



Escuela
Politécnica
Superior

Técnicas de Mantenimiento de QoS en MCC



GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor:

Pedro Gómez Valdés

Tutor/es:

Higinio Mora Mora

Junio 2015



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Índice

Justificación y objetivos	2
Agradecimientos	3
Dedicatoria.....	4
Citas.....	5
Introducción	6
Definición MCC	6
Características MCC	8
Ventajas	9
Aplicaciones MCC	10
Retos y soluciones MCC	11
Líneas de investigación	13
Grupos de investigación	15
Estado del arte QoS.....	17
Mejoras.....	20
Experimentación	22
Estudio	24
Prestaciones y Limitaciones	29
Conclusiones QoS.....	30
Conclusiones.....	31
Referencias	32

Justificación y objetivos

La motivación que ha originado la realización de este trabajo final de grado, ha sido la importante relevancia que hoy en día tienen los dispositivos móviles en nuestro día a día, más concretamente, la utilización de sistemas “cloud” a la hora de utilizar nuestro dispositivo móvil. De la misma manera, conocer, investigar y poder aportar alguna mejora a este paradigma ha sido otra motivación importante a la hora de decantarme por la realización de este proyecto.

Los objetivos que se persiguen con la realización de este trabajo son varios; en primer lugar, aprender el funcionamiento del paradigma “cloud computing“, saber cuáles son sus puntos fuertes y en qué aspecto debe mejorar y en segundo lugar, el objetivo es elaborar un completo estado del arte acerca del paradigma, enfocando en el ámbito de la calidad de servicio.

El objetivo principal, aparte de los ya nombrados, es el de aportar una idea para mejorar su funcionamiento en su aplicación a dispositivos tanto móviles como embebidos.

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a mi familia el apoyo que me han dado y los constantes ánimos que me han transmitido durante la realización de este trabajo final de grado. En segundo lugar, agradecer a mi tutor de proyecto, el profesor Higinio Mora Mora por tutorizarme y llevarme de forma clara y concisa este trabajo, sin él creo que no lo hubiese completado satisfactoriamente y sobretodo darle las gracias por acercarme más a esta parte de la informática y de los dispositivos móviles.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de fin de grado a la persona que me apoya en todo momento, ante cualquier situación y de cualquier manera. MMD.

Citas

“La confianza en uno mismo es el resultado de un riesgo que superamos con éxito”.

Jack Gibb

Introducción

En este documento vamos a establecer un estudio del arte acerca del paradigma “mobile-cloud-computing”, en qué punto se encuentra actualmente, cuáles son sus características más significativas y sus defectos, así como un pequeño análisis en lo que a seguridad se refiere. Centrándonos más en el estado del arte a realizar, este consistirá en un estudio QoS acerca del paradigma estudiado, se realizará un análisis de la herramienta “Volare” para el estudio y medición de la calidad de servicio del paradigma “mobile cloud computing”.

Definición MCC

El término “Mobile Cloud Computing” se introdujo poco después del concepto llamado “cloud computing” a mediados del año 2007. Se puede definir como una opción de negocio rentable que principalmente reduce el desarrollo, funcionamiento y coste de las aplicaciones [1]. A lo largo de estos años, se ha producido un importante crecimiento en el desarrollo de dispositivos móviles, además con la aparición de redes inalámbricas los usuarios pueden navegar por Internet mucho más fácil sin la necesidad de cableado. Esto hace que los dispositivos móviles hayan sido aceptados por muchísima gente como primera opción de trabajo y entretenimiento. En este era moderna, prácticamente todos los dispositivos móviles poseen memoria, pantalla, batería, conectividad y otras características suficientes para permitir al usuario acceder a diversas aplicaciones y servicios en la nube [3] [2].

Según [1] [4], Mobile Cloud Computing se refiere a una infraestructura en la cual el almacenamiento y el procesamiento de datos ocurren fuera del dispositivo móvil. Las aplicaciones en la nube mueven la potencia de cálculo y el almacenamiento de datos lejos de los dispositivos móviles. Un nuevo paradigma mediante el cual el procesamiento y almacenamiento de datos se mueven desde el dispositivo móvil a plataformas informáticas centralizadas, mediante el cual es posible acceder con una conexión a Internet basada en un cliente web o navegador nativo. [5] En pocas palabras, los dispositivos móviles, no necesitan una gran configuración en cuanto a memoria, procesamiento... ya que muchísimas aplicaciones pueden ser procesadas en la nube.

[6] En la arquitectura móvil actual, los dispositivos móviles, pueden acceder a los servicios en la nube de dos maneras distintas, a través de la red móvil o red de telecomunicaciones, y a través de los puntos de acceso como se muestra en la figura 1.

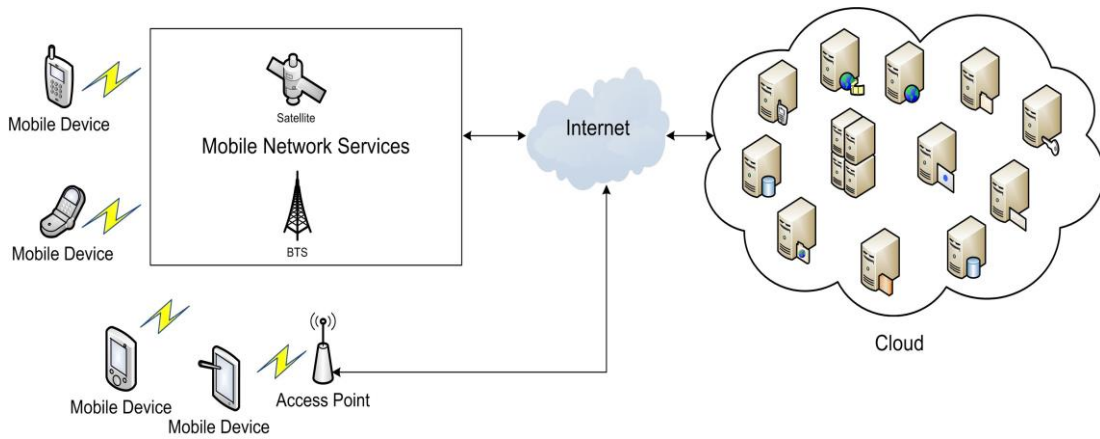


Figura 1

[6] El objetivo principal de la computación en la nube es facilitar a las pequeñas empresas de una manera más económica el acceso a tecnologías que están fuera de su alcance. Mediante el uso de esta tecnología, las pequeñas empresas pueden ampliar sus recursos TI basados en las demandas de servicios y así poder aprovechar la igual de oportunidades de crecimiento para poder competir con otras empresas en el mercado. Más enfocado a MCC, el objetivo principal es proporcionar experiencias de usuario mejoradas para los usuarios de dispositivos móviles, en forma de duración de la batería, comunicación, en general, mejora de los recursos de los dispositivos móviles. Ambas tecnologías poseen diferentes objetivos y desafíos, por ejemplo, en MCC la conectividad de red, coste de utilización de ancho de banda o la energía de los dispositivos, se consideran temas principalmente importantes.

Los modelos de computación en la nube, se basan en el modelo de servicio en la nube estándar, que incluye infraestructura como servicio (IaaS) [1], [7], [18], plataforma como servicio (PaaS) [1], [8], [11], [18], en donde ofrece un entorno integrado en el cual se pueden crear, testear y desarrollar aplicaciones; y por último, el software como servicio (SaaS) [1] [9] [10], [11], [18], en donde los usuarios pueden acceder a una solicitud e información de forma remota a través de Internet y pagar solo por lo que realmente utilizan.

Características MCC

Las características de MCC son amplias y variadas, nombraremos solo algunas de las más importantes y fundamentales. En primer lugar, una de las principales características es que no existe la necesidad de conocer qué infraestructura se encuentra detrás, ya que se conoce como “nube” donde las aplicaciones o servicios pueden crecer fácilmente con un funcionamiento rápido y sin conocer los detalles del funcionamiento de la “nube” [12]. El cliente no tiene control o conocimiento sobre la ubicación exacta de los recursos asignados [18].

