

# Estudio de las Mejoras de Aplicar Fog Computing en la Distribución de Servicios en Cloud Computing

Nelson Rodríguez<sup>1</sup>, María Murazzo<sup>2</sup>, Susana Chávez<sup>3</sup>, Adriana Martín<sup>4</sup>, Diego Medel<sup>5</sup>, Jorge Mercado<sup>6</sup>, Matías Montiveros<sup>7</sup>

<sup>1-5,7</sup>Departamento e Instituto de Informática - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.

<sup>6</sup>Departamento de Matemática - Facultad de Ingeniería - UNSJ

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

<sup>1</sup>nelson@iinfo.unsj.edu.ar <sup>2</sup>marite@unsj-cuim.edu.ar <sup>3</sup>schavez@iinfo.unsj.edu.ar

<sup>4</sup>arianamartinsj@gmail.com <sup>5</sup>vdiego.unsj@hotmail.com <sup>6</sup>jorgenmp@gmail.com,

<sup>7</sup>nicolasmontivero.nw273@gmail.com

## Resumen

La amplia adopción de Internet de las cosas (IoT) por parte de los usuarios y la industria, sumada a las estimaciones de crecimiento por parte de las consultoras, anticipa la generación de cantidades excesivas de datos hacia el Cloud. Sin bien el modelo tradicional de Cloud Computing ha dado respuesta a IT y ha tenido en crecimiento notable en los últimos años, está mostrando dificultades con estas nuevas tendencias. En consecuencia aparecieron nuevos requerimientos de IoT que Cloud no puede cumplir como son: restricciones de ancho de banda, alta latencia y baja capacidad de los dispositivos, interrupciones momentáneas de Internet, que junto a nuevos desafíos en seguridad, obligan a redefinir el modelo de Cloud centralizado. Mover parte importante del cómputo y otras funcionalidades al borde de la red, permitirá optimizar los recursos. A consecuencia de esto, surge Fog computing, que es un nuevo modelo que concentra gran parte del almacenamiento, procesamiento y otras tareas en el borde o sea fuera del Cloud. Pero debido a ser un nuevo paradigma, que incluye demasiados componentes y redefine el Cloud tradicional, presenta muchos desafíos y problemas sin resolver. Esta línea de investigación

plantea un estudio profundo de las mejoras que introduce de Fog Computing, comparado con el modelo de Cloud Computing tradicional centralizado.

**Palabras clave:** *Distributed Computing, Cloud Computing, Fog Computing, Edge 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: Evaluación de arquitecturas distribuidas de bajo costo basadas en software libre, que fue aprobado satisfactoriamente para el período 2016-2017. Asimismo el grupo de investigación viene trabajando en proyectos afines relacionados con la computación distribuida y de alta performance desde hace más de 17 años. Las unidades ejecutoras para dichos proyectos son el Departamento e Instituto de Informática de la FCEFYN de la UNSJ, y como resultados de los mismos, se produjeron numerosas publicaciones, transferencias y formación de recursos humanos en el área.

## Introducción

Cloud Computing es un modelo tecnológico que permite el acceso ubicuo, adaptado y bajo demanda en red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (por ejemplo: redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios), que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un esfuerzo de gestión reducido o interacción mínima con el proveedor del servicio [1].

Cloud ha dominado el discurso de la Informática en la década pasada, debido a que tiene una doble propuesta de valor. En primer lugar la centralización explota las economías de escala para reducir costos de administración y operación de los sistemas. En segundo lugar, las organizaciones pueden evitar el gasto de capital de crear un centro de datos consumiendo recursos informáticos a través de Internet de un gran proveedor de servicios.

Estas consideraciones han llevado a la consolidación de la capacidad de cómputo en múltiples y grandes centros de datos distribuidos por todo el mundo.

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 diferentes de las redes de sensores en general: no existen estándares, la variedad de tecnologías es importante, existen varias arquitecturas de software, las velocidades de transferencia en general son bajas y las unidades de transferencia son menores que las redes IP en general. En 1999, Kevin Ashton del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) acuñó el término Internet de las Cosas. 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 de M2M (machine-to-machine) 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. Hoy en día, Internet de las Cosas puede incluir productos industriales y comerciales, productos cotidianos como lavavajillas y termostatos, y redes locales de sensores para vigilar granjas y ciudades [2].

Esta soluciones que ofrece IoT promueve la incorporación de los dispositivos a la red y se pronostica que entre 20 y 50 millones de los mismos se añadirán a Internet para 2020, creando una economía de más de 3 billones de dólares [3]; 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, tablets y dispositivos portátiles, usan actualmente Cloud como un servidor centralizado, pero pronto se convertirá en un modelo informático insostenible [4].

