

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Informática
Postgrado en Ingeniería en software



Trabajo Final Integrador

Trabajo Final presentado para obtener el grado de Especialista en Ingeniería de Software
Facultad de Informática - Universidad Nacional de La Plata

| | |
|--------------------|---|
| ENTREGABLE: | TRABAJO FINAL INTEGRADOR - MONOGRAFÍA |
| TÍTULO: | MOBILE CLOUD COMPUTING Y SU RELACIÓN CON APLICACIONES MÓVILES Y APLICACIONES SENSIBLES AL CONTEXTO |

| | |
|------------------|---------------------------------|
| DIRECTOR: | DR. GUSTAVO ROSSI |
| ALUMNO: | ING. ESTIGARRIBIA HERNÁN |
| FECHA: | 02/03/2012 |

Índice

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DE CLOUD COMPUTING | 6 |
| 1.1 | VENTAJAS DEL CLOUD COMPUTING | 6 |
| 1.2 | DESVENTAJAS DEL CLOUD COMPUTING | 7 |
| 1.3 | CAPAS DEL CLOUD COMPUTING | 7 |
| 1.3.1 | SOFTWARE COMO SERVICIO - SAAS..... | 7 |
| 1.3.2 | PLATAFORMA COMO SERVICIO - PAAS..... | 7 |
| 1.3.3 | INFRAESTRUCTURA COMO SERVICIO - IAAS..... | 7 |
| 1.4 | TIPOS DE NUBES..... | 7 |
| 2 | INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DEL MOBILE COMPUTING..... | 8 |
| 2.1 | QUE ES MOBILE COMPUTING..... | 8 |
| 2.2 | VENTAJAS, DESVENTAJAS Y LIMITACIONES EN EL USO DE MOBILE COMPUTING..... | 8 |
| 3 | INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DE MOBILE CLOUD COMPUTING..... | 9 |
| 3.1 | QUE ES MOBILE CLOUD COMPUTING..... | 9 |
| 3.2 | PROBLEMAS POTENCIALES | 12 |
| 4 | INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DE UBIQUOS COMPUTING..... | 12 |
| 4.1 | QUE ES LA COMPUTACIÓN UBICUA | 12 |
| 4.2 | RELACIÓN ENTRE LA COMPUTACIÓN UBICUA Y LA COMPUTACIÓN MÓVIL | 13 |
| 5 | APLICACIONES BASADAS EN MOBILE CLOUD COMPUTING | 14 |
| 5.1 | MOBILE CLOUD COMPUTING COMO TECNOLOGÍA EMERGENTE | 14 |
| 5.2 | MÉTODOS PARA HACER USO DE LOS BENEFICIOS DE MCC..... | 14 |
| 5.3 | TECNOLOGÍAS QUE PERMITEN LA EVOLUCIÓN HACIA MOBILE CLOUD COMPUTING | 17 |
| 5.4 | RETOS Y SOLUCIONES EN EL PROCESO DE CONSUMO DE SERVICIOS WEB POR CLIENTES MÓVILES | 19 |
| 5.5 | APLICACIONES DE MOBILE CLOUD COMPUTING | 21 |
| 5.6 | ISSUES Y POSIBLES SOLUCIONES DE LA MCC | 24 |
| 6 | LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN MOBILE CLOUD COMPUTING | 27 |
| 6.1 | SMARTPHONE VIRTUALES | 27 |
| 6.2 | NUBE UBICUA: ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS DE RECURSOS PARA LA COMPUTACIÓN UBICUA ADAPTATIVA...31 | |
| 6.3 | MOBILE CLOUD COMPUTING: COMPARACIÓN DEL MODELO DE APLICACIÓN..... | 34 |
| 6.4 | RETOS DE SEGURIDAD EN LA INTERFAZ ENTRE EL CLOUD Y LOS SISTEMAS PERVASIVOS..... | 38 |
| 6.5 | EJECUTANDO VIDEOS ONLINE EN SMARTPHONES: UN ENFOQUE SENSIBLE AL CONTEXTO BASADO EN CLOUD COMPUTING..... | 40 |
| 6.6 | CLOUDLETS BASADOS EN VM EN CLOUD COMPUTING | 42 |
| 6.7 | CLOUD COMPUTING PARA EL MUNDO MOVIL | 45 |
| 6.8 | APLICACIONES DE SMARTPHONE AUMENTADAS A TRAVES DE LA EJECUCIÓN EN CLONES EN LA NUBE | 46 |

| | | |
|------|---|----|
| 6.9 | SERVICIOS MULTIMEDIA MÓVILES SENSIBLES AL CONTEXTO EN LA NUBE | 48 |
| 6.10 | EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CLIENTES MÓVILES EN CLOUD COMPUTING | 51 |
| 6.11 | APLICACIONES ELÁSTICAS EN SEGURIDAD SOBRE DISPOSITIVOS MÓVILES EN CLOUD COMPUTING | 53 |
| 6.12 | INTERNET SUSPEND/RESUME EN COMPUTACIÓN MÓVIL | 57 |
| 7 | CONCLUSIÓN..... | 61 |
| 8 | BIBLIOGRAFÍA | 63 |

TABLA DE REFERENCIA DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| FIGURA 1- EJEMPLO DE ARQUITECTURA DE MCC | 10 |
| FIGURA 2- CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES PARADIGMAS DE COMPUTACIÓN | 13 |
| FIGURA 3 – FRAMEWORK MAP REDUCE | 16 |
| FIGURA 4 – ARQUITECTURA DE SMARTPHONE VIRTUAL | 28 |
| FIGURA 5 - PROTOTIPO DE IMPLEMENTACIÓN DE SMARTPHONE VIRTUAL | 29 |
| FIGURA 6 – COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE BATERÍA | 31 |
| FIGURA 7 – NUBE UBICUA PARA SERVICIOS UBICUOS ADAPTATIVOS..... | 33 |
| FIGURA 8 – SERVICIO DE VIDEO ONLINE SENSIBLE AL CONTEXTO BASADO EN LA NUBE..... | 41 |
| FIGURA 9 – MODELO DE INFORMACIÓN DE CONTEXTO | 42 |
| FIGURA 10 – COMPARACIÓN ENTRE CLOUDLET Y CLOUD | 44 |
| FIGURA 11- ARQUITECTURA DE EJECUCIÓN DE CLONES PARA SMARTPHONES | 48 |
| FIGURA 12 – ORGANIZACIÓN DE DATOS EN UN ESCENARIO DE DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL | 50 |
| FIGURA 13 – EFECTOS DEL PATRÓN DE TRÁFICO DE DATOS | 51 |
| FIGURA 14 – ENERGÍA CONSUMIDA POR BIT PARA WIFI Y 3G..... | 52 |
| FIGURA 15 – CICLOS DE COMPUTACIÓN PARA DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO | 53 |
| FIGURA 16 – DISPOSITIVO MÓVIL CONSUMIENDO RECURSOS DE LA NUBE..... | 54 |
| FIGURA 17 – ARQUITECTURA DE FRAMEWORK ELASTICO | 55 |
| FIGURA 18 – MIGRACIÓN DE WEBLETS DESDE DISPOSITIVO MÓVIL A LA NUBE | 57 |
| FIGURA 19 - ESTRUCTURA MODULAR DEL CLIENTE ISR..... | 60 |

TABLA DE ACRÓNIMOS

| | |
|--------------|---|
| HTTPS | Protocolo de Transferencia de Hipertexto Seguro |
| LAN | Red de Área Local |
| GPRS | Servicio General de Paquetes vía Radio |
| EDGE | Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM |
| HSDPA | <i>Acceso de paquetes de</i> enlace descendente de alta velocidad |
| HSUPA | Acceso ascendente de paquetes a alta velocidad |
| WIFI | Fidelidad inalámbrica |
| VPN | Red privada virtual |
| MCC | Mobile cloud computing |
| CC | Cloud computing |
| AAA | Autenticación, autorización, y auditoria |
| BTS | base transceiver station |
| MAUI | memory arithmetic unit and interface |
| RV | Realidad Virtual |
| 2G | Segunda generación de tecnología telefónica inalámbrica – GSM |
| WIMAX | Acceso de microondas para la interoperatividad mundial |
| GPMCC | Computación en la nube móvil de propósito general |
| ASMCC | Computación en la nube móvil específicas de aplicaciones |
| MSCC | Servidor Móvil de Computación en la nube |
| 4G | Cuarta generación de tecnología celular inalámbrica |
| IETF | Internet Engineering Task Force |
| W3C | Consortio de World Wide Web |
| TCP | Protocol de control de transmisión |
| IaaS | Infraestructura como servicio |
| PaaS | Plataforma como servicio |
| SaaS | Software como servicio |

MONOGRAFÍA: “MOBILE CLOUD COMPUTING Y SU RELACIÓN CON APLICACIONES MÓVILES Y APLICACIONES SENSIBLES AL CONTEXTO”

1 INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DE CLOUD COMPUTING

La computación en la nube es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de Internet. En este tipo de computación todo lo que puede ofrecer un sistema informático se ofrece como servicio, de modo que los usuarios puedan acceder a los servicios disponibles en la nube mediante Internet sin conocimientos de la gestión de los recursos que se utilizan.

Según el IEEE Computer Society, es un paradigma en el que la información se almacena de manera permanente en servidores de Internet y se envía a cachés temporales de clientes. Esto se debe a que, pese a que las capacidades de las PCs han mejorado sustancialmente, gran parte de su potencia se desaprovecha, al ser máquinas de propósito general.

Cloud computing es un nuevo modelo de prestación de servicios de negocio y tecnología, que permite al usuario acceder a un catálogo de servicios estandarizados y responder a las necesidades de su negocio, de forma flexible y adaptativa pagando únicamente por el consumo efectuado.

El cambio paradigmático que ofrece cloud computing es que permite aumentar el número de servicios basados en la red. Esto genera beneficios tanto para los proveedores que pueden ofrecer de forma más rápida y eficiente un mayor número de servicios, así como también proporciona beneficios para los usuarios que tienen la posibilidad de acceder a ellos aprovechando de la transparencia e inmediatez del sistema.

Cloud computing consigue aportar las ventajas antes mencionadas basándose en una infraestructura tecnológica dinámica que se caracteriza por un alto grado de automatización, una rápida gestión de los recursos, una elevada capacidad de adaptación para responder a la demanda variable, así como virtualización avanzada y un precio flexible en función del consumo realizado evitando además el uso fraudulento del software y la piratería.

Cloud computing es un concepto que incorpora el software como servicio (SaaS) siendo una de las tendencias tecnológicas.