Según [3], MCC posee una serie de características variadas que hacen de este paradigma innovador. La movilidad es una de ellas, ya que los nodos móviles en la red pueden establecer conexión con los demás. Diversidad de las condiciones de la red ya que normalmente las redes que utilizan los nodos móviles no son únicas ya que estas redes pueden ser cableadas o inalámbricas. De la misma manera, debido a las señales inalámbricas, es susceptible la interferencia y espionaje de terceros, un sistema de red informática móvil tiene que tener en consideración cualquier problema relacionado con la seguridad para poder abordarlos.

Existe un amplio acceso a la red ya que las capacidades están completamente disponibles en la red y el acceso se produce a través de los mecanismos que promueven el uso de plataformas cliente como pueden ser dispositivos móviles, ordenadores portátiles... [18].

Ventajas

MCC es conocida por ser una solución prometedora para el ámbito de la informática, más concretamente para los dispositivos móviles debido a múltiples razones [1]. A continuación, vamos a describir una serie de ventajas que posee este paradigma.

Vida de la batería. La batería de los dispositivos móviles, es una de las principales preocupaciones a día de hoy de los fabricantes. Muchas soluciones apuntan a mejorar el rendimiento de la CPU [1], [13], [14], [19], entre otras cosas, pero estos cambios de hardware implicarían importantes costes al fabricante. Se propone la técnica de descarga de computación, con el objetivo de migrar los grandes cálculos y los procesamientos complejos a máquinas en la nube.

Mejora la capacidad de almacenamiento de datos y la potencia de procesamiento. La capacidad de almacenamiento, hoy en día, es también una limitación para los dispositivos móviles. MCC se desarrolla para permitir a los usuarios móviles que puedan tanto almacenar como acceder a los datos de gran tamaño a través de redes inalámbricas [1], [13]. Un ejemplo, podría ser “Amazon Simple Storage Service” (Amazon S3) [15], que soporta el servicio de almacenamiento de archivos. Con la nube, los usuarios pueden ahorrar una gran cantidad de energía en sus dispositivos móviles y espacio de almacenamiento.

El almacenamiento de datos o la ejecución de distintas aplicaciones en la nube es una manera eficaz de mejorar la fiabilidad de todos los datos. Esto reduce considerablemente la pérdida de datos. Otra propiedad de la que se dispone es la protección de contenido con derechos de autor para evitar la distribución no autorizada [16]. Además, la nube puede proporcionar de forma completamente remota a los usuarios de dispositivos móviles medidas de seguridad como por ejemplo autenticación o sistemas de detección de virus [1], [13], [17], [18].

Además, MCC hereda algunas ventajas de la nube tradicional. Escalabilidad es una de ellas, ya que el despliegue de aplicaciones móviles se puede realizar y escalar para satisfacer las demandas de los usuarios debido a la provisión de recursos flexibles. Los proveedores de servicios, pueden añadir y ampliar una aplicación o servicio con poca limitación en el uso de los recursos. También se dispone de una facilidad de integración

ya que los múltiples servicios de diferentes proveedores de servicios pueden integrarse a través de la nube para satisfacer completamente las demandas de los usuarios [1], [13].

Aplicaciones MCC

Las aplicaciones que usan este paradigma, sacan la computación y el almacenamiento de datos fuera de los dispositivos móviles para poder ubicarlos en la nube. De esta manera, las aplicaciones pueden ser ejecutadas en múltiples dispositivos. En este apartado vamos a describir algunas de las aplicaciones más importantes en el ámbito MCC que usan este paradigma.

Mobile-Commerce. Las aplicaciones de comercio móvil cumplen algunas tareas que requieren una movilidad constante de datos, ya sean transacciones, pagos... Estas aplicaciones, se pueden clasificar en aplicaciones de finanzas, publicidad o compras entre otras... [1], [20]. Este tipo de aplicaciones, se enfrentan a diversos desafíos entre los que se comprenden la anchura de banda de la red, la seguridad o la complejidad de configuraciones de los dispositivos móviles. Según [21] se propone una plataforma 3G de comercio electrónico basado en cloud computing. Este paradigma combina las ventajas de la red 3G y el Cloud Computing para aumentar la velocidad de procesamiento de datos y el nivel de seguridad [22] basado en clave pública, la cual consiste en un mecanismo que utiliza control de acceso basado en cifrado y encriptación para garantizar la privacidad del usuario en el acceso a datos externos.

Mobile Healthcare. El propósito de aplicar el paradigma MCC en aplicaciones médicas es reducir al mínimo las limitaciones del tratamiento médico tradicional. Proporciona a los usuarios de dispositivos móviles la ayuda de acceder a múltiples recursos, además, ofrece a los centros hospitalarios una amplia variedad de servicios en la nube en lugar de ser el dueño de aplicaciones locales [1]. Según [23], podemos enumerar algunas aplicaciones:

- Servicios integrales de vigilancia médica permiten a los pacientes ser monitorizados en cualquier momento y lugar.
- Sistemas de gestión de emergencias. Gestión y coordinación de flotas de vehículos de emergencias de manera eficaz.

- Aplicaciones que detectan frecuencias cardíacas y otros indicadores para el sistema de alertas de las emergencias sanitarias.

Mobile Gaming. Es una fuente potencial de ingresos constantes en el mercado para los proveedores de servicios. Se podría por ejemplo descargar por completo el motor de juego que requiere grandes recursos de computación al servidor en la nube para que los jugadores solo tengan que interactuar con la interfaz en la pantalla de sus dispositivos móviles. [24] Propone un nuevo juego basado en este paradigma utilizando una técnica de renderizado para ajustar dinámicamente los parámetros de juego de acuerdo a las limitaciones de comunicación, el objetivo, no es otro que maximizar la experiencia de usuario dadas las comunicaciones y los costos de computación [1].

Educación móvil. Las aplicaciones en este campo se basan fundamentalmente en el aprendizaje electrónico o “e-learning”. Las aplicaciones tradicionales tienen limitaciones debido al alto coste en las redes, la baja transmisión de estas o los recursos educativos algo limitados [25], [26]. La utilización de una nube con la capacidad de almacenamiento y procesamiento daría lugar a las aplicaciones necesarias para proporcionar a los estudiantes servicios mucho más ricos en términos de datos, velocidad de procesamiento o vida de la batería [1]. Existen por ejemplo, aplicaciones basadas en Google App Engine [20] en la cual los estudiantes se comunican con sus profesores en cualquier momento.

Retos y soluciones MCC

El objetivo principal del MCC es proporcionar un método conveniente y rápido para que los usuarios puedan acceder y recibir datos desde la nube, eso significa acceder eficazmente a los recursos de computación en la nube mediante el uso de dispositivos móviles. En el sector de computación en la nube, las limitaciones de los dispositivos móviles, la calidad de las comunicaciones inalámbricas, el tipo de aplicación son algunos de los factores que afectan a la evaluación de la computación en la nube [3].

Limitaciones de los dispositivos móviles. Con el paso del tiempo, los dispositivos móviles han ido evolucionando en múltiples aspectos, como por ejemplo, pantallas cada vez más nítidas, procesadores cada vez más rápidos o memorias cada vez más amplias. Aunque, si comparásemos un dispositivo móvil con un ordenador portátil, estos poseen una carga 3 veces superior en velocidad de procesamiento o 8 veces superior en capacidad de memoria [3] [13]. Es por eso, que hoy en día la vida de la batería de los dispositivos móviles sigue siendo uno de los factores más importantes y claves en el diseño de aplicaciones móviles. Las dos principales influencias son la capacidad limitada de la batería y un aumento de la demanda de los usuarios para las aplicaciones que requieren mucha energía al dispositivo móvil [18]. Se han propuesto varias soluciones para mejorar el rendimiento de la CPU [27] para gestionar los recursos disponibles de manera óptima con el fin de reducir el consumo de energía. Una posible solución para este problema, podría ser la migración de tareas así como la virtualización.