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 Internet de las cosas (IoT). En consecuencia, surgió, como propuesta de solución llevar el almacenamiento, las funciones de red y gran parte del procesamiento hacia el borde de la red, lo que resultó en un nuevo modelo llamado fog computing.

## **Fog Computing**

Fog es una arquitectura emergente para computar almacenamiento, control y servicio de red que distribuye estos

servicios a usuarios finales entre Cloud y las cosas [5].

A veces el término fog es usado intercambiándose con edge, aunque fog es más amplio que la típica noción de edge. Este último, se conoce como mist, que consiste en que las computaciones se realizan en el borde mismo: el sensor y los controladores del actuador. Extender la computación hasta el borde puede tener mucho sentido dependiendo de la topología de red que se necesite.

Fog computing es una arquitectura horizontal a nivel de sistema que distribuye recursos y servicios de computación, almacenamiento, control y red en cualquier lugar a desde Cloud a las cosas.

Soporta múltiples dominios de aplicaciones, ofreciendo inteligencia y servicios a usuarios y empresas

Habilita servicios y aplicaciones que se distribuyen más cerca de las cosas, y en cualquier lugar a lo largo del continuo entre Cloud las cosas [6].

Agrega una jerarquía de elementos entre Cloud y los dispositivos de borde, y entre dispositivos y gateway, para satisfacer estos desafíos de alta performance, abierto e interoperable.

A su vez, han surgido tecnologías que ayudan a que este modelo sea factible. Estas tecnologías y la jerarquía se muestra en la figura 1 [7].

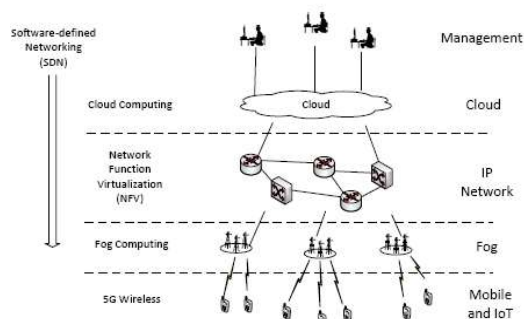


Figura 1. Niveles de jerarquía de Fog

Observando la figura se puede apreciar que en Cloud y fog sucede lo siguiente:

**Nodos fog:**

Reciben datos de dispositivos IoT usando cualquier protocolo, en tiempo real, Ejecuta aplicaciones habilitadas para IoT para control y análisis en tiempo real, con tiempo de respuesta de milisegundos, proporciona almacenamiento transitorio, a menudo cada 1 o 2 horas y envía resúmenes de datos periódicos al Cloud.

Por su parte la plataforma Cloud: recibe y agrega resúmenes de datos desde los nodos fog, realiza el análisis sobre los datos de IoT y datos de otras fuentes para obtener una visión del negocio y puede enviar nuevas reglas de aplicación a los nodos fog, basadas en los nuevos conocimientos adquiridos.

Otra definición de Fog afirma: que: es un escenario donde un gran número de dispositivos heterogéneos, ubicuos y descentralizados (inalámbricos y posiblemente autónomos) se comunican y potencialmente cooperan entre sí y con la red para realizar tareas de almacenamiento y procesamiento sin la intervención de terceros. Estas tareas pueden ser para el soporte de funciones de red básica o para nuevos servicios y aplicaciones que corren en un ambiente protegido. Los usuarios que ofrecen parte de sus dispositivos para hospedar estos servicios reciben incentivos para hacerlo [8].

Los sectores de gobierno y de la industria que se encuentran beneficiados con estas tecnologías van desde industrial, salud, control vehicular, gobiernos y negocios entre otras. Las aplicaciones de automatización de edificios, casa inteligente, provisión de energía inteligente, cadenas de proveedores inteligentes, autos conectados, realidad aumentada, gaming, cuidados de la salud, sistemas de conocimiento de contexto, el uso de dispositivos especiales como

google glass o relojes, dispositivos embebidos en general, sensores de redes de área de cuerpo y realidad virtual, se asocian en una gran red que solicitan servicios al cloud o suben datos y otros recursos.

## **Desafío de Fog Computing**

Si bien, Fog computing presenta muchas ventajas, existen muchos problemas a solucionar para que este tipo de sistema distribuido ofrezca lo que promete: 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 [9].