El concepto de la cloud computing comenzó en proveedores de servicio de Internet a gran escala, como Google, Amazon WS y otros que construyeron su propia infraestructura. De entre todos ellos emergió una arquitectura: un sistema de recursos distribuidos horizontalmente, introducidos como servicios virtuales de TI escalados masivamente y manejados como recursos configurables. Este modelo de arquitectura fue inmortalizado por George Gilder en su artículo de diciembre de 2006 en la revista Wired titulado “Las fábricas de información”.

1.1 VENTAJAS DEL CLOUD COMPUTING

Entre las principales ventajas del cloud computing encontramos:

- Integración probada de servicios: por su naturaleza, la tecnología de Cloud Computing se puede integrar con mucha mayor facilidad y rapidez con otras aplicaciones desarrolladas.
- Prestación de servicios a nivel mundial: las infraestructuras de "Cloud Computing" proporcionan mayor capacidad de adaptación, recuperación de desastres y reducción al mínimo de los tiempos de inactividad debido a la infraestructura que posee.
- Una infraestructura 100% cloud computing no necesita instalar ningún tipo de hardware, es por eso, que se la considera una tecnología simple y que requiere mucha menor inversión para empezar a trabajar.
- La implementación de una aplicación en la nube es más rápida y con menos riesgos debido a que se obvian cuestiones como la compra de HW, instalación, mecanismos de contingencia, etc.
- Contribuye al uso eficiente de la energía para el funcionamiento de la infraestructura. En los datacenters tradicionales los servidores consumen mucha más energía de la requerida realmente. En cambio en la nube la energía consumida es sólo la necesaria, reduciendo notablemente el desperdicio.

1.2 DESVENTAJAS DEL CLOUD COMPUTING

Entre sus desventajas encontramos:

- La centralización de las aplicaciones y el almacenamiento de los datos origina una interdependencia con los proveedores de servicios.
- La disponibilidad de las aplicaciones están ligadas a la disponibilidad de acceso a internet.
- Los datos "sensibles" de la aplicación no residen en las instalaciones del cliente por lo que podría generar un contexto de alta vulnerabilidad para la sustracción o robo de información.
- La confiabilidad de los servicios depende de la inversión en infraestructura tecnológica por parte de los proveedores de servicios en nube.
- La disponibilidad de servicios altamente especializados podría tardar meses o incluso años para que sean factibles de ser desplegados en la red.
- En relación a la seguridad, la información del cliente debe recorrer diferentes nodos para llegar a su destino, cada uno de ellos son foco de inseguridad. Si se utilizan protocolos seguros como HTTPS por ejemplo, la velocidad total disminuye debido a la sobrecarga que estos requieren.
- Escalabilidad a largo plazo: a medida que más usuarios empiecen a compartir la infraestructura de la nube la sobrecarga en los servidores de los proveedores aumentará y corre por cuenta del proveedor de la nube que posea un esquema de crecimiento óptimo de su infraestructura.

1.3 CAPAS DEL CLOUD COMPUTING

1.3.1 SOFTWARE COMO SERVICIO - SAAS

El software como servicio (**SaaS**) se encuentra en la capa más alta y caracteriza una aplicación completa ofrecida como un servicio que considera una sola instancia del software que se ejecuta en la infraestructura del proveedor y sirve a múltiples clientes. El ejemplo de SaaS conocido más ampliamente es Salesforce.com así como también se encuentra Google Apps que ofrece servicios básicos.

1.3.2 PLATAFORMA COMO SERVICIO - PAAS

La capa media es la llamada plataforma como servicio (**PaaS**), es la encapsulación de una abstracción de un ambiente de desarrollo y el empaquetamiento de la carga de servicios, conteniendo una pila básica de Red (por ejemplo, un servidor Linux y un ambiente de programación como Perl o Ruby). La capa PaaS puede dar servicio a todas las fases del ciclo de desarrollo y pruebas del software así como también puede estar especializada en cualquier área. Entre los ejemplos podemos mencionar Google App Engine, que le permite a las aplicaciones hacer uso de la infraestructura de Google permitiendo gran flexibilidad. Por su parte Microsoft apuesta a Windows Azure, plataforma de desarrollo en la nube que permite crear y ejecutar aplicaciones codificadas en varios lenguajes y tecnologías, como .NET, Java y PHP.

1.3.3 INFRAESTRUCTURA COMO SERVICIO - IAAS

La infraestructura como servicio (**IaaS**) es la capa inferior y es quien disponibiliza almacenamiento básico y capacidades de cómputo como servicios estandarizados en la red. Servidores, sistemas de almacenamiento, conexiones, enrutadores, y otros sistemas se concentran para manejar tipos específicos de cargas de trabajo desde procesamiento en lotes ("batch") hasta aumento de servidor/almacenamiento durante las cargas pico. El ejemplo comercial mejor conocido es Amazon Web Services, cuyos servicios EC2 y S3 ofrecen cómputo y servicios de almacenamiento esenciales (respectivamente).

1.4 TIPOS DE NUBES

Algunas clasificaciones consideran al cloud computing como:

1. **Nubes públicas** donde las aplicaciones de muchos clientes diferentes pueden estar compartiendo recursos de servidores, sistemas de almacenamiento y otras infraestructuras de la nube.
2. **Nubes privadas** orientadas a clientes que necesitan alta protección de datos y estrictos SLA. Las nubes privadas están en una infraestructura administrada por un solo cliente que controla qué aplicaciones deben correr y dónde. El cliente es propietario del servidor, red, y disco y pueden decidir qué usuarios están autorizados a utilizar dicha infraestructura.
3. **Nubes híbridas** combinan los modelos de nubes públicas y privadas donde el cliente es propietario de algunas partes y comparte otras, aunque de una manera controlada.

2 INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DEL MOBILE COMPUTING

2.1 QUE ES MOBILE COMPUTING

La computación móvil nació en la década de los 90 con el lanzamiento de las computadoras portátiles y redes LAN inalámbricas. Aunque muchos de los principios básicos del diseño de sistemas distribuidos se continúan aplicando, hay cuatro obstáculos claves de la movilidad que obliga al desarrollo de técnicas especializadas. Estas restricciones son: **(a)** la variación impredecible de la calidad de la red, **(b)** poca confianza y solidez de los elementos móviles, **(c)** las limitaciones en los recursos debido a restricciones de peso y tamaño, **(d)** el consumo de energía de la batería. La informática móvil es todavía un campo muy activo y en evolución de muchas investigaciones, cuyo cuerpo de conocimientos espera codificación.

La computación móvil se puede definir como: llevar una computadora y todos los archivos necesarios y software a cualquier lugar conservando la posibilidad de seguir operando.

Otros definen a la computación móvil como la posibilidad de usar dispositivos móviles (Smartphone, tablets, etc.) aun estando en movimiento y cambiando de ubicación, siendo la portabilidad uno de los aspectos claves de la computación móvil.

La computación móvil tiene tres aspectos: las comunicaciones móviles, hardware móvil y software para teléfonos móviles. El primer aspecto se ocupa de cuestiones de comunicación e infraestructura de redes, así como las propiedades de comunicación, protocolos, formatos de datos y tecnologías concretas. El segundo aspecto es el hardware, por ejemplo, dispositivos móviles o componentes del dispositivo como sensores, etc. El tercer aspecto se refiere a las características y requisitos de las aplicaciones móviles.

2.2 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y LIMITACIONES EN EL USO DE MOBILE COMPUTING

- **Ancho de banda insuficiente:** el acceso a Internet móvil es generalmente más lento que las conexiones directas por cable, utilizando tecnologías como GPRS y EDGE, y más recientemente, las redes HSDPA y HSUPA 3G. Existe la posibilidad de obtener mayor velocidad en las redes LAN inalámbricas (WIFI) pero tienen como contra un alcance muy limitado.
- **Las normas de seguridad:** Cuando un dispositivo móvil realiza su tarea depende de las redes públicas, que requieren un uso cuidadoso de la VPN.
- **Consumo de energía:** Cuando una toma de corriente o generador portátil no está disponible, las computadoras móviles deben depender por completo de la energía de la batería que debido al tamaño compacto de muchos dispositivos móviles la duración de energía es corta.
- **Interferencias de transmisión:** el clima, el terreno, la cercanía a antenas de redes pueden interferir en la recepción de la señal. Los túneles, algunos edificios, y las zonas rurales son otro factor de interferencia de señales.
- **Interfaz humana con el dispositivo:** Las pantallas y los teclados tienden a ser pequeñas, lo que hace difícil de usar. Métodos alternativos de interfaz como comandos de voz o el reconocimiento de la escritura requieren mayores avances y mejoras.

3 INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DE MOBILE CLOUD COMPUTING

3.1 QUE ES MOBILE CLOUD COMPUTING

Básicamente, se refiere a una infraestructura que tanto el almacenamiento de datos y el procesamiento de datos tienen lugar fuera del dispositivo móvil. En la actualidad, ya existen algunos buenos ejemplos de las aplicaciones móviles de cloud computing como Gmail para móviles, Google Maps, y algunas aplicaciones de navegación. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones de hoy todavía almacenan los datos en el dispositivo y el procesamiento también se lleva a cabo dentro del dispositivo móvil y no en la nube.

El Mobile Cloud Computing desde ahora MCC integra la tecnología cloud computing en el entorno móvil y supera los obstáculos relacionados con el rendimiento (por ejemplo, duración de la batería, almacenamiento y ancho de banda), el ambiente (por ejemplo, la heterogeneidad, escalabilidad y disponibilidad), y la seguridad (por ejemplo, la fiabilidad y la privacidad) tan discutidos en la computación móvil.

Los usuarios móviles acumulan una rica experiencia sobre distintos servicios ofrecidos por aplicaciones móviles (por ejemplo, aplicaciones de iPhone, aplicaciones de Android, etc), que se ejecutan en los dispositivos y/o en servidores remotos a través de redes inalámbricas.

El CC permite a los usuarios utilizar los recursos informáticos elásticamente on-demand. Como resultado, los usuarios rápidamente pueden ser provisionados y liberados con mínimos esfuerzos de gestión e interacciones con el proveedor de servicios. Con la explosión de las aplicaciones móviles, CC está integrado con una gran variedad de servicios para usuarios móviles.

MCC aporta nuevos tipos de servicios a los usuarios móviles, aprovechando las ventajas de la computación en la nube.

La amplia diversificación y consumo masivo de dispositivos móviles, combinados con el hecho de que los teléfonos con funciones propias son cada vez más capaces, con más funciones inteligentes incorporadas en los navegadores web, tendrá un impacto en el crecimiento de la computación móvil en la nube.