Calidad de la comunicación. Por un lado disponemos de una red cableada que utiliza una conexión física para garantizar el ancho de banda, en cambio, la velocidad de transferencia de datos en el móvil está cambiando constantemente y en algunos casos puede llegar a ser discontinua. En la red inalámbrica, el retardo de latencia de la red puede llegar a ser de 200ms en “la última milla”, pero solo de 50 ms en la red cableada tradicional. Algunos otros temas como el cambio de rendimiento de las aplicaciones o la movilidad de los usuarios darán lugar a cambios en el ancho de banda, por lo tanto, el retardo en la red móvil es mayor que en la red cableada [13]. Aumentando el ancho de banda se podrían reducir los tiempos de entrega de datos.

División de servicios de aplicaciones. En el entorno móvil de computación en la nube, debido a los recursos limitados, algunas aplicaciones no se podrían implementar en los dispositivos móviles por múltiples razones, ya sea consumo masivo de energía o consumo masivo de capacidad entre otras razones. La cuestión que se plantea es la posibilidad de división de las aplicaciones y el uso de la capacidad de computación en la nube, para poder así alcanzar solución a un reto bastante frecuente. Dicho de otra manera, las tareas con más carga computacional son procesadas y ejecutadas en la nube, mientras que en el dispositivo móvil, solo se procesaría las tareas con menor coste computacional.

Líneas de investigación

Varios trabajos de investigación contribuyen al desarrollo constante de este paradigma, abordando múltiples cuestiones. Sin embargo, aún existen temas que deben abordarse. A continuación, vamos a presentar algunos problemas que existen en la actualidad y sus líneas de investigación en el desarrollo del MCC.

Ancho de banda limitado.

La limitación del ancho de banda es a día de hoy una seria preocupación entre los investigadores ya que como es obvio, el número de usuarios de dispositivos móviles y el número de usuarios de plataformas cloud está aumentando de manera considerable. A pesar de esto, están surgiendo tecnologías prometedoras como las redes “4g” o “Femtocell”.

La red 4G es una tecnología que aumenta considerablemente el ancho de banda del dispositivo móvil en cuestión. Esta red es capaz de proporcionar hasta 100 Mbit/s para las redes “LTE Advanced” y hasta 128 Mbit/s para “WirelessMAN-Advanced” en comparación con las actuales redes 3g que solo son capaz de proporcionar un ancho de banda de 14,4 Mbit/s. Las redes 4G proponen una serie de ventajas como servicios variados, transferencia más rápida... [28]. Aunque, aún existen ciertos aspectos en estas redes relacionados con su arquitectura, calidad del servicio que deben de tomarse en cuenta [29].

Acceso a la red

Una gestión eficiente de acceso a la red, aparte de mejorar el rendimiento del enlace para los usuarios móviles, también optimiza el uso del ancho de banda. “Radio Cognitiva” se puede esperar como una solución para lograr la gestión de acceso inalámbrico en el entorno de comunicaciones móviles [30]. “Radio Cognitiva” aumenta la eficiencia de la utilización del espectro de manera considerable permitiendo a los usuarios no autorizados accedan al espectro asignado a los usuarios con licencia. Al integrar esta técnica con MCC, el espectro se puede utilizar de manera más eficiente.

Calidad de servicio.

En MCC, los usuarios de dispositivos móviles necesitan acceder a los servidores ubicados en la nube al solicitar cualquier recurso o servicio de la nube. Sin embargo, los usuarios móviles tienen que hacer frente a algunos problemas como la congestión del tráfico en la red debido a la limitación de ancho de banda, desconexión de la red o atenuación de la señal entre otros... Dos nuevas líneas de investigación van apareciendo. Como son CloneCloud o Cloudlets [1].

CloneCloud utiliza computadoras cercanas o centros de datos para aumentar la velocidad de ejecución de aplicaciones de dispositivos móviles. La idea que proporciona es clonar todo el conjunto de datos y aplicaciones del dispositivo en la nube para ejecutar selectivamente algunas operaciones [31].

Cloudlets. Equipo de confianza rico en recursos o conjunto de ordenadores que se conectan a Internet que están disponibles para su uso en dispositivos móviles cercanos. La idea es que cuando los dispositivos móviles no quieren sacar datos de la nube o acceder a estos, pueden encontrar un “cloudlet” cerca. Esta tecnología puede ayudar sin lugar a dudas a los usuarios a superar los límites de la computación en nube como la latencia o el bajo ancho de banda.

Interfaz estándar. La interoperabilidad se convierte en un tema importante cuando los usuarios móviles necesitan interactuar y comunicarse con la nube. La interfaz actual entre los usuarios de los dispositivos móviles y la nube se basa hoy en día en las interfaces web. Sin embargo, las interfaces web no pueden ser la mejor opción puesto que no todas están diseñadas para todos los dispositivos móviles. En un futuro cercano, HTML5 se espera como una técnica prometedora para abordar esta cuestión.

Convergencia de los servicios.

El uso de servicios en MCC involucra tanto al proveedor del servicio móvil como al proveedor de servicios cloud. Ambos proveedores tienen diferentes servicios de gestión, gestión de clientes y por tanto diferentes métodos de pagos y de precios. Esto da lugar a muchos problemas, como por ejemplo: el precio. Cuando un usuario ejecuta una aplicación que usa servicios en la nube, esto implica que el precio pagado por el jugador tiene que dividirse entre tres proveedores distintos; proveedor de servicios de juegos, proveedor de servicios móviles y proveedor de servicios en la nube.

El desarrollo y competencia que existe a día de hoy entre los proveedores de servicios puede conducir al hecho de que en un futuro estos se diferencien según el tipo, coste, calidad u otros factores. En algunos casos, una nube puede llegar a no ser suficiente para satisfacer la demanda de los usuarios. Se necesita un esquema en el que dichos usuarios, puedan utilizar múltiples nubes de forma unificada.

Dicho esquema debe ser capaz de detectar automáticamente y componer servicios para el usuario. Una posible solución sería “Sky Computing”, la cual será el siguiente paso del paradigma “Cloud computing”. “Sky Computing” es un modelo de computación donde los recursos de varios proveedores de nubes se aprovechan para crear una infraestructura distribuida a gran escala [31].

División de tareas.

Las investigaciones y los retos de hoy en día se centran también en la división de tareas en varias subtarear en los dispositivos móviles ya que es una buena solución para aquellos dispositivos con recursos limitados. Sin embargo, no existe una estrategia o algoritmo sobre la división de estas tareas, qué tarea debe ser procesada en la nube o qué tarea debe ser procesada en el dispositivo [3].

Grupos de investigación

A día de hoy, existen múltiples grupos de investigación en todo el mundo que estén estudiando el paradigma MCC. Un paradigma que desde hace un par de años hasta ahora ha ido cobrando suma importancia y relevancia. Vamos a enumerar algunos grupos de investigaciones tanto nacionales como internacionales.

Universidad Politécnica de Madrid.

Grupo de Electrónica Industrial [33], departamento de automática, ingeniería eléctrica y electrónica e informática industrial. Destaca su línea de investigación dedicada a la Microelectrónica y sistemas embebidos en la que se realiza abundante investigación sobre Redes de Sensores y aplicaciones distribuidas en numerosos ámbitos.

Universidad Autónoma de Barcelona.

Centro de Accesibilidad e Inteligencia Ambiental de Cataluña [34].

El área de Sistemas Embebidos y Sistemas Multiprocesador dispone de un amplio bagaje en sistemas embebidos multiprocesador y mantenimiento de QoS sobre estos sistemas.

