

## Orquestación de servicios para la Continuidad Edge al Cloud

Nelson Rodríguez<sup>1</sup>, María Murazzo<sup>1</sup>, Susana Chávez<sup>1</sup>, Adriana Martín<sup>1</sup>, Diego Medel<sup>1</sup>, Jorge Mercado<sup>2</sup>, Miguel Guevara<sup>1</sup>, Fabiana Píccoli<sup>3</sup>, Miguel Méndez Garabetti<sup>4</sup>, Javier Rosentein<sup>4</sup>, Mónica Gimenez<sup>5</sup>, Javier Sillero<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Departamento e Instituto de Informática - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.

<sup>2</sup> Departamento de Matemática - Facultad de Ingeniería – UNSJ

<sup>3</sup> Departamento de Informática - F.C.F.M. y N – UNSL

<sup>4</sup> Instituto de Investigaciones, Facultad de Informática y Diseño, Universidad Champagnat

<sup>5</sup> Ciencias Exactas Físicas y Naturales - UNLaR

<sup>6</sup> Alumno Avanzado Licenciatura en Cs. de la Computación - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.

Complejo Islas Malvinas. Cereceto y Meglioli. 5400. Rivadavia. San Juan, 0264 4234129

nelson@iinfo.unsj.edu.ar, marite@unsj-cuim.edu.ar, schavez@iinfo.unsj.edu.ar, arianamartinsj@gmail.com, vdiego.unsj@hotmail.com, jnmercado@unsj-cuim.edu.ar, migueljoseguevaratencio@gmail.com, mpiccoli@unsl.edu.ar, mendez-garabettimiguel@uch.edu.ar, rosensteinjavier@uch.edu.ar, monik.gimenez@gmail.com, javiersilleroros@gmail.com

### Resumen

El surgimiento de Internet de las Cosas y la Computación Móvil junto con la rápida adopción de Cloud Computing y la importancia creciente de big data han cambiado el panorama que presenta la computación distribuida. Sin embargo el volumen de tráfico que se genera desde el borde (o edge) de la red hasta el Cloud donde deberán ser procesados, está llegando a valores elevadísimos que impiden su transferencia. Por otro lado ciertas aplicaciones son sensibles a la latencia como monitoreo de salud, sistemas de tiempo real y sistemas críticos, resultando la demora por la comunicación al cloud, su procesamiento y posterior respuesta, inadmisibles. Dichos datos, procesamiento, control y funciones de red pueden ser realizados en el borde de la red en los dispositivos intermedios. Este modelo de arquitectura es reciente y si bien presenta muchas ventajas, también requiere que se resuelvan muchos problemas. La orquestación de los servicios se refiere a la coordinación y la organización de múltiples servicios, automatizando los procesos al asociar los servicios de diferentes recursos para crear

nuevos servicios compuestos. La misma permitirá mejorar el despliegue y la asignación de los servicios, mantener la continuidad al cloud, mejorar la seguridad y la confiabilidad de los sistemas. Sin embargo cómo realizar esta orquestación y cómo complementar las diversas tecnologías es un problema no resuelto y es el motivo de la presente propuesta de proyecto de investigación.

**Palabras clave:** *Distributed Computing, Edge Computing, Cloud Computing, Fog Computing, IoT*

### Contexto

El presente trabajo se encuadra dentro del área de I/D Procesamiento Distribuido y Paralelo y se enmarca dentro del proyecto de investigación: Orquestación de servicios para la Continuidad de Edge al Cloud, que está en proceso de evaluación para el período 2018-2019. Asimismo el grupo de investigación viene trabajando en proyectos relacionados con la computación distribuida y de alta performance desde hace más de 17 años. En

esta oportunidad se han incorporado investigadores de otras universidades de la región lo cual impactará en todas las actividades planificadas. Las unidades ejecutoras para dicho proyecto son el Departamento e Instituto de Informática de la FCEFyN de la UNSJ.

## Introducción

La idea de Cloud Computing fue sugerida por John McCarthy en 1961, sugiriendo utilizar la computación como un servicio público, de forma similar a empresas de servicio o electricidad [1].

Cloud Computing es una tecnología disruptiva que tiene el potencial de mejorar la colaboración, agilidad, escalado y disponibilidad, y ofrece oportunidades para la reducción de costos a través de una computación optimizada y eficiente. El modelo de cloud computing prevé un mundo en el que los componentes se pueden orquestar, aprovisionar, implementar, sacar de servicios, ampliar o disminuir para proporcionar un modelo de asignación al consumo [2].