Cuando se piensa en Plataformas a Service (PaaS), esta plataforma permite que las aplicaciones de negocio se puedan construir y ejecutar en la nube.

Las aplicaciones móviles empiezan a almacenar los datos en la nube en lugar de dentro del dispositivo móvil y las aplicaciones se vuelven más poderosas ya que el procesamiento se lleva a la nube.

Las primeras aplicaciones móviles impulsarán cuestiones donde la colaboración, el intercambio de datos, la multitarea y la programación son factores clave. Además, hay algunas aplicaciones especiales en la actualidad, que ya funcionan como aplicaciones de la nube móvil - por ejemplo, Schlage ofrece un sistema remoto de entrada sin llave que le permite controlar su hogar remotamente. Usted puede dejar que alguien entre a la casa, manejar las luces, la temperatura, el sistema de cámaras, etc.

Concepto de MCC

El Mobile Cloud Computing Forum define el concepto de MCC de la siguiente manera: "Mobile Cloud Computing en su forma más simple, se refiere a una infraestructura que tanto el almacenamiento de datos así como el procesamiento de datos tienen lugar fuera del dispositivo móvil. Las aplicaciones móviles en la nube mueven el procesamiento y almacenamiento de datos fuera de los teléfonos móviles llevando las aplicaciones y la computación móvil no solo a los usuarios de Smartphone, sino a una gama mucho más amplia de suscriptores móviles". Estas aplicaciones centralizadas ubicadas en la nube se acceden a través de Internet, utilizando un cliente nativo delgado o un navegador web en el dispositivo móvil a través de la conexión inalámbrica. Bajo este concepto los dispositivos móviles no necesitan una configuración compleja (por ejemplo, velocidad de la CPU y capacidad de memoria) debido a que toda la computación compleja puede ser procesada en la nube.

Arquitectura de MCC

Los dispositivos móviles están conectados a las redes móviles a través de estaciones base (ejemplo base transceiver station (BTS), Access point, o satélite) que establecen y controlan las conexiones e interfaces funcionales entre las redes y los dispositivos móviles. Las peticiones de los usuarios de

telefonía móvil y la información (por ejemplo ubicación) se transmiten a los procesadores centrales que están conectadas a los servidores que prestan servicios de red móvil. Los operadores de redes móviles pueden proporcionar servicios a los usuarios móviles como AAA (autenticación, autorización, y auditoría), basado en agentes y los datos de los suscriptores almacenados en bases de datos. Las peticiones de los suscriptores se entregan a la nube a través de Internet. En la nube los controladores, procesan las solicitudes para proporcionar a los usuarios móviles con el correspondiente servicio de cloud.

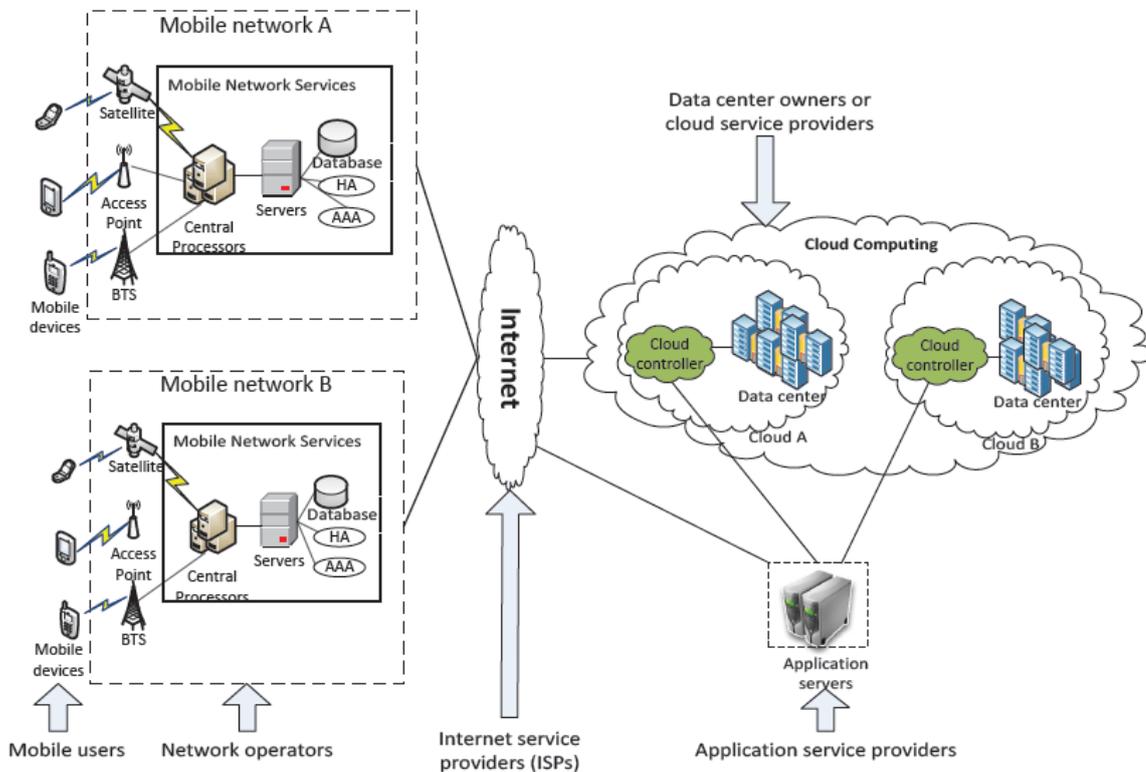


Figura 1- Ejemplo de arquitectura de MCC

Ventajas de la computación en la nube móvil

La computación en la nube es una solución prometedora para la computación móvil, debido a muchas razones (por ejemplo, la movilidad, la comunicación y la portabilidad) entre las cuales podemos mencionar:

- 1) **Ampliación de la duración de la batería:** la batería es una de las principales preocupaciones de los dispositivos móviles. Varias soluciones se han propuesto para mejorar el rendimiento de la CPU y para gestionar el disco y la pantalla de una manera inteligente para reducir el consumo de energía. Sin embargo, estas soluciones requieren cambios en la estructura de los dispositivos móviles, o requiere de un nuevo hardware que se traduce en un aumento de los costos dejando de ser viable en los dispositivos móviles. Técnicas de computation offloading son propuestas con el objetivo de migrar grandes volúmenes de procesamiento de los dispositivos con recursos limitados (es decir, dispositivos móviles) a máquinas rica en recursos (es decir, la nube). Esto evita tomar largos lapsos de tiempo de ejecución de aplicaciones en los dispositivos móviles que da lugar a un alto consumo de energía, desgastándola en poco tiempo. Existen resultados que demuestran que la ejecución remota de la aplicación puede ahorrar energía de manera significativa como se muestra en [1] y [2]. Además, muchas de las aplicaciones móviles aprovechan las ventajas de migración de tareas y procesamiento remoto. Por ejemplo en [3], un compilador optimizado para el procesamiento de imágenes puede reducir 41% del consumo de energía de un dispositivo móvil. Además

como se establece en [4], el uso de MAUI (memory arithmetic unit and interface) para migrar los componentes de juegos móviles a los servidores en la nube puede ahorrar un 27% del consumo de energía y para videojuego el 45%.

- 2) **Mejorar la capacidad de almacenamiento de datos y potencia de procesamiento:** la capacidad de almacenamiento es también uno de los obstáculos de los dispositivos móviles. MCC permite a los usuarios móviles almacenar y acceder a los datos de gran tamaño desde la nube a través de las redes inalámbricas. El primer ejemplo es el servicio de Amazon Simple Storage (Amazon S3) que posee un servicio de almacenamiento de archivos.

Facebook es la aplicación de redes sociales con más éxito hoy en día, y también es un típico ejemplo del uso de la nube en el intercambio de imágenes. Con la nube, los usuarios pueden ahorrar una gran cantidad de energía y espacio de almacenamiento en los dispositivos móviles ya que, por ejemplo, todas las imágenes son enviadas y procesadas en la nube. Otros ejemplos son Flickr, Picasa, ShoZu consideradas exitosas aplicaciones móviles para compartir fotos basado en el MCC. MCC también ayuda a reducir los costos de aplicaciones de cálculo intensivo que insumen mucho tiempo y gran cantidad de energía cuando se realiza en dispositivos con recursos limitados. Cloud computing puede soportar de manera eficiente diversas tareas como almacenamiento de datos, gestión y sincronización de múltiples documentos on line, etc.

- 3) **Mejora de la fiabilidad:** el almacenamiento de datos o la ejecución de aplicaciones en la nube es una forma efectiva para mejorar la fiabilidad ya que los datos y la aplicación se almacenan al mismo tiempo que se realizan backup en un cierto número de equipos. Esto reduce el intercambio de dato y la posibilidad de pérdida de aplicaciones en los dispositivos móviles. Además, MCC puede ser diseñado como un modelo de seguridad de datos completo tanto para los proveedores de servicios como para los usuarios.

Por ejemplo, la nube puede ser utilizada para proteger los derechos de autor de contenidos digitales (por ejemplo, de vídeo, música, etc.) de distribución no autorizada, uso indebido, etc. Además, la nube de forma remota puede proporcionar a los usuarios móviles con servicios de seguridad tales como escaneo de virus, detección de código malicioso y autenticación.

Además, MCC también hereda algunas de las ventajas de la nube para los servicios móviles de la siguiente manera:

- **Aprovisionamiento dinámico:** aprovisionamiento dinámico on demand de recursos es una forma flexible para el proveedor de servicios y el usuario móvil posibilitando poder ejecutar sus aplicaciones sin reserva de recursos.
- **Escalabilidad:** los proveedores de servicios pueden agregar y ampliar fácilmente una aplicación y un servicio sin o con pocas restricciones en el uso de los recursos.
- **Costos compartidos:** los proveedores de servicios (por ejemplo, operadores de red y propietarios de centros de datos) pueden compartir los recursos y los costos para dar soporte a una variedad de aplicaciones y gran número de usuarios.
- **Facilidad de integración:** múltiples servicios se pueden integrar fácilmente a través de la nube y en Internet para satisfacer las demandas de los usuarios.