Universidad de Granada.

Grupo de investigación en Circuitos y Sistemas para Procesamiento de la Información [35] integrado en el departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Realiza intensa investigación de calidad en numerosos temas entre los que destacan el desarrollo de sistemas embebidos, redes de computadores y plataformas orientadas a servicios.

En el ámbito internacional, podríamos encontrar múltiples proyectos de investigación que se están llevando a cabo acerca de MCC. Vamos a enumerar unos pocos en distintas universidades para dar a conocer que área dentro de este paradigma es la más investigada.

Universidad de Arizona

Grupo de investigación en “Sistema Autónomo de Gestión en la Nube”. “Autonomic Cloud Management System”. Investigación basada en la mejora del paradigma intentando mejorar el rendimiento, los costes y la accesibilidad. [36].

Grupo de investigación “Intrusion Resilient Cloud Services”. Investigación que gira entorno a la seguridad del paradigma [36].

Universidad de Pittsburg

[37] Investigación acerca de las características y de la potencia de este paradigma.

Universidad de Boston.

[38] Dedicados a la investigación sobre la detección, comunicación y procesamiento de la información. Investigación sobre dos campos importantísimos: seguridad en la nube y medicina en la nube.

Estado del arte QoS

Uno de los objetivos propuestos en este trabajo es el de estudiar a fondo esta metodología, lo que ella implica o de lo que se necesita para el buen funcionamiento de esta. De la misma manera, uno de los estudios más importantes acerca de este paradigma no es otro que la medición, predicción o estudio del rendimiento de la red entre plataformas, estudios o mediciones acerca de los tiempos de respuesta o incluso calidades del servicio a la hora de acceder a los servicios cloud por parte de los dispositivos.

Algunas herramientas han sido desarrolladas para poder medir de forma flexible varios parámetros del rendimiento de red [39] [40]. Determinará, la naturaleza de la aplicación que tenemos que implementar cual es la mejor estrategia para continuar ya que la mayor parte de las redes que se vinculan a las plataformas móviles utilizan un medio compartido entre los usuarios, esto hace que el rendimiento de la red sea una de las cosas más difíciles e imprecisas de predecir. Nos vamos a centrar en dos aspectos importantes. Uno de ellos es la medida continua de los parámetros de rendimiento que nos ofrece la red para posteriormente, poder analizar los datos del rendimiento.

Para poder obtener medidas acerca de los parámetros de rendimiento de la red, podríamos tener en cuenta Iperf [41]. Esta herramienta se puede utilizar con el fin de obtener información del ancho de banda disponible de la red. Además, otros parámetros como el “ping” se usan para medir el retardo de la red. Todos los datos obtenidos en estos análisis, se pueden usar más adelante para poder hacer estudios y mediciones de la red en cuestión y encontrar periodos de estabilidad dentro de la red. Se ha de comprobar que todas y cada una de las tareas ejecutadas en la aplicación son ejecutadas en condiciones de red asequibles ya que nada valdría que unas se ejecutaran con unas condiciones de red “x” y otras con unas condiciones de red “y”. El resultado de lo obtenido, y tras los estudios realizados, nos indicará la plataforma sobre la cual se debe ejecutar la aplicación o la tarea.

En cuanto a la latencia, según [46, 47], siempre ha sido un problema en la computación en la nube. Los otros factores que se suman a la latencia son el cifrado y el descifrado de los datos cuando estos se mueven por redes no conocidas. La congestión se suma a la latencia cuando el flujo de tráfico a través de la red es alta y hay muchas peticiones

intentando ejecutarse al mismo tiempo. Esto puede provocar una gran latencia en la red, o lo que es lo mismo, una importante suma de retardos temporales dentro de la red.

Con la cantidad creciente de servicios en la nube, la demanda de acceso a recursos de datos como por ejemplo imágenes, archivos o documentos aumenta. Como resultado, se establece un método para hacer frente a los recursos de datos en la nube (almacenar, administrar o acceder) se convierte en un reto importante [20].

Sin embargo, el manejo de los recursos de datos en la nube no es un problema de fácil solución debido al pobre ancho de banda, las consecuencias de a movilidad y la limitación de la capacidad de los recursos de los dispositivos móviles. Según [20], para los proveedores comerciales de almacenamiento en la nube, cada operación I/O se ejecuta a un nivel de archivos en general, eso produce un aumento en el costo de la comunicación de redes y servicios para los usuarios móviles.

Es importante que el proveedor de servicios satisfaga a los usuarios de dispositivos móviles mediante el seguimiento de sus preferencias por ejemplo. Una gran cantidad de trabajos de investigación y estudios tratan de utilizar los contextos locales ya sean los tipos de datos, el estado de la red o el entorno del dispositivo para mejorar la calidad de servicio (QoS). Existen enfoques y estudios que se basan en un modelo, llamado nubes de servicio móviles (CSM) que consisten en que cuando un usuario móvil utiliza un servicio en la nube la solicitud del usuario pasa en primer lugar por un gateway de servicio, el cual elige un proxy adecuado para cumplir con los requisitos (camino más corto y el menor tiempo de respuesta) y luego envía el resultado al usuario. En el caso de que se produzca desconexión el CSM establece un proxy transitorio o temporal para dispositivos móviles con el objetivo de controlar la trayectoria del servicio y dar soporte a la reconfiguración dinámica [20].

En [52], se propone un módulo de middleware llamado VOLARE, integrado en el dispositivo móvil para poder monitorizar los recursos y el contexto del dispositivo móvil, lo que ajusta dinámicamente las necesidades de los usuarios en tiempo de ejecución. Cuando un usuario móvil inicia una aplicación en su dispositivo móvil que requiere de algún servicio en la nube, esta solicitud es transmitida al sistema operativo del móvil quien envía simultáneamente datos de contexto a otro módulo y los datos de monitoreo de calidad de servicio a otro módulo. El módulo de adaptación recibirá la solicitud de servicio y la procesa junto con las alertas recibidas desde el módulo de supervisión de

contexto y si existen diferencias significativas puede ofrecer la solicitud adecuada de servicio en función del contexto y los datos de recursos. Desde el módulo de monitoreo de QoS periódicamente se realizan verificaciones para determinar si los niveles de calidad de servicio de los proveedores son más bajos del nivel aceptado, en caso afirmativo el módulo de solicitud de servicio será notificado para poner en marcha una nueva solicitud de descubrimiento de un nuevo servicio que satisfaga los nuevos requisitos.

Este enfoque permitirá una mayor eficiencia de los recursos y un descubrimiento del uso de servicio en la nube completamente fiable, así como un importante ahorro de costes en tiempo de ejecución.

El middleware VOLARE funciona a dos niveles. Al servicio de tiempo descubrimiento que intercepta las peticiones de servicio desde la aplicación cliente al mismo tiempo que el contexto del dispositivo móvil. Esto puede inducir en los recursos de hardware como son por ejemplo: el consumo de batería, consumo de CPU o de memoria, las variables ambientales como es el ancho de banda de red o las preferencias de usuario. Seguidamente, se procede a adaptar cada solicitud de servicio de acuerdo con los datos de contexto, para reflejar mejor los requisitos de calidad de servicio actuales del cliente [52].

La computación en la nube ofrece ventajas significativas a los desarrolladores de aplicaciones móviles, como por ejemplo, permitiendo el almacenamiento escalable o múltiples capacidades de computación, mientras que también ofrece acceso a los recursos y servicios en línea de una manera similar a los ofrecidos por los servicios web [52] [53]. En el caso de las aplicaciones cliente en los dispositivos móviles, el contexto local incluye como hemos mencionado a lo largo del documento, recursos, variables ambientales y las preferencias de usuario; todo esto puede variar el tiempo de ejecución. La calidad de servicio (QoS) puede no coincidir con las capacidades del dispositivo en su contexto actual a la hora de recibir y procesar datos.