Esto conlleva una revolución en la forma en que se abstrae y utiliza la infraestructura informática. Algunas de las características que hace que el cloud computing sea deseable incluye; elasticidad, pago por uso y transferencia de riesgo hacia los grandes proveedores de servicios. Por lo tanto, se pueden probar nuevas aplicaciones o ideas con riesgos mínimos, un enfoque que no era factible en la era previa al Cloud [3].

La expansión de Cloud sumado a los requerimientos de los usuarios ha terminado de consolidar este modelo. A la Infraestructura, Plataforma y Software como servicio, se le agregaron: Redes, Almacenamiento, Contenedores, Funciones, Desktop, Base de datos, Seguridad, Recuperación ante desastres, Integración de Cloud, Administración de capital humano, Video y Comunicaciones Unificadas como Servicio entre otras, en definitiva lo que actualmente se conoce como XaaS o Everything a Service [4].

Por otro lado, Internet de las cosas (IoT) es una tendencia reciente de la computación distribuida que integra aspectos de la vida real

a escalas masivas. A pesar de comunicarse con redes inalámbricas, presentan características distintivas: no existen estándares, la variedad de tecnologías es importante, existen varias arquitecturas de software, las velocidades de transferencia en general son bajas y las MTU son menores que las redes IP en general.

En 1999, Kevin Ashton del MIT acuñó el término IoT. En ese momento, las tecnologías de automatización comenzaban a pasar de la fábrica a nuevos entornos como hospitales, bancos y oficinas. A medida que las primeras implementaciones se hicieron cada vez más sofisticadas, las máquinas comenzaron a ser conectadas a otros tipos de dispositivos como servidores, y estos servidores se trasladaron a centro de datos y al Cloud. En la actualidad, IoT puede incluir productos industriales, comerciales, cotidianos (lavavajillas y termostatos) y redes locales de sensores para vigilar granjas y ciudades [5].

Esta soluciones que ofrece IoT promueve la incorporación de los mismos a la red y se pronostica que entre 20 y 50 millones de dispositivos se añadirán a Internet para 2020, creando una economía de más de 3 billones de dólares [6]; en consecuencia, 43 billones de gigabytes de datos serán generados y necesitarán ser procesados en los centros de datos de Cloud. Las aplicaciones que generan datos en dispositivos de usuario, como teléfonos inteligentes y tablets, usan actualmente Cloud como un servidor centralizado, pero pronto se convertirá en un modelo informático insostenible [7].

La importancia de IoT y las capacidades de Cloud, imponen que esta asociación sea por demás necesaria.

Sin embargo, en la actualidad Cloud Computing está encontrando serias dificultades para satisfacer los requerimientos de IoT.

Por ello, surgió como propuesta de solución llevar el almacenamiento, las funciones de red, gran parte del procesamiento hacia el borde de la red, lo que resultó en un nuevo modelo llamado fog computing.

## Mist, Fog y Edge Computing

El origen del alcance de edge computing ocurre a fines de la década de 1990, cuando Akamai introduce las redes de entrega de contenido (CDN) para acelerar el rendimiento web. Una CDN utiliza nodos en el borde cerca de los usuarios para captar previamente y almacenar en caché el contenido web. Estos nodos de borde pueden realizar algunas personalizaciones de contenido, como agregar publicidad relevante para la ubicación. Las CDN son valiosas para el contenido de video, por el ahorro de ancho de banda del almacenamiento en caché. Edge computing generaliza y amplía el concepto de CDN al aprovechar la infraestructura cloud [8].

Por otro lado, en un artículo de 2001 se generalizó estos conceptos, introduciéndose el término cyber foraging para la amplificación de las capacidades informáticas de un dispositivo móvil mediante el aprovechamiento de la infraestructura cercana [9].

En 2012, Flavio Bonomi y sus colegas presentaron el término fog computing (informática en la niebla) para referirse a este disperso infraestructura de Cloud [10]. Sin embargo, en este caso, la motivación para la descentralización es la escalabilidad de la infraestructura IoT en lugar del rendimiento interactivo de las aplicaciones móviles.

Los términos Edge y Fog suelen llevar significados diferentes según el autor que los referencie, lo cual genera confusión. Por ello es necesario indicar adecuadamente la definición que se va a utilizar de estos términos.

En particular fog y mist computing, usualmente se asocian a IoT en el extremo, mientras que Mobile Cloud se asocia a Edge Computing para computación móvil.