Beneficios de la computación móvil en la nube

Los posibles beneficios de la MCC son:

- MCC ayudan a superar las limitaciones de los dispositivos móviles, en particular, el poder de procesamiento y almacenamiento de datos.
- También podría ayudar a prolongar la vida útil de la batería trasladando la ejecución de aplicaciones de computación intensivas a la nube.
- MCC es también visto como una potencial solución a la fragmentación del mercado de los sistemas operativos móviles que en la actualidad llega a ocho principales sistemas operativos.
- MCC pueden aumentar el nivel de seguridad para dispositivos móviles logrado mediante un control centralizado y mantenimiento del software.
- También puede convertirse en una opción de ventanilla única para los usuarios de los dispositivos móviles ya que los operadores de nubes móviles pueden al mismo tiempo actuar

como operadores de redes virtuales, proporcionando pago de servicios electrónicos, software, almacenamiento de datos, etc. como servicios.

- Una serie de nuevas funcionalidades técnicas pueden ser proporcionadas por las nubes móviles, por ejemplo el suministro del contexto y la ubicación, permiten la personalización de los servicios en nuevas funcionalidades atractivas, dando lugar a la intersección con la computación ubicua.

3.2 PROBLEMAS POTENCIALES

Por supuesto, hay algunos problemas potenciales que podrían ser obstáculos para este cambio en la computación móvil. El problema más notable es la falta de un rápido acceso móvil a Internet en todas partes. La cobertura 3G es irregular fuera de las zonas urbanas, dando lugar a problemas de conexión intermitente y bajas velocidades. Sin embargo, las nuevas tecnologías como HTML5, que hace uso de cachés locales en el dispositivo, podrían ayudar a las aplicaciones móviles en la nube a poder superar este tipo de cuestiones. Incluso está la posibilidad de que el navegador podría algún día ser reemplazado con otra tecnología por completo que ofrezca una mejor manera de acceder a la web móvil.

Hay una tendencia a hablar de la computación móvil y cloud computing como dos tendencias bien diferenciadas. Si se analiza la computación móvil en profundidad se puede percibir que todos los datos que se utilizan casi siempre se almacenan en la nube. Por supuesto, sin servicios de cloud computing, los dispositivos de computación móvil no pudo hacer mucho, **por lo cual mobile computing y cloud computing se complementan hacia un horizonte convergente.**

Los entornos cloud simplifican el trabajo de desarrollo de aplicaciones móviles y también su utilización por el usuario final. Es una ecuación ideal, donde se trabaja sobre una plataforma agnóstica en cuanto a sistema operativo y donde una misma aplicación corre sobre diferentes plataformas de usuarios finales. Las aplicaciones móviles en cloud extraen el procesamiento de computación y el almacenamiento de datos fuera de los teléfonos móviles para ubicarlos en la nube. Así, esas aplicaciones se pueden usar no sólo en smartphones, sino también en una variedad de otros dispositivos móviles. La tendencia en la utilización de Mobile Cloud Computing será dominante y se crearán aplicaciones más sofisticadas que serán usadas por mayor cantidad de dispositivos. El éxito alcanzado por iPhone y App Store han hecho que las aplicaciones móviles ganen atracción en los ambientes empresariales. Además, los proveedores cloud están abriendo sus interfaces de programación facilitando la labor de los desarrolladores.

4 INTRODUCCIÓN AL PARADIGMA DE UBIQUOS COMPUTING

4.1 QUE ES LA COMPUTACIÓN UBIQUA

Se entiende por computación ubicua a la integración de la informática en el entorno cotidiano de las personas, de forma que los ordenadores no se perciban como objetos diferenciados.

Sobre esta teoría aplicativa Weiser [5] escribió sobre dos bases fundamentales: (1) sistemas distribuidos y (2) la computación móvil y que ambos funcionaban sobre cuatro cimientos básicos: (a) el uso inteligente de espacios eficaces; (b) invisibilidad; (c) escala local y (d) ocultamiento. Weiser propone y se basa en la interacción actual operador-computador. En su libro expuso que "la computadora es un punto de conexión demasiado enredado, su manejo requiere atención exclusiva, quitando la atención al usuario de la tarea que debe hacer".

Weiser utilizaba con frecuencia la "Realidad Virtual" (RV) para tratar de explicar sus ideas por contraposición y comparación. Decía que las tecnologías ubicuas son opuestas a la RV. Donde ésta trata de poner a la vida de las personas dentro de un mundo generado por el ordenador, por el contrario **las tecnologías ubicuas fuerzan al ordenador a que conviva con las personas en el mundo real.** Intentó plasmar el concepto de ubicuidad que debían tener las TIC en la idea de "anytime, anywhere".

A Weiser le pareció lógico defender el "ocaso" de las computadoras y proponía que los ordenadores personales sean sustituidos por ordenadores invisibles que pudieran estar presentes en objetos de uso diario. Sus promotores impulsan la integración de dispositivos alrededor de escenarios donde se encuentre localizado el ser humano, con el objetivo que éste puede interactuar de manera natural con sus dispositivos y realizar cualquier tarea diaria de manera completamente transparente con respecto a las computadoras. Durante sus actividades ordinarias, alguien que esté "usando" computación ubicua

lo hace a través de diversos dispositivos y sistemas computacionales simultáneamente, y generalmente lo hará sin percibirlo. Este modelo es visto como un paso más allá del paradigma de uso de ordenadores de escritorio. Como punto común a todos los modelos de computación ubicua podríamos destacar el hecho de que comparten la visión de ser pequeños y disimulables, robustos y con capacidad para procesamiento de red, distribuidos en todas las escalas que comprende el día a día actual, y generalmente son integrables en nuestro entorno sin ser especialmente llamativos. Por ejemplo, un dispositivo de computación ubicua doméstico podría interconectar los sistemas de iluminación y calefacción con un control ambiental, de manera que en función de la evolución del momento del día y sus características, este sistema reaccionase y pudiese variar la temperatura y condiciones de luz en una vivienda o edificio, de manera continua e imperceptible. Otra aplicación frecuente son frigoríficos que son conscientes de su contenido cuando ha sido convenientemente etiquetado, capaces de planificar menús saludables para toda la semana en función de las necesidades de cada miembro de la familia, y advertir a los usuarios de la comida rancia o en mal estado.

4.2 RELACIÓN ENTRE LA COMPUTACIÓN UBICUA Y LA COMPUTACIÓN MÓVIL

La relación entre la computación ubicua y la computación móvil comprende los siguientes factores, como se menciona en [26]:

- **Espacios inteligentes:** La inclusión de la infraestructura informática en la construcción de infraestructura reúne la computación ubicua y la computación móvil que se han desunido hasta ahora. La fusión de estos mundos permite la detección y el control mutuo de estos mundos.
- **Invisibilidad:** el ideal expresado por Weiser es la desaparición completa de la tecnología de la conciencia de un usuario. En la práctica, una aproximación razonable a este ideal es la distracción mínima del usuario.
- **Escalabilidad localizada:** orientarse a la idea de espacios inteligentes donde las interacciones entre el espacio de un usuario y la computación aumenta. Esto tiene implicaciones en el ancho de banda, la energía y distracción de un usuario. La escalabilidad es un problema crítico en la computación ubicua.
- **Enmascaramiento acondicionado desigual:** la penetración uniforme de la tecnología de la computación ubicua en el entorno humano tiene como objetivo generalizar la tecnología haciendo que sea invisible. Como ejemplo un sistema que es capaz de operar desconectado es, al mismo tiempo, capaz de enmascarar la ausencia de cobertura de red inalámbrica en su entorno.

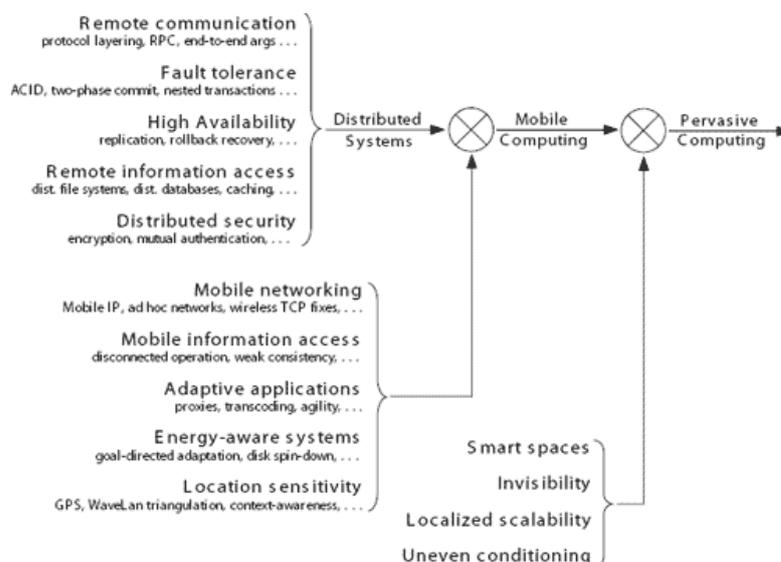


Figura 2- Características de los diferentes paradigmas de computación

5 APLICACIONES BASADAS EN MOBILE CLOUD COMPUTING

5.1 MOBILE CLOUD COMPUTING COMO TECNOLOGÍA EMERGENTE

El mundo móvil depende principalmente de dos factores, uno de ellos es la estabilidad de la red (2G, 3G, TDLTE, WIFI, WIMAX, etc.) y el otro es la disponibilidad del teléfono móvil.

En la actualidad, los teléfonos móviles no tienen suficiente poder de procesamiento y memoria para soportar el procesamiento de grandes cantidades de datos, con lo cual Cloud Computing parece ser la solución ideal. Cloud Computing necesita que los datos estén almacenados en la nube y no en el teléfono pudiéndolos acceder cuando sea necesario.

Las aplicaciones móviles tienen un sin número de beneficios para los usuarios, pero un problema importante al que se enfrentan es que algunas aplicaciones móviles sólo funcionan en un dispositivo específico y no sobre otras plataformas móviles o sistema operativo móvil. Por ejemplo, una aplicación móvil puede funcionar sólo en la BlackBerry, mientras que no va a funcionar en un iPhone, de la misma manera una aplicación se puede ejecutar en Android pero puede no ser compatible con el sistema operativo Windows o con el sistema operativo Bada. Este problema de que las aplicaciones móviles sólo se ejecutan en dispositivos específicos puede resolverse fácilmente mediante el uso de Cloud Computing como una forma de acceder a datos y aplicaciones desde el dispositivo.

Los requisitos fundamentales para la computación en la nube móvil son una interfaz web y acceso a Internet para poder acceder a las aplicaciones remotas almacenadas en la nube. Los dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas requieren de un browser que pueda rápidamente mostrar y ejecutar aplicaciones remotas optimizadas específicamente para la computación en la nube móvil. Desde la perspectiva del usuario, esto hace que sea menos evidente que la aplicación no es nativa y esta ejecutándose desde la nube. Para dar soporte a la computación en la nube móvil, existe un creciente esfuerzo para desarrollar mejores browsers para dispositivos móviles que imiten la ejecución y experiencia del usuario de forma que parezca a la ejecución de una aplicación nativa instalada en el dispositivo.