Mejoras

La mayoría de los dispositivos utilizados son dispositivos móviles. El middleware “VOLARE” se puede también usar en dispositivos estáticos pero no afectará significativamente su rendimiento, a menos que dichos dispositivos tengan recursos limitados.

Un número significativo de dispositivos móviles usa el middleware “VOLARE” [55]. La característica que posee es que los dispositivos con este middleware pueden interactuar con los servicios proporcionados por los usuarios que no dispongan de este middleware y a su vez pueden proporcionar servicios a los clientes que no lo dispongan, aunque algunas funciones solo funcionarán de manera óptima en la interacción con otros nodos utilizando el mismo middleware. Para una aplicación, el middleware podría ser incluido en el firmware de los dispositivos móviles.

Existe inter-conectividad. Suponemos que los nodos de la red tienen conectividad libre entre sí. No consideramos cuestiones tales como la interconexión entre las diferentes redes móviles o las políticas de seguridad.

Como investigación en este trabajo, nos preguntamos **cómo se podría garantizar un tiempo de respuesta adecuado cuando un dispositivo necesita ejecutar un cálculo complejo en la nube.**

Esta situación nos la podemos encontrar en múltiples aplicaciones que usamos día a día, sobre todo en los dispositivos móviles. En aplicaciones como “Facebook” o “Twitter” mientras navegamos por sus respectivos menús y pestañas, en segundo plano se ejecuta información que se envía al servidor o nube, procesa y se envía de nuevo a nuestro dispositivo, aunque el tiempo de respuesta sea de segundos o incluso menos. Todo este proceso se puede conseguir mediante las tareas asíncronas o programación asíncrona. La comunicación asíncrona consiste en que cuando el dispositivo cliente envía información al servidor o nube, continua su ejecución normalmente sin esperar a la respuesta del servidor, se podría decir que se abre un hilo de ejecución paralelamente para esa tarea, sin afectar la calidad de servicio.

Es la solución que tenemos a día de hoy, ya que un usuario puede seguir usando la aplicación sin que QoS se vea comprometida. Para poder predecir el tiempo de respuesta de este método depende de múltiples factores como por ejemplo la calidad de la conexión de red, la velocidad de red o el ancho de banda.

Experimentación

A continuación, vamos a estudiar dos tipos de situación en los que el middleware “VOLARE” se encuentra. En un primer caso, por ejemplo, lo encontraríamos en los dispositivos GPS de los vehículos. En este escenario, cada dispositivo hace uso de los servicios web para transmitir la solicitud de los datos. La comunicación podría efectuarse mediante P2P o a través de un servidor centralizado. Una operación de tiempo de ejecución típica sería:

En primer lugar, cuando el vehículo comienza a moverse, el dispositivo móvil cambiará al estado de conducción. Las solicitudes del servicio consisten en peticiones sobre la información del tráfico de dispositivos circundantes, de este modo se traza la ruta óptima. El lado de proveedor de servicios consiste en una especie de oferta de servicios que informan a los dispositivos circundantes de su estado de ubicación y del tráfico, con una cierta tasa de refresco.

En segundo lugar, cuando el vehículo acelera a gran velocidad en una vía abierta, el dispositivo móvil cambiaría digamos a un modo de tráfico bajo. Los niveles de QoS consiguen adaptarse a una exigencia mayor de tasas de actualización ya que el dispositivo debe adquirir de una forma rápida y concisa información sobre el tráfico de la zona para trazar el camino o la ruta óptima puesto que la ubicación del vehículo cambia de forma instantánea. El proveedor de servicios advierte que el QoS se reduce ya que se debe de dar una prioridad elevada al aumento de la actividad del componente de solicitud de servicio ya que los recursos son limitados.

En último lugar, cuando el vehículo se aproxima a una zona con congestión de tráfico, la solicitud de servicio se adapta a requerir menor frecuencia de actualización, ya que la ubicación cambia a un ritmo menor y por lo tanto las actualizaciones rápidas no son esenciales como lo eran en la anterior situación. El proveedor de servicios anuncia que los niveles de QoS se elevan ya que no hace falta un mayor énfasis en el lado de solicitud de servicio.

Se ha de tener en cuenta, que este es un problema de optimización de escenario, donde la funcionalidad adaptativa permite la opción más eficiente de un servicio de una lista de servicios web similares. Con el uso del middleware “VOLARE”, se asegura que el proveedor de servicios y módulo solicitante del servicio, se benefician de las prioridades en función de la situación, para poder asegurar que la funcionalidad principal del dispositivo no se vea para nada afectada.

Otra aplicación que requiere el uso del middleware podría ser en la publicidad de los servicios comerciales ya sean salas o conciertos [54]. El escenario en este caso consiste en un dispositivo móvil de un usuario, este dispositivo intentará utilizar el tiempo, ubicación o preferencias del usuario para evaluar los anuncios en los lugares y eventos que puedan interesar al usuario. Una operación típica de tiempo de ejecución en este caso sería:

Cuando el usuario se mueve alrededor de la ciudad, el dispositivo móvil se encuentra en modo búsqueda de posibles lugares o puntos de interés del que pueda estar interesado. El módulo de solicitud de servicio solicitará información de acuerdo con las preferencias del usuario que previamente ha establecido. Los niveles de calidad de servicio se adaptarán para poder aprovechar mejor los recursos de los componentes del dispositivo móvil en cuestión.

Al acercarse el mediodía, el middleware cambiará a un modo llamado “almuerzo” de acuerdo con los datos de contexto que tiene sobre la hora actual del día. En las solicitudes de servicio, se dará prioridad a los anuncios de restauración conforme a las preferencias del usuario o basándose en el historial de reacciones del usuario. En este caso, en el lado del proveedor de servicios enviará anuncios a otros dispositivos. Los niveles de calidad de servicio volverán a depender de los recursos ya almacenados aunque se da prioridad al módulo de solicitud de servicio hasta que el usuario solicita una reserva, mientras el middleware da alta prioridad en el lado del proveedor.

Al caer la noche, el middleware volverá a cambiar a un modo llamado “ocio” o “fiesta” en función de la hora. Las solicitudes de servicio funcionarán de manera similar a la explicada en el paso anterior, la única novedad es que se da prioridad a los lugares de ocio o conciertos. Las preferencias del usuario dependerán de la hora y del día y del historial de preferencias marcadas por el usuario en días anteriores [55] [56] [57] [58] [59] [60].

Estudio

Para comprobar todo lo antes expuesto, se ha realizado un estudio real en un medio físico en el cual comprobamos la calidad de servicio de una red, ya sea mediante una red Wifi o mediante una red 3G/4G para poder observar las características que poseen cada una en distintas zonas y a distintas horas del día.

Se aplica el teorema [56] de Velocidades máximas de envío de datos, concretamente el de la Velocidad máxima según la relación señal/ruido. Elegimos la aplicación de este teorema ya que para saber las características de una red, tenemos que tener en cuenta la perturbación señal/ruido en un medio físico.

$$V_t (bps) = B \log_2 \left(1 + \frac{PS}{PN} \right)$$

$$V_t (bps) = B \frac{\log_{10} \left(1 + \frac{PS}{PN} \right)}{\log_{10} 2}$$

Donde PS/PN:

$$\left(\frac{PS}{PN} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{PS}{PN} \right)$$

El dispositivo utilizado para realizar las pruebas ha sido el siguiente:

Tipo Dispositivo: Dispositivo móvil

Marca: One Plus One

Procesador: Qualcomm Snapdragon 801 Quad Core a 2,5 GHz

Memoria: 3GB DDR3

La localización para la toma de datos han sido en diferentes lugares: ciudad de Elche, Universidad de Alicante y término municipal de Mutxamel (Alicante).

