ese momento, Pere Tuset-Peiró inició una estancia de investigación (*internship*) de 5 meses en el CTTC bajo la supervisión del Dr. Jesús Alonso-Zárate, jefe del departamento de comunicaciones máquina a máquina (M2M) del CTTC, para trabajar también junto al equipo formado por el Dr. Luis Alonso, profesor titular de la UPC y miembro del grupo de investigación en Tecnologías de las Comunicaciones Inalámbricas (WiComTec) de la UPC, Francisco Vázquez, investigador sénior del CTTC, y Oriol Bardina, estudiante de proyecto final de carrera de la UPC.

La solución se llama *Distributed Queuing* (DQ), y nace realmente en el año 1992 cuando el Dr. Graham Campbell, del Illinois Institute of Technology (EUA), presenta en la prestigiosa conferencia SIGCOMM la primera propuesta de DQ para su aplicación en la distribución de televisión por cable. Desde entonces, son numerosos los trabajos de investigación que se han llevado a cabo, dando como resultado un elevado número de publicaciones en revistas técnicas de prestigio internacional y en conferencias internacionales celebradas alrededor del

mundo, demostrando la capacidad de DQ para aplicarse en redes sin cables y ofrecer capacidades cercanas al máximo teórico alcanzable para *cualquier* número de nodos que se concentren en un mismo espacio físico y compartan los mismo recursos de transmisión. En el símil de la carretera, sería como el policía perfecto que consigue que nunca se atasque una carretera, independientemente del número de coches. A partir de la retirada profesional del Dr. Campbell, todo el trabajo relativo a DQ se ha centrado hasta la fecha en la actividad dirigida por la UPC y el CTTC, bajo la coordinación del Dr. Luis Alonso. Varias tesis doctorales se han desarrollado en los últimos años explorando todos los detalles de funcionamiento de la idea. Hasta finales del 2012, se habían explorado los límites teóricos del potencial de DQ. Sin embargo, resultaba necesario comprobar que todo ese potencial tenía una viabilidad real una vez implementado en sistemas reales de comunicaciones.

Prototipos

En la colaboración UPC-UOC-CTTC, el equipo ha trabajado en el desarrollo de dos prototipos de DQ basados en dos plataformas de dispositivos de comunicaciones sin cables reprogramables. El primero de ellos se presentó públicamente por primera vez en el evento *Spin UOC* el pasado 13 de junio. El resultado de este prototipo es muy satisfactorio y, aunque todavía quedan detalles técnicos por optimizar, ya pone de manifiesto que todos los estudios que avalaban la viabilidad de las técnicas DQ pueden hacerse realidad. Muy pronto DQ estará listo para dar el salto al mercado y abrir la puerta a numerosas aplicaciones que permitan hacer realidad el internet de las cosas, mejorando la eficiencia de muchos negocios, mejorando la calidad de vida de las personas, y generando nuevas formas de crear riqueza.

Luis Alonso, UPC

Oriol Bardina, UPC

Xavier Vilajosana, UOC

Pere Tuset-Peiró, UOC

Jesus Alonso-Zarate, CTTC

Francisco Vázquez-Gallego, CTTC

Getting Ready for the Massive Arrival of Devices Enabling the Internet of Things

An R&D+i Project from UOC presented at the First Spin UOC Event

Last 13th of June 2013, the first Spin UoC event was held at the old Estrella Damm Factory in Barcelona. Various R&D+i projects with a high economic and social potential were presented therein.

At this event, Pere Tuset-Peiró, PhD Candidate at the Internet Interdisciplinary Institute (IN3) of UOC and supervised by Dr. Xavier Vilajosana, both researchers at the Distributed, Parallel and Collaborative Systems (DPCS) Group, had the opportunity to present part of his work carried out since the beginning of 2013 in collaboration with UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) and the CTTC (Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya).

The research work is based on a technique known as *Distributed Queuing* (DQ) that will surpass some of the limitations of current telecommunications systems that may harm or slow down the success of the *Internet of Things*. In particular, the availability of communication networks in the presence of massive deployment of devices. Before diving into more detail, let us have a look at the context.

Available wireless communication systems today are unable to provide access when a huge number of devices are located in a close area and must share a common transmission medium. Communication protocols suffer from congestion when the number of simultaneous devices is very high, thus blocking access to new users. This would be equivalent to a traffic jam where a high number of cars try to use the same road and not even an efficient traffic controller is able to find a solution. Just as an example, think of big congregations of people such as cultural or sports events where either cellular or WiFi hot-spots are unable to provide service. While this limitation can become unpleased for human beings, it becomes a dramatic hurdle when it comes to bringing to reality the paradigm of the Internet of Things, where every single object is envisioned to be “connected”. If such paradigm is made possible, then a new horizon of smart applications opens in front of us; smart-cities, smart-grids, smart-everything. The question is: is there any solution to this challenge?

The answer is firm and clear: yes. And this is the driving motivation for some research groups around the globe, among which we would like to point out the existing collaboration between UPC, UOC and CTTC. Even though the three Catalan institutions have been working on the topic since long time ago, it has been since the beginning of this year 2013, when the efforts have been aligned and formalized together. More specifically, this has been formalized via a 5-month internship carried out by Pere Tuset at CTTC, from January to May 2013, under the supervision of Dr. Jesus Alonso-Zarate, head of the M2M Communications Department at CTTC, to work together with Dr. Luis Alonso, Associate Professor at UPC and member of the Wireless Communications and Technologies Research Group (WiComTec) of UPC, Francisco Vázquez, senior researcher at CTTC, and Oriol Bardina, Bachelor’s student at UPC.

The solution is called *Distributed Queuing* (DQ) and it was originally conceived back in the year 1992 when Dr. Graham Campbell, from the Illinois Institute of Technology (USA), presented at the prestigious conference SIGCOMM the first proposal of DQ for applications in Cable TV distribution. Since then, a number of research works in the topic have been carried out, yielding a remarkable number of scientific publications in well-reputed both international journals and technical conferences. All these works have demonstrated the capacity of DQ to be applied to wireless networks and attain a performance very close to the theoretical maximum capacity independently of the number of simultaneous contending users. Back to the road example, this would mean the solution to make sure that a traffic jam never occurs

independently of the number of simultaneous cars. Upon the retirement of Dr. Campbell, all work related to DQ has been focused to date on the research activities carried out jointly at UPC at CTTC, under the coordination of Dr. Luis Alonso. Various PhD Theses have been focused on this topic exploring all details of this promising technology. Till the end of 2012, all the theoretical limits and capacity of DQ have been explored and validated through Math and computer-based simulation. However, it was necessary to check that all these theoretical principles could be put into practice in the real world when applied to actual communication systems.

Prototypes

Through the joint collaboration between UPC-UOC-CTTC, the team has worked towards the development of a DQ prototype based on two re-configurable platforms based on two different technologies. The first one was publicly presented for the first time at the *Spin UOC* on 13th of June 2013. The results of this prototype are very promising and, even though still some implementation challenges must be solved, initial results show that bringing DQ to reality is viable. Soon, DQ will be ready to reach the market and open doors to numerous applications that will make true the dream of having all objects connected with each other, and connected to the Internet. This will improve the efficiency of numerous businesses, factories, and processes, will help improve human well-being (for example, eHealth applications), and will open frontiers for the definition of new business models and new ways of creating wealth in the impending and unavoidable new era of the Internet of Things.

Luis Alonso, UPC

Oriol Bardina, UPC

Xavier Vilajosana, UOC

Pere Tuset-Peiró, UOC

Jesus Alonso-Zarate, CTTC

Francisco Vázquez-Gallego, CTTC