Hay básicamente dos tipos de navegadores web para los dispositivos móviles disponibles, aquellos que son específicos de la plataforma o sistema operativo, o nativos, y aquellos que son multiplataforma. Normalmente, los desarrolladores de una plataforma en particular incluyen a los navegadores web como parte de la plataforma.

Por ejemplo, Nokia tiempo atrás construía su línea de teléfonos inteligentes bajo la plataforma de código abierto Symbian, cuyo browser llamado Browser 7.2, estaba basado en el motor de navegador de código abierto WebKit. Del mismo modo, Android tiene un navegador nativo que también se basa en el motor de renderizado WebKit, con algunas características de Chrome JavaScript incluido. Luego están los navegadores móviles multiplataforma desarrollados por terceros, que pueden ser instalados y son compatibles con diferentes sistemas operativos móviles. Ejemplos de estos incluyen Opera Mini y Skyfire para los smartphones con Windows Mobile, Android, iPhone y Nokia S60. En muchos casos, estos navegadores multiplataforma superan a los navegadores de origen.

5.2 MÉTODOS PARA HACER USO DE LOS BENEFICIOS DE MCC

Muchos dispositivos móviles tienen importantes limitaciones debido al menor tamaño que otros dispositivos, menor peso, menor duración de batería, etc. A menudo, esto limita severamente el desarrollo de hardware y software para estos dispositivos. La computación en la nube permite a los dispositivos evitar estas limitaciones, dejando las tareas de mayor intensidad en consumo de recursos en sistemas que no poseen dichas restricciones haciendo que una vez llevada a cabo la tarea el resultado sea enviado al dispositivo. Por lo tanto, la computación en la nube para los dispositivos móviles (**MCC**) es una tendencia muy atractiva.

Existen varios métodos para hacer uso de los beneficios de MCC. En primer lugar, se han propuesto métodos que tienen como objetivo la construcción de sistemas de uso general para la utilización de la nube para ayudar a mejorar el rendimiento del teléfono. Esta familia de soluciones puede ser referida como computación en la nube móvil de propósito general (**GPMCC**). En segundo lugar, muchas de las aplicaciones individuales que se utilizan hoy en día con los dispositivos móviles como teléfonos inteligentes utilizan la computación en nube en mayor o menor medida. Hay varios métodos utilizados y propuestos para los cuales la nube puede ser aprovechada. Esto se puede denominar computación

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

en la nube móvil específicas de aplicaciones (**ASMCC**). Cada uno de estos dos enfoques tiene sus ventajas y desventajas y no son mutuamente excluyentes.

Computación en la nube móvil de propósito general - GPMCC

A. Ejecución aumentada

Si bien más adelante en la monografía se amplía este tema, aquí hacemos una breve reseña. Los investigadores de Berkeley han considerado la posibilidad de aumentar el rendimiento de los teléfonos inteligentes con limitaciones de hardware usando cloud computing. Su método principal consiste en la creación de clones virtuales de entornos de ejecución de smartphones en ordenadores no móviles contando con la ejecución de tareas mediante el método push hacia estos dispositivos virtuales. Debido a que estos ordenadores tienen una capacidad de computación mucho mayor, permiten un mejor rendimiento de los teléfonos inteligentes. Esto podría proporcionar un espectro mucho mayor de aplicaciones y puede aliviar la carga de los desarrolladores condicionados a crear software eficiente en plataformas más limitadas.

Se describen cinco tipos diferentes de aumentos. En primer lugar, la externalización de la funcionalidad principal. Esto lleva las tareas intensivas como el reconocimiento de voz y la indexación de vídeo a la nube, permitiendo al mismo tiempo que tareas menos intensivas sigan siendo ejecutadas en el teléfono. En segundo lugar existe un aumento en background, donde este tipo de aumento lleva aquellas tareas que no son necesarias llevar a cabo inmediatamente, como el escaneo de virus o indexación de archivos y los mueve a la nube. El aumento de la línea principal permite a los usuarios elegir una aplicación específica para ser ejecutada de forma aumentada. Esto preserva el funcionamiento del programa, pero cambia el método por el cual se ejecuta. El aumento de hardware modifica el clon virtual del teléfono inteligente para mejorar el bajo nivel de software. Por ejemplo, modificar el garbage collector para que sea menos agresivo lo cual puede acelerar la ejecución de manera significativa. Por último, el aumento a través de múltiples clones del dispositivo para acelerar la ejecución, lo cual puede ayudar a las aplicaciones que requieren una gran cantidad de procesamiento en paralelo.

GPMCC permite superar los límites de los dispositivos móviles, y es un aspecto prometedor de MCC.

Computación en la nube móvil específicas de aplicaciones - ASMCC

ASMCC tiene la ventaja de permitir el uso de la computación en la nube pero requiere más que simplemente un aumento de potencia de cálculo. Por ejemplo, los clientes de chat o e-mail requieren ASMCC debido a que Internet es utilizado como un recurso de comunicación y no sólo para el almacenamiento o la potencia de cálculo adicional. Varios métodos y sistemas se han propuesto para lograr este objetivo.

A. Nubes de servicios móviles

Los investigadores de la Universidad Estatal de Michigan han desarrollado un sistema llamado Nubes de Servicio Móvil. Este sistema está diseñado para ofrecer configuración de servicios fácil y automática para crear servicios que pueden ser utilizados por los consumidores móviles. Teniendo en cuenta que el cloud computing se basa principalmente en el modelo cliente-servidor, un desarrollo como este hace que sea mucho más fácil para crear servicios que puedan trabajar con aplicaciones como se establece en [6].

B. Servicios REST

Jason Christensen en [7] ha escrito sobre las estrategias para crear aplicaciones de MCC utilizando servicios web RESTful. Los web services REST (a diferencia de los servicios web estándar) son fáciles de crear y no requieren uso intensivo de procesador, así como tampoco continuas conexiones TCP, produciendo respuestas simples en formato XML u otro que pueden ser fácilmente interpretadas. Christensen afirma que mediante el aprovechamiento de las aplicaciones móviles que utilizan estos servicios, será más fácil crear aplicaciones sólidas en la nube.

C. Weblets elástico

Los investigadores de la Universidad Estatal de Pensilvania en [8] han desarrollado un sistema para aplicaciones elásticas destinadas a ser utilizadas en dispositivos móviles. Su framework de aplicación elástica divide una aplicación completa en piezas llamadas Weblets. Estos Weblets tienen la característica importante de ser portables. Cualquier weblet dado puede ser intercambiado entre un dispositivo móvil y uno fijo. Una dificultad importante con este tipo de aplicación es el requerimiento de seguridad de los Weblets, cuestión que se abordará más adelante.

Servidor Móvil de Cloud Computing

Hasta ahora, sólo hemos discutido instancias de MCC donde los dispositivos móviles actúan como cliente y algunos dispositivos no móviles actúan como servidores. Es posible invertir esta tendencia y que los dispositivos móviles sirvan como recursos más que como consumidores. Llamaremos a este servidor móvil de computación en la nube (**MSCC**).

A. Framework Map Reduce para MSCC

MapReduce mencionado en [21] es un algoritmo que divide grandes problemas en piezas más pequeñas que pueden ser resueltas en paralelo con múltiples máquinas. Google ha creado y publicado MapReduce. Dado al gran número de dispositivos móviles inteligentes conectados a Internet, parece posible aprovechar estos dispositivos usando MapReduce. El limitado poder computacional de un dispositivo individual puede ser compensado por pequeñas tareas.

Los investigadores de la Universidad de Colorado han creado un sistema que aprovecha los dispositivos móviles conectados en red para resolver problemas. En el diseño de este sistema se tuvo en cuenta que tenía que resolver problemas de diversas áreas. En primer lugar, tuvieron que desarrollar un sistema por el cual los usuarios de smartphones podrían optar por este programa mientras estén conscientes de sus efectos. En segundo lugar, tuvieron que desarrollar un sistema por el cual los problemas podrían ser divididos en este conjunto de dispositivos y los resultados podrían ser unidos. Finalmente, tuvieron que asegurar que los resultados podrían ser transmitidos a la parte solicitante con bastante rapidez (difícil, dada la fiabilidad débil de los teléfonos inteligentes y sus redes).

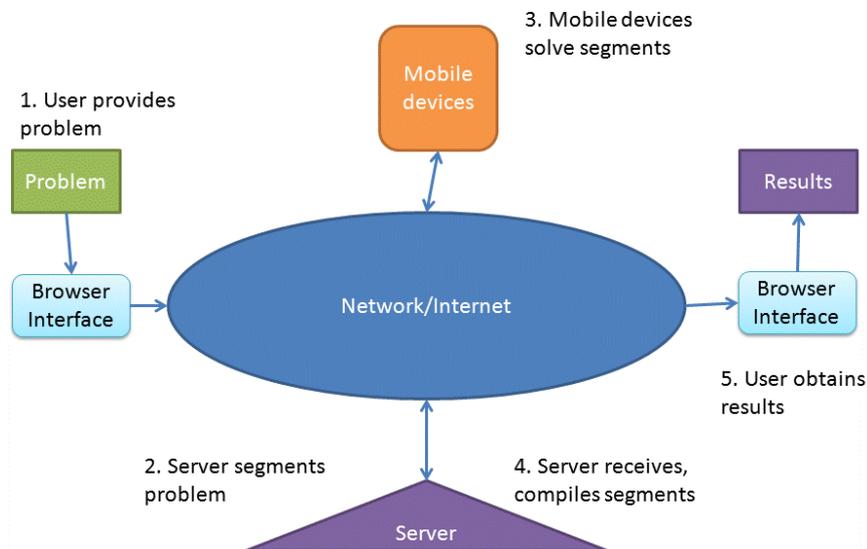


Figura 3 – Framework Map Reduce

En primer lugar, se cuenta con un servidor de coordinación que recibe problemas, los distribuye a los nodos, une los resultados y devuelve el resultado final. En segundo lugar se cuenta con un cliente para dispositivos móviles que recibe, trabaja y transmite las soluciones a subproblemas

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

planteados. En tercer lugar, una interface web que permite al usuario enviar problemas y ver los resultados.

5.3 TECNOLOGÍAS QUE PERMITEN LA EVOLUCIÓN HACIA MOBILE CLOUD COMPUTING

Los Smart phones, tablets, y cloud computing están convergiendo dando origen a un nuevo campo y de rápido crecimiento, el de la computación en la nube móvil.