La metodología usada en la toma de datos ha sido la siguiente: en los lugares ya mencionados anteriormente, se toman dos muestras de los datos por la mañana y dos muestras de los datos por la tarde. En cada muestra se toman datos del sonido ambiente y de la velocidad de red en ese momento, tanto para conexión Wifi como para conexión 3G/4G.

Para la toma de los datos de velocidad se usa la aplicación “speedtest” que te mide tanto para la subida como para la bajada la velocidad y también el ping que existe en ese momento.

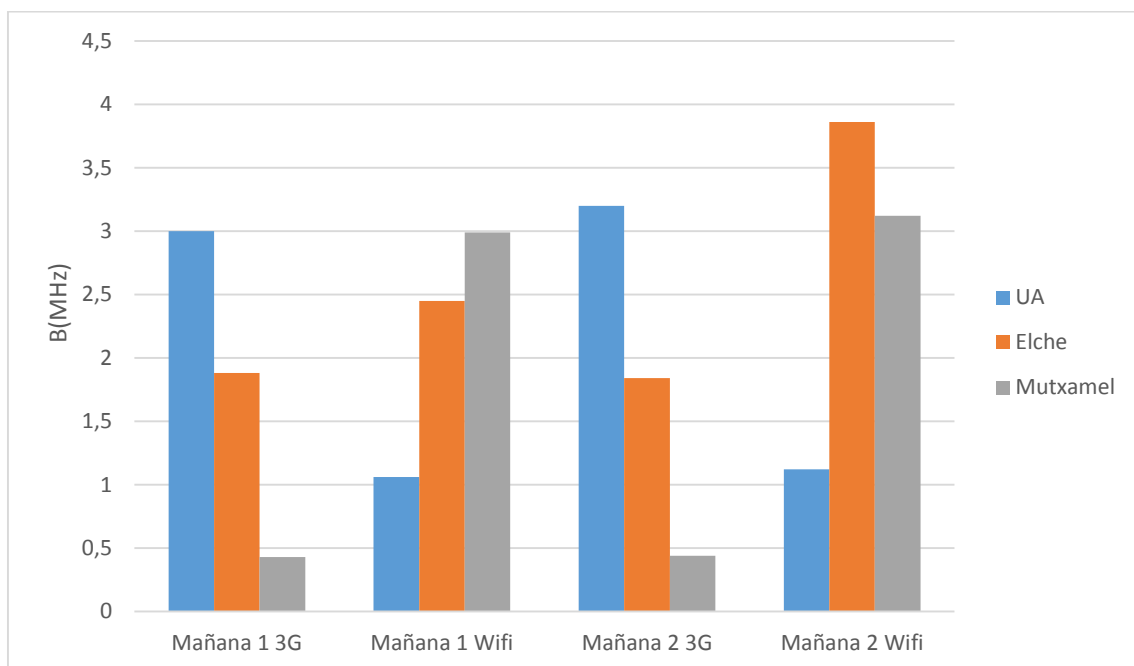
Para la toma de datos del sonido ambiente, se usa la aplicación “sonómetro”, con un intervalo de 30 segundos, obtenemos tres datos, el sonido mínimo durante ese intervalo, el sonido máximo y una aproximación a un sonido medio entre esos dos intervalos.

Como hemos explicado anteriormente, necesitamos tener en cuenta las perturbaciones que puedan existir en la transmisión de los datos. En este caso, consideramos el ruido. Se trata de una perturbación que se encuentra en cualquier medio de transmisión. Este tipo de perturbación se mide mediante la relación señal-ruido en decibelios (dB).

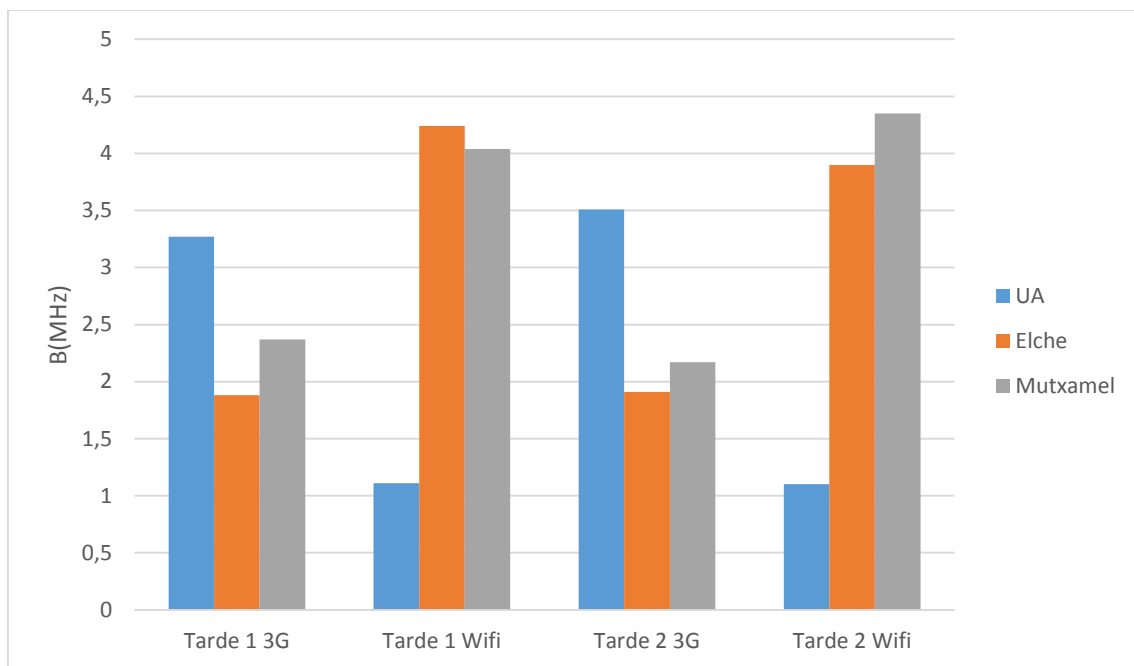
Una vez concluida la toma de datos, se aplica el teorema anteriormente explicado, para averiguar el ancho de banda de red en ese preciso instante. De esta forma, acabaremos el estudio, mostrando una comparativa sobre las zonas y espacios horarios donde tenemos una calidad de servicio mayor, aunque cabe destacar que la calidad de servicio de una red no depende exclusivamente del ancho de banda de esta, si no que existen múltiples factores que pueden llegar a determinar la calidad de una red.

En el siguiente gráfico, mostramos los resultados obtenidos en las distintas localizaciones geográficas durante la mañana. Como hemos explicado, se han tomado muestras dos veces por la mañana y dos veces por la tarde para comprobar más exhaustivamente el comportamiento de la red en cuestión.

Podemos observar que mediante el Wifi, globalmente obtenemos un ancho de banda mayor que usando una conexión 3G, aunque en la Universidad de Alicante, el ancho de banda es menor ya que la conexión está limitada por usuario a una determinada velocidad. En cuanto a la conexión 3G, obtenemos unos datos pobres en el municipio de Mutxamel, nada comparable a los datos que obtenemos en la Universidad por las mañanas. En cuanto al municipio de Elche, obtenemos datos muy parejos tanto con conexión 3G/4G como con Wifi.



Ahora, procedemos a analizar los datos recogidos durante la tarde. Como podemos observar, la banda ancha obtenida mediante Wifi vuelve a ser ligeramente mayor a la obtenida mediante 3G/4G, salvo en la Universidad de Alicante ya que como hemos explicado anteriormente la velocidad está limitada por usuario. Por otra parte, el ancho de banda mediante conectividad 3G/4G en Mutxamel es más alta respecto a los datos obtenidos durante la mañana. En cuanto al 3G/4G en la ciudad de Elche, los datos son bastante parejos en ambas franjas horarias.