Para la realización del análisis en tiempo real se deben administrar eficientemente los recursos para determinar cual tarea de análisis se debe realizar en los recursos de fog o ser enviado al cloud. Se debe mejorar los modelos de programación y arquitecturas que favorezcan la escalabilidad y flexibilidad dado que las arquitecturas están basadas en configuraciones estáticas, la seguridad debido a que cuenta con múltiples servicios, usuarios, proveedores y recursos y simples soluciones de autenticación no resultan suficientes, la confiabilidad y tolerancia a fallos y el consumo de energía. Todos estos desafíos llevan a minimizar la latencia y maximizar el throughput.

Otro de los problemas a resolver es determinar cuándo y cómo distribuir la computación, la comunicación, el control y el almacenamiento a lo largo de la continuidad de cloud a las cosas. Por ejemplo como descomponer y recomponer las tareas de computación sobre un conjunto heterogéneo de nodos fog con la capacidad suficiente y

disponibilidad con conexiones inalámbricas inestables y limitaciones de ancho de banda y energía.

Fog no va a sustituir a Cloud, ambos presentan sus ventajas. Cloud ofrece el almacenamiento masivo, la computación "pesada", la coordinación global, la conectividad de área extensa y además puede escalar a los requerimientos de IoT, mientras que fog será utilizada para procesamiento en tiempo real, innovación rápida, servicios centrados en el usuario y agrupación de recursos del borde.

Fog y Cloud se complementan uno con otro de forma de continuar el servicio entre el Cloud y los puntos finales proveyendo beneficios mutuos y servicios independientes para hacer posible la computación, el almacenamiento, el control y la comunicación a lo largo de la continuidad.

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

Las tareas de investigación se realizarán sobre determinados escenarios, dado que la variedad de protocolos, dispositivos, arquitecturas de los mismos y redes de comunicación, dificultan la obtención de resultados totalmente genéricos. Se analizando la distribución de servicios y otros recursos y se compararán con el Cloud tradicional, en entornos simulados.

## **Resultados y Objetivos**

### **Resultados Obtenidos**

Si bien el grupo de investigación trabaja desde hace 17 años, los tareas de investigación relacionadas a esta línea son más recientes. Durante los últimos seis años se trabajó en proyectos sobre Cloud Computing y en particular durante los últimos tres años sobre Cloud híbridos y Cloud privados, Cluster de commodity y

arquitecturas distribuidas de bajo costo. Dicha experiencia motivó esta línea de investigación. El grupo ha realizado publicaciones en el área durante el último año: nueve trabajos de investigación en diferentes Congresos y Jornadas y cuatro publicaciones en revistas científicas y actividades de divulgación. Se han aprobado cinco tesinas de grado y un trabajo de especialización.

### Objetivos

El objetivo del grupo de investigación es realizar el estudio de las mejoras que ofrece un ecosistema de fog computing para la distribución de servicios en la continuidad a Cloud, comparándolo con el modelo de Cloud centralizado tradicional.

### Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está compuesto por los seis docentes-investigadores que figuran en este trabajo y cinco alumnos. Se están realizando tres 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. Se espera realizar también una tesis de maestría sobre Metodologías de desarrollo aplicadas a SaaS y otra sobre control topológico para reducción de interferencia en redes IoT. 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] Mell, P., Grance, T.. "The NIST definition of cloud computing". NIST Special Publication 800 – 145 (2011).
- [2] Joe Biron and Jonathan Follett, Foundational Elements of an IoT Solution The Edge, The Cloud, and Application Development. O'Reilly Media, Inc. (2016).
- [3] 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>.
- [4] Blesson Varghese, Nan Wang, Dimitrios S. Nikolopoulos, Rajkumar Buyya - Feasibility of Fog Computing - arXiv:1701.05451v1cs.DC
- [5]Mung Chiang - Fog and IoT: An Overview of Research Opportunities (Invited Paper)- IEEE Internet of Things Journal, Vol. 3, No. 6, December 2016.
- [6] <https://www.openfogconsortium.org/>
- [7] Tom H. Luan\_, Longxiang Gao\_, Zhi Liz, Yang Xiang\_, Guiyi Wey, and Limin Sunz - Fog Computing: Focusing on Mobile Users at the Edge - arXiv:1502.01815v3 [cs.NI] 30 Mar 2016.
- [8] Luis M. Vaquero, Luis Rodero- Merino - Finding your Way in the Fog: Towards a Comprehensive Definition of Fog Computing - ACM SIGCOMM Computer Communication Review- Volume 44, Number 5, October 2014 (2014).
- [9] Amir Vahid Dastjerdi and Rajkumar Buyya - Fog Computing: Helping the Internet of Things Realize Its Potential – COMPUTER, IEEE COMPUTER SOCIETY - 0018-91 62 / 16 /2016.