4G

4G es utilizada para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. La 4G está basada completamente en el protocolo IP que se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas. Esta tecnología podrá ser usada por teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles. La principal diferencia con las generaciones predecesoras es la capacidad para proveer velocidades de acceso mayores a 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio de punta a punta de alta seguridad que permitirá ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible. Sin duda, uno de los mayores facilitadores será el pleno despliegue de la tecnología 4G, que ayudará con los problemas de latencia y el ancho de banda. Por ejemplo, Samsung presentó el Yes Buzz 4G cloud phone en Malasia en enero de 2011, el cual no cuenta con tarjeta SIM y permite que los contactos sean almacenados y sincronizados a través de Internet. En febrero de 2011, Motorola presentó el Atrix, un teléfono 4G con un lector de huellas digitales para desbloquear el teléfono. Este también cuenta con una base que se conecta a un teclado y un mouse convirtiendo el teléfono en un ordenador portátil.

HTML5 y CSS3

HTML5 es un paso importante para las aplicaciones web móviles. HTML es un lenguaje que proporciona un medio para especificar los elementos de páginas web, tales como títulos, texto, tablas, listas y fotos.

HTML5 también da soporte offline, lo que hace posible el almacenamiento local, ayudando a las interrupciones de conectividad. También añade características de canvas y vídeo, permitiendo gráficos y vídeos sin plug-ins. HTML5 incluye mejoras en las especificaciones de forma que benefician a las aplicaciones móviles. Además, HTML5 a menudo viene con una API de geolocalización. Otro ejemplo de sus beneficios es la capacidad de almacenar y acceder a datos tales como mensajes de correo electrónico y calendarios, que ayuda a hacer las aplicaciones web más útiles.

CSS3 trabaja con HTML5 para especificar cómo los elementos de una página deben ser renderizados. La especificación HTML le dice a un navegador web qué mostrar, mientras que la especificación CSS le dice cómo mostrarlo. Estas tecnologías están ayudando al desarrollo cross-plataforma de aplicaciones para dispositivos móviles.

Interface estándar

La interoperabilidad se convierte en un problema importante cuando los usuarios móviles necesitan interactuar y comunicarse con la nube. La interfaz actual entre estos se basa principalmente en interfaces web. Sin embargo, el uso de interfaces web puede no ser la mejor opción. En primer lugar, la interfaz web no está diseñada específicamente para dispositivos móviles. Por lo tanto, la interfaz web puede incurrir en mayor overhead. Además, la compatibilidad entre los dispositivos y la interfaz web podría ser un problema relacionado a un protocolo estándar, cuestiones de señalización, una interfaz que asegure un servicio ininterrumpido. En el futuro, se espera que HTML5 aborde estas cuestiones. Así como también tecnologías como WebSockets HTML5.

HTML5 introduce una característica que puede mejorar sustancialmente las aplicaciones web, los WebSockets, los cuales permiten crear un canal de comunicación bi-direccional full-duplex sobre un único socket TCP, entre el cliente y el servidor, solucionando los problemas que presenta Ajax. El ancho de banda ahorrado tiene una proporción de 500:1 y una latencia de 3:1.

Está diseñada para ser implementada en navegadores y servidores web, pero puede utilizarse por cualquier aplicación cliente/servidor. La API de WebSocket esta siendo normalizada por el W3C, y el protocolo WebSocket, a su vez, está siendo normalizado por el IETF. Como las conexiones TCP ordinarias sobre puertos diferentes al 80 son habitualmente bloqueadas por los administradores de

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

redes, el uso de esta tecnología proporcionaría una solución a este tipo de limitaciones proveyendo una funcionalidad similar a la apertura de varias conexiones en distintos puertos, pero multiplexando diferentes servicios WebSocket sobre un único puerto TCP (a costa de una pequeña sobrecarga del protocolo). El cliente WebSocket está ya implementado en Google Chrome 4 y Safari 5, así como la versión móvil de Safari en el IOS 4.2.

Hipervisor

Otra tecnología que ayuda al mobile cloud computing para aplicaciones multi-plataforma es un hipervisor, que permite a una aplicación web poder ejecutarse en cualquier teléfono inteligente sin ser conscientes de la arquitectura subyacente. El hipervisor permite que ciertos programas se ejecuten en un entorno virtualizado. Por ejemplo, el Motorola Atrix cuenta con un hipervisor integrado que le permite ejecutar una amplia gama de aplicaciones, como ser aplicaciones de Windows y Macintosh virtualizadas, o sea no sólo las creadas específicamente para este dispositivo.

Cloudlet

Si bien más adelante se detalla este concepto con más profundidad en esta sección se hace una breve reseña. Se puede considerar que un cloudlet es un dispositivo pequeño que se encuentra cerca, tal vez en una cafetería. Cuando sea necesario, el dispositivo descarga los datos del usuario desde una ubicación centralizada, permitiendo el acceso local por parte del usuario y reduciendo la latencia. Cuando haya terminado, los datos del usuario pueden ser devueltos a la ubicación centralizada, si es necesario. Este proceso ocurre de forma invisible para el usuario.

Un cloudlet es un cluster de computadoras ricos en recursos informáticos bien conectados a Internet y disponibles para su uso por dispositivos móviles cercanos. Por lo tanto, cuando los dispositivos móviles no quieren desconectarse de la nube pueden encontrar un cloudlet cercano. De esta manera, los usuarios móviles pueden satisfacer la demanda en tiempo real y con baja latencia, en un salto, con acceso inalámbrico al cloudlet. Si no hay un cloudlet en las inmediaciones, el dispositivo móvil puede utilizar el modo por defecto enviando las solicitudes a una nube remota, o en el peor de los casos, haciendo uso únicamente de sus propios recursos.

Como se va a abordar más adelante Satyanarayanan en [9] se basa en una arquitectura a través de la explotación de la tecnología de máquina virtual para rápidamente instanciar software de servicio personalizado en un cloudlet cercano y luego utilizar ese servicio a través de una red inalámbrica LAN. Esta tecnología puede ayudar a los usuarios móviles a superar los límites de la computación en la nube como la latencia de las redes WAN y el pobre ancho de banda. Sin embargo, hay algunas consideraciones que deben ser abordados antes de que esta idea pueda ser aplicada en la práctica. Por ejemplo, la forma de distribuir el procesamiento, almacenamiento y la capacidad de la red para cada cloudlet. Cómo administrar las políticas para que los proveedores de cloudlets puedan maximizar la experiencia del usuario minimizando el costo. La confianza y la seguridad en los cloudlet son otro de los temas ya que los intrusos pueden crear un cloudlet falso para robar información al usuario.

CloneCloud

CloneCloud trae el poder de la computación en nube a los teléfonos inteligentes. CloneCloud utiliza las computadoras cercanas o centros de datos para aumentar la velocidad de ejecución de las aplicaciones móviles. La idea es la clonación de todo el conjunto de datos y las aplicaciones del smartphone en la nube y de forma selectiva ejecutar algunas operaciones en los clones, reintegrando el resultado de retorno para el smartphone.

Web 4.0

La frase "Internet of Things" acuñada por un grupo de investigación en el Instituto de Tecnología de Massachussets, se conoce a la comunicación a través de Internet entre objetos ordinarios proporcionando información sobre su entorno y actividades. Tanto los humanos como los teléfonos inteligentes y características de estos, como ser los sensores, brújula, etc. pueden ser parte de este fenómeno, transmitiendo información sobre su entorno y actividades.

Herramientas de desarrollo multi-plataforma

Es evidente que el desarrollo de más potentes y ricos navegadores móviles será en función de que cada vez más aplicaciones y servicios se migran a la nube.

FeedHenry proporciona herramientas e infraestructura PaaS que permite a los desarrolladores empezar a construir y desplegar nuevas aplicaciones que se ejecutan en la mayoría de los teléfonos inteligentes sin necesidad de conocimientos especializados de cada plataforma de teléfonos inteligentes. Otra compañía, RhoMobile, ofrece de igual manera herramientas de desarrollo agnóstico a la plataforma, dando soporte a las empresas y desarrolladores a crear, distribuir, desplegar y gestionar aplicaciones para smartphones basadas en la nube.

5.4 RETOS Y SOLUCIONES EN EL PROCESO DE CONSUMO DE SERVICIOS WEB POR CLIENTES MÓVILES

En la actualidad los dispositivos móviles como iPhone, Blackberry, Android incluyen aplicaciones que consumen servicios web, como Google, Facebook y Twitter. Sin embargo, existen problemas en la conexión de los dispositivos móviles para consumir web service. En primer lugar, los web service necesitan ser optimizados para los clientes móviles.

Por ejemplo, el tamaño de los mensajes de los web services necesita ser reducidos para ajustarse al ancho de banda de los clientes móviles. En segundo lugar, los clientes móviles tienen que adaptarse a diferentes tipos de web service, por ejemplo, SOAP o RESTful.

El consumo de web service desde un cliente móvil es diferente en comparación con los escenarios estándar, debido a los siguientes factores:

- Los dispositivos móviles cuentan con recursos limitados (por ejemplo, el poder de la CPU, tamaño de la pantalla, etc.).
- La comunicación entre el cliente y el servicio se establece a través de la red inalámbrica o celular.
- Existen web services en la nube que no son compatibles con los clientes móviles.

Hay varios retos en el proceso de consumo de Servicios Web por clientes móviles

- **Desafío 1 - Pérdida de la conexión:** La interacción entre el cliente y el servicio requiere una conexión estable. Sin embargo, debido a la movilidad de los clientes y la configuración de la red inalámbrica, los clientes móviles pueden ser retirados temporalmente de la red que estaban conectados y más tarde conectarse a otra red. En este tipo de incidentes, ya sea las peticiones al servicio o las respuestas pueden no ser entregadas a su destino.
- **Desafío 2 - Ancho de banda / latencia:** las redes celulares tienen un limitado ancho de banda y con frecuencia su costo es en función de la cantidad de datos transferidos. Sin embargo, un simple mensaje SOAP a menudo contiene gran parte de los datos XML, que consume mucho ancho de banda y la transmisión puede causar latencia en la red. Además, el mensaje SOAP contiene etiquetas XML que en su mayoría no son útiles para los clientes móviles.
- **Reto 3 - La escasez de recursos:** Los clientes móviles son "clientes ligeros" con limitado poder de procesamiento. Las limitaciones son inherentes a la movilidad y no a la deficiencia de la tecnología. Por ejemplo, un mashup involucra mucho análisis y la combinación de diferentes resultados que requiere una gran cantidad de cálculos. Los desafíos son minimizar el procesamiento de datos sobre clientes móviles y extender el poder de procesamiento más allá de los dispositivos móviles.