Cabe destacar, que los datos obtenidos dependen como hemos explicado anteriormente de la relación señal/ruido. Estos parámetros, durante el estudio han variado bastante ya que se han tomado las medidas en plena calle, en aulas o en una oficina y la media ha sido muy variada, en algunos casos obteniendo datos de +- 35 decibelios y en otros casos hasta +- 70 decibelios.

Como conclusión al estudio que se ha realizado, destacamos varios aspectos a tener en cuenta. La relación señal/ruido es importantísima a la hora de analizar una red, en cuanto a velocidad y ancho de banda. Ya que para dos medidas de velocidad igual, si una de ellas posee una relación señal/ruido menor, mayor será su ancho de banda.

En cuanto al ancho de banda obtenido, podemos decir que no toda la calidad de servicio de una red depende solo y exclusivamente del ancho de banda ya que intervienen muchos factores dentro de una red, como son la latencia, el retardo o la pérdida de paquetes en una conexión.

Prestaciones y Limitaciones

- Medición y evaluación de recursos. Los recursos del dispositivo móvil tendrán que ser supervisados de manera que la correcta adaptación a sus capacidades y prestaciones actuales se puedan evaluar.
- Adaptación de descripciones de servicio. Las descripciones de servicio de los servicios solicitados se adaptará de acuerdo con los recursos y el contexto y/o capacidades del dispositivo.
- Debe de existir un equilibrio entre la prestación de los servicios y el consumo. En caso de que actúen al mismo tiempo proveedor y cliente, el middleware equilibrará las dos funcionalidades según siempre el contexto y los recursos.

Aunque, siempre existen una serie de limitaciones, como son por ejemplo:

- No existe un control de tráfico.
- Con este middleware, de momento, no hay planes de apoyo a servicios compuestos y flujos de trabajo.
- Publicidad y solicitud de enrutamiento para sistemas móviles. Actualmente, no hay planes en el middleware a interferir con los protocolos de propaganda y solicitud de enrutamiento utilizados, aunque podría ser investigado en un futuro.

Conclusiones QoS

Para acabar este estado del arte, reflexionamos acerca de lo que hemos propuesto y de todo lo que va ligado a ello. En lo referente al rendimiento, se podría definir como la medida de la velocidad en la que se realiza una tarea o un proceso. Esta tarea o proceso decimos que es directamente proporcional al nivel de hardware de nuestro dispositivo móvil. Cuando lo aplicamos a un proveedor de servicios el rendimiento adquiere una importancia sumamente relevante ya que disponemos de una infraestructura enorme. Todos los sistemas de la nube controlan y optimizan el uso de los recursos de manera automática.

¿Cómo se podría hacer una métrica fiable acerca del rendimiento?

Disponemos de una serie de opciones que no solo se pueden aplicar a este paradigma, estas serían:

- El tiempo de ejecución de un programa.
- Relación entre el tiempo y
- El rendimiento se podría medir como una frecuencia de eventos/segundos.

Aunque existen factores externos influyentes en todo este proceso, ya sean la conexión, la distancia o el tipo de tecnología aplicada en las conexiones entre el proveedor de servicios, el CPD (centro de procesamiento de datos) y el dispositivo móvil. Otro factor a tener en cuenta en todo este proceso es la latencia, que se define como la medida de la cantidad de tiempo que tarda una información en ir desde A hasta B, desde un origen hasta un destino. A su vez, la latencia está influenciada por la distancia entre los nodos, el tamaño de la información que se transporta o el número de nodos que existen entre el origen y el destino.

Conclusiones

Como conclusión a este estado del arte acerca del “mobile cloud computing” me gustaría reflexionar acerca del uso de este paradigma, ya que cualquier usuario de un dispositivo móvil de forma consciente o inconsciente hace uso de esta tecnología al abrir cualquier aplicación o simplemente navegando a través de la red. Esta tecnología, como hemos explicado a lo largo del documento, depende de múltiples factores que son externos a ella pero esto no quita que sea una de las tecnologías más imprescindibles de los últimos tiempos y que es y será objeto de estudio durante mucho tiempo.

Personalmente, este estado del arte me ha ayudado a documentarme más sobre la actualidad de este paradigma, sobre sus características, así como sus puntos fuertes y débiles, para poder elaborar una propuesta de mejora como explico más detalladamente en el documento. Por último, mencionar la laboriosa tarea dedicada a documentarme acerca de la tecnología ya que he visualizado decenas de documentos, de artículos científicos y de trabajos de terceras personas.

Referencias

- [1] Hoang T.Dinh, Chonho Lee, Dusit Niyato and Ping Wang. “A Survey of Mobile Cloud Computing: Architecture, Applications and Approaches”. Accepted in *Wireless Communications and Mobile Computing-Wiley*. October 2011.
- [2] Shahryar Shafique Qureshi and Toufeeq Ahmad in Beijing Key Laboratory of Network system, Khalid Rafique in School of Economic and Management Sciences, Shuja-ul-islam in Southwest Jiaotong University China. “Mobile Cloud Computing as Future for Mobile Applications- Implementation Methods and Challenging Issues.”. September 2011.
- [3] Han Qi and Abdullah Gani, Faculty of Computer Science and Information Technology, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. “Research on Mobile Cloud Computing: Review, Trend and Perspectives.” May 2012.
- [4] White Paper. “Mobile Cloud Computing Solution Brief”. AEPCONA, November 2010.
- [5] L. Liu, R.Moulic and D. Shea, “Cloud Service Portal for Mobile Device Management” in *Proceedings of IEEE 7th International conference on e-Business Engineering* pp 474. January 2011.
- [6] Atta ur Rehman Khan, Mazliza Othman, Sajjad Ahmad Madami and Samee Ullah Khan. “A Survey of Mobile Cloud Computing Application Models”, *IEEE Communications Surveys and Tutorials* Vol 16 ,No 1, First Quarter 2014.
- [7] Rackspace cloud. Accessed November 2th, 2014 [Online]. Available: <http://www.rackspace.com>
- [8] Google App Engine. Accessed November 2th, 2014 [Online]. Available: <http://appengine.google.com>
- [9] Google App for business. Accessed November 3th, 2014 [Online]. Available: <http://www.google.com/enterprise/apps/business/>
- [10] Salesforce. Accessed November 3th, 2014 [Online]. Available: <http://www.salesforce.com/cloudcomputing/>
- [11] Amrenn Khan and KamalKant Ahirwar. “Mobile Cloud Computing as a Future of Mobile Multimedia Database”. Department of Computer Science and Engineering, Amity University, Noida, India. *International Journal of Computer Science and Communication*. January-June 2011.
- [12] María Murazzo, Flavia Millán, Nelson Rodríguez, Daniela Segura and Daniela Villafañe. “Desarrollo de Aplicaciones para Cloud Computing”. Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2010.