En la figura 1, se puede visualizar la jerarquía del modelo y las funcionalidades de cada uno de los integrantes (mist, fog, core y center) [11].

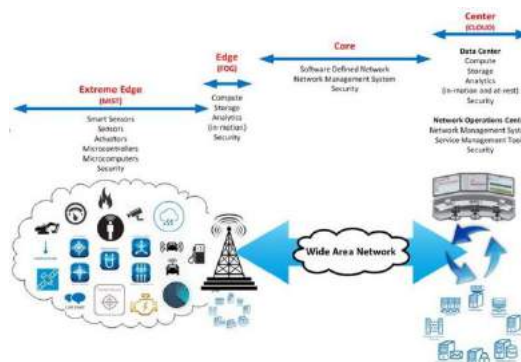


Figura 1. Ubicación de Fog y Mist Computing en la red

## Orquestación de servicios para la continuidad

La computación en el extremo (edge) está recién en sus comienzos, tal es así que los investigadores suponen que para su real consolidación se necesitará de la construcción de nuevos estándares y desarrollos.

A pesar de presentar notable ventajas con respecto al modelo centralizado, mantener la continuidad de forma eficiente y efectiva no se puede obtener simplemente agrupando Cloud con el extremo.

Los sistemas del extremo necesitan interactuar con otros, con el cloud y con diversos tipos de usuarios y dispositivos en un ambiente distribuido y heterogéneo.

No solo resulta necesaria una redistribución del cómputo, las funciones de red, el almacenamiento y el monitoreo, sino que además debe ser estratégico para impedir que el sistema colapse o presente demoras inadecuadas. Por otra parte la estrategia debe contemplar si la funcionalidad se llevará al extremo final (mist) o al extremo medio (fog).

Los modelos de programación concurrentes utilizados actualmente no son adecuados para aplicar en la problemática presentada. El modelo de memoria distribuida como MPI no puede ser aplicado dado que se diseñó para otro tipo de arquitecturas y además no puede ejecutarse en el extremo. El modelo de threads solo es aplicable dentro de un mismo equipo. Por lo tanto se deben desarrollar soluciones basadas en el modelo de programación de actor o alguno similar que permita la concurrencia

basado en memoria distribuida pero que sea aplicable al edge. [12].

La seguridad es otro aspecto donde este modelo ofrece respuestas, debido a la demanda de una mayor escalabilidad y seguridad funcional: si las entidades están coordinadas por el Cloud, sigue existiendo el riesgo de que, sin una conexión a Internet confiable, no se pueda garantizar la seguridad funcional [13].

Resultará necesario también procesar eficientemente los recursos, lograr un adecuado balanceo de carga para la distribución entre el borde y el cloud, las API's y la administración y compartición de servicios y comunicaciones en redes definidas por el software y virtualizadas [14].

El problema de la orquestación de la variedad de servicios complejos es un objetivo complicado de lograr por los ambientes altamente dinámicos, la cantidad de aplicaciones para edge instaladas en los dispositivos de usuario final o las cosas y la necesidad de soportar diferentes dominios de aplicación para adaptar el servicio a la heterogeneidad extrema de la infraestructura y para adaptar el servicio al ambiente externo. Por instancia las aplicaciones edge no pueden siempre contar con disponibilidad de los dispositivos de computación más poderosos que puedan ejecutar algoritmos de orquestación complejos. Las condiciones críticas (por ejemplo cuando la infraestructura se cae por desastre climático) la infraestructura debe ser capaz de orquestar los servicios aun en presencia de limitaciones de cómputo con algún grado de resiliencia.

## Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Las tareas investigación se centrarán en la formulación de la/s hipótesis, que permitan realizar el análisis de los distintos modelos tendientes a lograr la continuidad del Edge al Cloud. Este análisis implica un cuidadoso estudio de las características de cada uno de ellos, con el objetivo de lograr una eficiente orquestación de recursos. Además se utilizarán diversos métodos para la recolección, extracción y clasificación de la

información a partir de grandes volúmenes de datos en base a aspectos tales como dependencia de datos, funciones, sincronizaciones, etc.

Se procurará determinar las características de las soluciones existentes y establecer los puntos a mejorar a través de la computación distribuida. Se formularán la/s hipótesis, para luego analizar y comparar las distintas soluciones que se encuentren, utilizando pruebas experimentales. Una vez generada la propuesta, se validará mediante el diseño e implementación de herramientas (frameworks) distribuidas de alto nivel para su aplicación en la solución de problemas con uso de datos masivos.