Posibles soluciones a los retos planteados

Pérdida de la conexión

- **Cacheo en el cliente y middleware** - las copia de los resultados de la invocación a servicios son almacenadas tanto en los clientes móviles como en el middleware. Cuando los clientes de telefonía móvil no son capaces de conectar con el middleware, se utiliza la memoria caché del lado del cliente. Cuando la conexión del middleware a los web service de la nube no están disponibles, el middleware devuelve los datos de la caché a los clientes móviles.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

- Middleware push - Cuando el middleware recibe una actualización del resultado del servicio, inmediatamente envía la actualización a los clientes móviles que están conectados al él.

Ancho de banda / latencia

- Transformación de protocolos - la transformación de protocolos reduce la latencia y el ancho de banda del cliente al interactuar con los servicios. El middleware transforma los web service SOAP a RESTFUL el cual es un protocolo ligero que reduce el tiempo de procesamiento por ejemplo para mensajes JSON, así como el tamaño de los mensajes.
- Optimización de Resultados - reduce el tamaño de los resultados del servicio, por lo tanto se reduce el ancho de banda que se usa para interactuar con el WS. El middleware convierte el formato de los resultados del servicio de XML a JSON y elimina los datos innecesarios del resultado, con lo cual al transferir menor cantidad de datos se reduce la latencia de la red.

La escasez de recursos

- Cloud Computing - la conexión de los clientes móviles a la computación en la nube permite extender los recursos. Además los servicios en la nube extienden las funcionalidades de los clientes móviles, mientras que las plataformas cloud proporcionan potencia de cómputo para los clientes móviles. Las plataformas de Cloud como Google App Engine y EC2 de Amazon proporcionan escalabilidad para las aplicaciones.

Amazon EC2

Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) como se establece en [10] es un servicio web que proporciona capacidad informática cuyo tamaño se puede extender en la nube. Está diseñado para facilitar a los desarrolladores de recursos informáticos escalables y basados en la web. Amazon EC2 reduce el tiempo necesario para obtener y arrancar nuevas instancias del servidor, lo que permite escalar rápidamente la capacidad, ya sea aumentándola o reduciéndola, según cambien sus necesidades. Amazon EC2 cambia el modelo económico de la informática, al permitir pagar sólo por la capacidad que utiliza realmente. Amazon EC2 proporciona a los desarrolladores las herramientas necesarias para crear aplicaciones resistentes a errores.

EC2 es una IaaS, donde los desarrolladores tienen el control total del sistema. Se puede elegir el despliegue de infraestructuras (hardware, sistema operativo) y los lenguajes de programación. Los desarrolladores también pueden configurar el sistema para aumentar el rendimiento de algunas aplicaciones, por ejemplo, aumentar la memoria de la aplicación. La mayor ventaja de EC2 es que los desarrolladores son libres de utilizar cualquier otra biblioteca. Por ejemplo, muchos proveedores de servicios ofrecen una biblioteca cliente para su servicio, como Google, Yahoo y Facebook. Estas bibliotecas pueden ser fácilmente instaladas en la máquina virtual de EC2.

Una desventaja de EC2 es el mantenimiento y la configuración. Aunque el hardware está a cargo de Amazon, la VM todavía necesita un administrador de TI para el monitoreo y backup. Por ejemplo, si se producen fallas al guardar una imagen del sistema esto puede causar pérdida de datos importantes. Muchas aplicaciones empresariales tienen que ser configuradas por expertos con el fin de obtener el rendimiento óptimo. Otra desventaja es la utilización de los recursos de la máquina virtual, cuyas necesidades de recursos varían y son difíciles de predecir. También hay diferentes necesidades de recursos. Por ejemplo, una aplicación puede tener buen acceso a la red, pero bajo poder computacional.

Google App Engine

La plataforma de Google en sí es un servidor de aplicaciones Web que sólo puede manejar peticiones Servlet de Java. Las aplicaciones Web sobre la plataforma Google App Engine siguen el estándar Java Servlet API donde la mayoría de los desarrolladores de Java Web están familiarizados con este entorno. No hay ningún costo de mantenimiento de hardware y configuración de la plataforma. La plataforma de aplicaciones Web en Google App Engine está pre-configurada, y este también se encarga del mantenimiento del sistema y actualizaciones. Una aplicación alojada en Google App Engine también garantiza una alta disponibilidad.

App Engine como se menciona en [11] es una completa pila de desarrollo que emplea tecnologías habituales para crear y alojar aplicaciones web. Las aplicaciones creadas pueden aprovechar las mismas tecnologías escalables sobre las que están creadas las aplicaciones de Google como, por ejemplo, BigTable y GFS. App Engine dispone de una función de escalabilidad automática. A las aplicaciones desplegadas en App Engine se les aplica las mismas políticas de seguridad, privacidad y protección de datos que a las demás aplicaciones de Google.

Google App Engine admite aplicaciones escritas en varios lenguajes de programación como Java o Python que debido al entorno de ejecución Java permite crear aplicaciones a través de tecnologías Java estándar, que incluyen JVM, servlets Java y el lenguaje de programación Java, o cualquier otro lenguaje que utilice un intérprete o compilador basado en JVM como, por ejemplo, JavaScript o Ruby. Como se menciona App Engine también ofrece un entorno de tiempo de ejecución Python dedicado, que incluye un rápido intérprete Python y la biblioteca estándar Python. Los entornos de tiempo de ejecución Java y Python se generan para garantizar que la aplicación se ejecute de forma rápida, segura y sin interferencias de otras aplicaciones en el sistema.

5.5 APLICACIONES DE MOBILE CLOUD COMPUTING

El futuro de las aplicaciones móviles basadas en la nube sin duda se ve interesante. En un informe de investigación en 2010, donde Juniper Research predice que los ingresos debido a aplicaciones móviles basadas en la nube esta en alcanza y crece cada vez mas. Esta previsión de crecimiento se debe en gran medida a varios factores, incluyendo la adopción y la cobertura cada vez mayor de la banda ancha móvil, y tecnologías como HTML5, entre otras. En la actualidad la mayoría de los usuarios móviles tienen acceso a servicios como Gmail (servicio de correo) mediante aplicaciones disponibles para varios sistemas operativos móviles, representando el mejor ejemplo de Mobile Cloud Computing y que esta disponible hace ya un tiempo. Todos los correos electrónicos son almacenados en los servidores de Gmail y todo el procesamiento se realiza en la nube, mediante esta aplicación se cuenta con una interfaz inteligente en la pantalla del teléfono desde donde el usuario ingresa comandos. El procesamiento de dichos comandos se realiza en los servidores de Gmail y el resultado se muestra en la pantalla del teléfono móvil, ya sea mediante una aplicación instalada en el dispositivo o mediante un browser. "La música de la nube" es otro ejemplo revolucionario donde sigue el concepto de "música en cualquier lugar", que permite a los usuarios tener acceso a sus colecciones de música en cualquier parte del mundo gracias al Mobile Cloud Computing. La música en la nube y el streaming es el futuro previsto del paradigma Mobile Cloud Computing.

Si se mencionan aplicaciones móviles en la nube hay que hablar de Google y sus productos y servicios. En principio el servicio Google Music el cual es un producto similar a lo hecho por Amazon y Apple con iTunes. Es decir, ofrece a los suscriptores la posibilidad de almacenar su música en sus servidores y escucharla desde distintos dispositivos. Aunque en un principio este servicio encontró trabas legales con las discográficas mas tarde acordó con las mismas, logrando que se integren a su catalogo.

Amazon lanzó un servicio similar sin negociar con las discográficas alegando que no necesitaba su permiso ya que almacenaba la música de sus suscriptores.

El servicio de Google se suma a la familia de alquiler de contenidos y permite almacenar hasta 20.000 canciones gratuitamente, comprar por cerca de 1 dólar los temas que ofrece la tienda Google Music a través de los sellos asociados y compartir las canciones gratuitamente a través de Google+.

Google Music entra al mercado a competir directamente con el dominante iTunes de Apple, la tienda Amazon y otros servicios de música en línea como Spotify.

Spotify por su parte es una nueva forma de escuchar música donde sigue el concepto de "escucha la canción que quieras en el momento que quieras" sólo hay que buscarla y reproducirla.

Spotify es una aplicación empleada para la reproducción de música vía streaming o sea ofrece la transferencia de archivos de audio por Internet a través de la combinación de servidores basados en streaming y en la transferencia Peer-to-peer (P2P) en la que participan los usuarios.

Los archivos de audio se pueden reproducir bajo demanda, como si estuvieran en el disco del usuario. Las canciones se guardan en la caché del software para evitar consumir más ancho de banda, al repetir las canciones una y otra vez. A este servicio se lo puede considerar como una nueva colección de música, o biblioteca de canciones, donde se puede crear listas de reproducción, etc. Además, como la música se reproduce en el momento, no es necesario esperar tiempo para descargarla ni reservar espacio en el disco. Una de las características importantes es el modo sin conexión, en donde se indica qué listas de reproducción se quiere almacenar y el servicio se encarga

de sincronizar las canciones en el ordenador o teléfono. Con esto, las listas favoritas siempre estarán disponibles, con o sin acceso a internet.

Por su parte Apple cuenta con iCloud considerado como un sistema de almacenamiento en la nube. El servicio permite a los usuarios almacenar datos, como archivos de música en servidores remotos para descargar en múltiples dispositivos como iPhones, iPods, iPads y las computadoras personales que funcionen con Mac OS. El sistema basado en la nube permite a los usuarios almacenar música, fotos, aplicaciones, documentos, enlaces favoritos de navegación, recordatorios, notas, iBooks y contactos, además de servir como plataforma para servidores de correo electrónico de Apple y los calendarios.

Cada cuenta tiene 5 GB de almacenamiento gratuito, el contenido comprado en Apple iTunes se almacena de forma gratuita sin interferir en esos 5 GB. Todos los archivos de música comprados a través de iTunes se descargan automáticamente a cualquier dispositivo registrado, por ejemplo, iPhones y notebooks. Cuando un usuario registra un nuevo dispositivo, todo el contenido de iTunes se puede descargar automáticamente.

iCloud es mucho más que un disco duro en la nube, es una forma de acceder a casi todo lo que existe en el dispositivo.

iCloud asegura de que tengas las mismas aplicaciones y libros en todos tus dispositivos, además de hacer copias de seguridad de la información vía Wi-Fi a diario cuando tu dispositivo se está cargando y en forma automática.