- [13] Lalit Kumar, Nishant Malik, Gourav Agghi and Ajay Anand. "Mobile Cloud Computing". Department of Computer Science and Engineering, Dronacharya College of Engineering, Gurgoan. International Journal of Research in Information Technology, V2-I9 September 2014.
- [14] R. Kakerow, "Low-Power Design methodologies for mobile communication". IEEE International Conference on Computer Design. 2002.
- [15] <http://aws.amazon.com/s3/>
- [16] P. Zou, C. Wang, Z. Liu and D. Bao. "Phosphor: A Cloud Based DRM Scheme with Sim Card" in Proceedings of 12th International Asia-Pacific on Web Conference. June 2010.
- [17] J. Oberheide, K. Veeraraghavan, E. Cooke, J. Flinn and F. Jahanian. "Virtualized in-cloud security services for mobile devices". 1st Workshop on Virtualization in Mobile Computing. Juny 2008
- [18] Pragya Gupta, Sudha Gupta. "Mobile Cloud Computing: The Future of Cloud". Department of Electronics Engineering, K.J Somaiya College of Engineering, Vidyavihar, Mumbai, India. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. Vol 1, Issue 3, September 2012.
- [19] Dhammapal Tayade. "Mobile Cloud Computing: Issues, Security, Advantages and Trends". International Journal of Computer Science and Information Technologies Vol 5 (5) 2014.
- [20] Ing Estigarribia Hernán. "*Mobile Cloud Computing y su relación con aplicaciones móviles y aplicaciones sensibles al contexto*". Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Informática, Postgrado en Ingeniería software. 2012.
- [21] X. Yang, T. Pan, and J. Shen. "On 3G Mobile E-Commerce Platform Based on Cloud Computing". 3rd IEEE International Conference on Ubi-Media Computing. Pp 198-201. August 2010.
- [22] J. Dai and Q. ZHOU. "A PKI-based mechanism for secure end efficient Access to outsourced data". 2nd International Conference on Networking and Digital Society, vol 1 pp 640, August 2010.
- [23] U. Varshney. "Pervasive healthcare and Wireless health monitoring". Journal on Mobile Networks and Applications, vol 12, no 2-3, pp 113-127 March 2007.
- [24] S. Wang and S. Dey. "Rendering Adaption to Address Communication and Computation Constraints in Cloud Mobile Gaming". IEEE Global Telecommunications Conference. January 2011.
- [25] Jian Li. "Study on the Development of Mobile Learning Promoted by Cloud Computing". 2nd International Conference on Information Engineering and Computer Science. December 2010.

- [26] H. Gao and Y. Zhai. "System Design of Cloud Computing Based on Mobile Learning". 3rd International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, pp 293-242. November 2010.
- [27] L. D. Paulson. "Low-Power Chips for High Powered Handhelds", IEEE Computer Society Magazine. Vol 36 no 1 pp 21.
- [28] M. Rahman and F.A.M Mir. "Fourth Generation (4G) Mobile Networks – Features, Technologies and Issues". IEEE International Conference on 3G and Beyond. June 2007.
- [29] U. Varshney and R. Jain. "Issues in Emerging 4g Wireless Networks". Computer vol 34, no 6, pp 94 – 96. Jun 2001
- [30] T. Yucek and H. Arslan. "A Survey of Spectrum Sensing Algorithms for Cognitive Radio Applications". IEEE Communications Surveys and Tutorials, pp 116-130, March 2009.
- [31] B. G. Chun, S. Ihm, P. Maniatis, M. Naik and A. Patti. "Clone Cloud: elastic execution between mobile device and cloud" in Proceedings of the 6th conference on Computer Systems, pp 301-314, January 2011.
- [32] K. Keahey, M. Tsugawa, A. Matsunaga and J. Fortes. "Sky Computing". IEEE Internet Computing Magazine, vol 13, no 5, pp 43, September 2009.
- [33] Universidad Politécnica de Madrid. Accessed Novermer 24th, 2014 [Online]. Available: <http://www.upmdie.upm.es/>
- [34] Universidad Autónoma de Barcelona. Accessed November 24th, 2014 [Online]. <http://centresderecerca.uab.cat/caiac/>
- [35] Universidad de Granada. Accessed November 24 th, 2014 [Online]. <http://atc.ugr.es>
- [36] Universidad de Arizona. Accessed November 25 th, 2014 [Online]. <http://acl.ece.arizona.edu/projects/current/acms/index.html>
- [37] Universidad de Pittsburg. Accessed November 25 th, 2014[Online]. <http://www.csd.cs.cmu.edu/research/areas/mopercomp/>.
- [38] Universidad de Boston. Accessed November 25 th, 2014 [Online]. <http://www.bu.edu/research/information-data-sciences/>
- [39] Alok Shriram, Margaret Murray, Young Hyun, Nevil Brownlee, Andre Broido, Marina Fomenkov and Kc Claffy. Comparision of Public End-to-End Bandwidth Estimation Tools on High Speed Links. University of California, San Diego 2005.
- [40] Esmá Yildirim, Ibrahim H. Suslu and Tevfik Kosar. Which Network Measurement Tool is Right for You? A multidimensional Comparision Study. Department of Computer Science & CCT, Louisiana State University 2008.

- [41] Iperf. Herramienta de medición del ancho de banda máximo TCP. Accessed December 4, 2014. [Online]. <http://iperf.fr>
- [42] Rohit Bhadauria, Rituparna Chaki, Nabendu Chaki and Sugata Sanyal. “A Survey on Security Issues in Cloud Computing”. University of Calcuta, India. 2012.
- [43] K. Julisch and M. Hall. “Security and control in the cloud”. Information Security Journal: A Global Perspective, vol 19, no 6, pp 299-309, 2010.
- [44] S. Pearson. “Taking account of privacy when designing cloud computing services”. Workshop on Software Engineering Challenges of Cloud Computing, pp 44-52, IEEE Computer Society Washington, DC, USA May 2009.
- [45] Jon Marler. “Securing the cloud: Addressing Cloud Computing Security Concerns with Private Cloud”. Rackspace Knowledge Centre, March 27, 2011.
- [46] Neal Leavitt. “Is Cloud Computing Really Ready for Prime Time?” Computer vol 42, issue 1, pp 15-20, IEEE Computer Society, CA, USA January 2009.
- [47] Robbert Minnear, “Latency: The Achiller Heel of Cloud Computing” March 9, 2011. Cloud Computing Journal. Cloud Expo.
- [48] “Security Consideration for Cloud Ready Data-Centres”. Juniper Networks Oct 2009.
- [49] S. Subashini and V. Kavitha, “A Survey on Security Issues in Service Delivery Models of Cloud Computing”. Journal of Network and Computer Applications 2011.
- [50] Amitav Chakravartty, Serena Software, “Serena Service Manager Security in the Cloud”. September 2012.
- [51] Security and Privacy policies of Sales-Force.com
- [52] P. Papakos, L. Capra and D.S. Rosenblum, “VOLARE: context-aware adaptive cloud service Discovery for mobile systems”, in Proceedings 9th International Workshop on Adaptive and Reflective Middleware (ARM), pp 32-38, November 2010.
- [53] Armbrust M., Fox A., Griffith R, Joseph A. D., Katz R. H., Konwinski A., and Lee G., Patterson D.A., Rabkin A., Stoica I., Zaharia M.. Above the clouds: A Berkeley View of cloud Computing, UCB/EECS-2009-28, 2009.
- [54]: Valerie Issarny, Daniele Sacchetti, Ferda Tartanoglu, Fran_coise Sailhan, Ra_k Chibout, Nicole Levy, and Angel Talamona. Developing ambient intelligence systems: A solution based on Web services. Automated Software Engg., 12(1):101{137, 2005.

- [55]: Panagiotis Papakos. VOLARE: Adaptive Web Service Discovery Middleware for Mobile Systems. April 29, 2009. Department of Computer Science University College London.
- [56]: Pablo Gil, Jorge Pomares, Francisco Candelas. Libro de Redes y Transmisión de Datos. Publicaciones Universidad de Alicante. 2010.
- [57] H Mora-Mora, J Mora-Pascual, JM García Chamizo, A Jimeno Morenilla, Real-time arithmetic unit, Real-Time Systems Vol 34(1) pp 53-79, 2006.
- [58] Juan Manuel García Chamizo, Jerónimo Manuel Mora Pascual, Higinio Mora Mora, María Teresa Signes Pont, Calculation methodology for flexible arithmetic processing, IFIP International Conference on Very Large Scale Integration(VLSI-SOC), Darmstadt, Germany 2003.
- [59] Juan Manuel García Chamizo, Jerónimo Mora Pascual, Higinio Mora Mora, Time-precision flexible adder, Proceedings of the 2003 10th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, 2003.
- [60] H Mora Mora, J Mora-Pascual, M T Signes-Pont, J. L. Sánchez Romero, Mathematical model of stored logic based computation, Mathematical and Computer Modelling Vol 52(7) pp 1243-1250, 2010