## Resultados y Objetivos

### Resultados Obtenidos

Durante los últimos diez años se trabajó en el área de Computación de Altas Prestaciones, en particular sobre análisis de diversas arquitecturas paralelas y distribuidas, tales como: Cloud Computing (públicos, híbridos y privados), Cluster de commodity, arquitecturas distribuidas de bajo costo y arquitecturas paralelas. Dicha experiencia impulsó esta línea de investigación. El grupo ha realizado publicaciones en el área durante el último año: diez trabajos de investigación en diferentes Congresos y Jornadas, se realizaron tres publicaciones en revistas científicas y se transfirieron los resultados mediante conferencias en eventos científicos.

Se han aprobado ocho tesinas de grado y un trabajo de especialización y se incorporó un becario de investigación categoría alumno.

### Objetivos

El objetivo del grupo de investigación es realizar la orquestación de servicios en entornos de continuidad Edge al Cloud, analizando distintas estrategias y evaluando cómo se comportan los parámetros de desempeño comparado con el modelo de cloud centralizado.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está compuesto por los once docentes-investigadores que figuran en este trabajo de las universidades de San Luis, Champagnat, La Rioja y San Juan, un becario de iniciación de CONICET y ocho alumnos.

Se están realizando dos tesis doctorales, sobre procesamiento de datos masivos una en entornos distribuidos y otra en entornos paralelos. Se espera realizar también una tesis de maestría sobre control topológico para reducción de interferencia en redes IoT. Se están realizando cinco tesinas de licenciatura una sobre evaluación de algoritmos de algebra lineal sobre arquitecturas diversas, otra sobre Cloud Computing Privado, otra sobre arquitecturas de seguridad sobre Cloud Privado. Además se espera aumentar el número de publicaciones. Por otro lado también se prevé la divulgación de varios temas investigados por medio de cursos de postgrado y actualización o publicaciones de divulgación y asesoramiento a empresas y otros organismos del estado.

## Referencias

- [1] V Rajaraman (Indian Institute of Science) (2014), "Cloud Computing", <http://www.ias.ac.in/article/fulltext/reso/019/03/0242-0258>
- [2] Cloud security alliance (2011), "Security guidance for critical areas of focus in cloud computing v3.0", <https://downloads.cloudsecurityalliance.org/initiatives/guidance/csaguide.v3.0.pdf>.
- [3] Niko Mäkitalo et al, (2018), "Safe, Secure Executions at the Network Edge Coordinating Cloud, Edge, and Fog Computing", IEEE Software, 0740-7459/18 IEEE.
- [4] CBS Interactive Inc (2017), "Special Report: The future of Everything as a Service".
- [5] Joe Biron and Jonathan Follett (2016), "Foundational Elements of an IoT Solution the

Edge, the Cloud, and Application Development", O'Reilly Media, Inc.

- [6] Garnet: "Gartner Says 6.4 Billion Connected Things Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015".

<http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>.

- [7] Blesson Varghese, Nan Wang, Dimitrios S. Nikolopoulos, Rajkumar Buyya, "Feasibility of Fog Computing", arXiv:1701.05451v1cs.DC

- [8] Dilley J. et al. (2002), "Globally Distributed Content Delivery," IEEE Internet Computing, vol. 6, No.5, 2002, pp.50–58.

- [9] Satyanarayanan M. (2001), "Pervasive Computing: Vision and Challenges," IEEE Personal Comm., vol. 8 No.4, 2001, pp.10–17

- [10] Bonomi F. et al (2012), "Fog Computing and Its Role in the Internet of Things", Proc. 1st Edition MCC Workshop Mobile Cloud Computing (MCC12), 2012, pp.13–15.

- [11] Martin M., GTS Network Services Group - IBM (2016), "Edge Computing - Where data comes alive!" <https://www.linkedin.com/pulse/edge-computing-where-data-comes-alive-michael-j->

- [12] Hewitt C., Bishop P. and Steiger R. (1973), "A Universal Modular ACTOR Formalism for Artificial Intelligence". Proceedings of the 3rd international joint conference on Artificial.

- [13] Shivam Sharma (2018), "Cloud computing security challenges and solutions", International Research Journal of Computer Science (IRJCS). Issue 02, Volume 5.

- [14] Vahid Dastjerdi A. and Buyya R. (2016) "Fog Computing: Helping the Internet of Things Realize Its Potential", Computer, IEEE Computer Society - 0018-91 62/16 /2016.