Por ejemplo, cuando se descarga una nueva aplicación en el iPhone, aparecerá automáticamente en el iPad, con lo cual no hay que preocuparse por sincronizar los dispositivos.

También permite actualizar el calendario en un solo sitio y consultar los cambios en cualquier dispositivo. Si se cuenta con varios dispositivos, iCloud actualiza las citas en todos ellos. También se puede compartir los calendarios con otros usuarios de iCloud. En el momento en que alguien añade o edita un evento, iCloud lo actualiza de forma inalámbrica en los dispositivos de los demás. iCloud envía automáticamente los mensajes de correo nuevos a todos los dispositivos para que los buzones de entrada estén siempre al día. Además, iCloud mantiene sincronizadas todas las carpetas, sea cual sea el dispositivo que se utilice.

Por su parte Amazon Cloud Drive permite subir archivos hasta 5 GB de forma gratuita. Este límite se puede ampliar a 20 GB con la compra de un álbum MP3 desde la tienda de Amazon. Si el usuario desea una capacidad superior de almacenamiento hay tarifas a las cuales se pueden acceder.

La idea de Cloud Drive y Cloud Player es poder guardar los MP3 de Amazon comprados en Cloud Drive o sea en la nube de Amazon, poder escucharlos mediante Cloud Player, así como también navegar y buscar en la biblioteca de música, crear listas de reproducción y descargarlos en la PC o dispositivo móvil. Así como también permite subir música a la biblioteca en la nube.

"Escritorio móvil en la nube" tiende a ser una forma de almacenamiento universal que se puede acceder a través de Desktop, Laptop, Pads e incluso teléfonos móviles. Muchas compañías ofrecen estos servicios en los que se ofrece la ampliación del espacio fijo (obviamente, mediante el pago de un monto adicional).

Google Cloud Print es también un ejemplo interesante de cómo este concepto va a revolucionar y ser parte de nuestras actividades diarias. El objetivo principal de este servicio es transmitir una experiencia de impresión que permita a cualquier aplicación (web, de escritorio o móvil) sobre cualquier dispositivo y ser impresa en cualquier impresora en cualquier lugar del mundo.

Google Cloud Print permite a sus usuarios imprimir documentos de Google Docs y correos electrónicos de Gmail, además de algunos archivos adjuntos enviados por e-mail, como por ejemplo PDF y DOC. Para utilizar este servicio, es necesario contar con un dispositivo móvil con Android o con IOS, además de poseer soporte para HTML5. También se deberá poseer un ordenador con el sistema operativo Windows y sincronizar la impresora con la herramienta Google Cloud Print.

Sin dudas se trata de una herramienta muy interesante que llamará la atención de muchos usuarios de dispositivos móviles ya que con ella podrán imprimir los documentos desde cualquier lugar y cuando lo deseen.

De la misma manera "Videos en la nube" y "Fotos en la nube", también van a revolucionar la forma en que accedemos a los videos y fotos al instante.

Relacionado al streaming, YouTube lanza su propio servicio de transmisión de contenido en vivo. La plataforma es muy similar al sitio tradicional con varios avisos sobre las transmisiones futuras y la opción de anotarlo en el calendario favorito (Google Calendar, Outlook). YouTube Live ofrecerá contenido exclusivo e incrementalmente permitirá que sus partners transmitan sus propios contenidos en vivo, de manera gratuita para todos.

Esta plataforma integrará las capacidades de 'streaming' en vivo y herramientas de búsqueda.

La plataforma pretende ofrecer eventos deportivos, conciertos, entrevistas, etc. en directo. Esta herramienta está pensada para aquellos socios que tengan cuentas en YouTube puedan emitir en directo en cualquier momento gracias a esta herramienta de vídeo en 'streaming'.

Las aplicaciones móviles están ganando una creciente participación en el mercado móvil mundial, y por supuesto generan gran cantidad de ingresos. Algunas de las aplicaciones más típicas que utilizan MCC son las siguientes:

Aplicaciones de comercio Móvil

El comercio móvil es un modelo de negocio sobre dispositivos móviles cuyas aplicaciones en general deben cumplir con algunas tareas que requieren por ejemplo, transacciones móviles, formas de pagos, mensajería móvil, y emisión de tickets móviles, entre otros. Las aplicaciones de comercio móvil se pueden clasificar en finanzas, publicidad y compras. Estas aplicaciones tienen que hacer frente a diversos desafíos como ya se mencionó antes (por ejemplo, el bajo ancho de banda, la complejidad de configuraciones de dispositivos móviles, y seguridad).

En algunas investigaciones 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, basada en PKI (infraestructura de 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. Por otro lado existe una plataforma de negociación 4PL-AVE que utiliza la tecnología de cloud computing para mejorar la seguridad de los usuarios y mejorar la satisfacción del cliente y competitividad de costos.

Aplicaciones de educación móvil

La educación móvil se ha diseñado basada en el e-learning o educación electrónica y la movilidad. La educación móvil permite a los alumnos aprender en cualquier lugar que desee y en cualquier momento utilizando sus dispositivos portátiles. Las aplicaciones de educación móvil utilizan la nube con capacidad de gran almacenamiento y poder de procesamiento, así como también conservando la vida útil de la batería.

Existen aplicaciones que a través de un sitio web basado en Google Apps Engine, los estudiantes se comunican con sus profesores en cualquier momento. Además, los profesores pueden obtener información acerca del nivel de conocimiento del alumno del curso y pueden responder a las preguntas de los estudiantes de manera oportuna, así como también ayudan a los estudiantes a disponer de acceso a recursos de aprendizaje a distancia.

Aplicaciones de medicina móvil

El propósito de las aplicaciones de medicina móvil es reducir al mínimo las limitaciones del tratamiento médico (por ejemplo, el almacenamiento físico, la seguridad y la privacidad, y los errores médicos). La medicina móvil ofrece a los usuarios ayuda para acceder a los recursos (por ejemplo, la historia clínica del paciente) de forma fácil y rápida. Por otra parte, la medicina móvil ofrece a los hospitales y organizaciones sanitarias una variedad de servicios on demand en la nube en lugar de ser dueño de aplicaciones independientes en servidores locales.

En [12] se presentan ejemplo de aplicaciones de medicina móvil en ambientes pervasivos:

- Servicios integrales de monitoreo de salud donde los pacientes puedan ser controlados en cualquier momento y lugar a través de comunicaciones de banda ancha inalámbrica.
- Sistema inteligente de gestión de emergencias que pueden gestionar y coordinar la flota de vehículos de emergencia eficazmente al mismo tiempo que se recibe las llamadas de accidentes o incidentes.
- Dispositivos móviles sensibles a la salud que detectan la frecuencia cardíaca, la presión arterial así como también el nivel de alcohol para alertar al sistema de emergencia.

Del mismo modo en [13] se propone @HealthCloud, una implementación prototipo que gestiona la información de salud basada en cloud computing y un cliente para dispositivos móviles basado en Android. Este prototipo presenta tres servicios que utilizan el servicio de almacenamiento en la nube de Amazon S3 para la gestión de historias clínicas de pacientes e imágenes médicas.

Una conexión al almacenamiento en la nube permite a los usuarios recuperar, modificar y cargar contenidos médicos (por ejemplo, imágenes médicas como radiografías e historias clínicas de los pacientes) utilizando servicios web tipo REST.

El soporte para la visualización de imágenes permite a los usuarios móviles decodificar archivos de imagen de gran tamaño en diferentes resoluciones de acuerdo a la disponibilidad de la red y su calidad.

Otra de las aplicaciones de medicina móvil consiste en un sistema de gestión de telemedicina que supervisa a los pacientes con hipertensión y diabetes. El sistema controla 300 pacientes y almacena en la nube más de 4.700 registros de mediciones de presión arterial y azúcar en sangre. Cuando a un paciente se le realiza una medición de glucosa o presión en sangre a través de equipos especializados, estos pueden enviar los parámetros medidos al sistema de forma automática, o el mismo paciente puede enviar dichos parámetros a través de SMS mediante sus dispositivos móviles. Luego la nube reúne y analiza la información sobre el paciente y retorna los resultados. Sin embargo, la información a recoger y gestionar relacionada a la salud personal es información sensible, por lo tanto, se proponen soluciones para proteger la información del paciente, incrementando la privacidad.

Otras aplicaciones móviles

MeLog es una aplicación que utiliza MCC que permite a los usuarios móviles compartir experiencia en tiempo real (por ejemplo, viajes, compras y eventos) a través de la nube mediante un blog automático. Los usuarios de teléfonos móviles (por ejemplo, los viajeros) disponen de varios servicios en la nube, tales como guías de viaje, que muestra mapas, itinerarios y almacenamiento de imágenes y de vídeo.

Existen servicios de localización móvil que permite a los usuarios capturar un clip de vídeo de corta duración sobre los edificios circundantes. Luego un algoritmo de coincidencia se ejecuta en la nube y puede utilizar una gran cantidad de información para buscar la ubicación de este edificio.

Además, One Tour Translation ofrece un servicio de traducción en línea que se ejecuta en la nube de Amazon y ayuda a los usuarios móviles, especialmente los visitantes extranjeros, a recibir información turística traducida en su idioma a través de sus dispositivos móviles.

Google Goggles es un servicio de Google disponible para Android y iPhone que permite reconocer cualquier objeto mediante fotos realizadas con un móvil y devolver resultados de búsqueda e información relacionada realizando el trabajo en la nube.

Incluso, si localiza un lugar destacado mediante el GPS puede devolver información sobre el lugar. También dispone de traducción automática de texto en diversos idiomas a partir de una foto tomada en tiempo real.

5.6 ISSUES Y POSIBLES SOLUCIONES DE LA MCC

1) **Pobre ancho de banda:** el ancho de banda es uno de los grandes temas de MCC ya que los recursos de las redes inalámbricas es mucho más escaso en comparación con las redes tradicionales por cable.

Hay investigaciones que proponen una solución para compartir el ancho de banda limitado entre los usuarios móviles que se encuentran en una ubicación cercana (por ejemplo, un lugar de trabajo, una estación, un estadio) y que están interesados en el mismo contenido (por ejemplo, un vídeo). Los autores modelan la interacción entre los usuarios como una coalición en la que cada miembro es responsable de una parte del archivo de vídeo (por ejemplo, sonidos, imágenes, y subtítulos, etc.) y transmite / intercambia a miembros de la coalición. Esto se traduce en la mejora de la calidad del vídeo. Sin embargo, la solución propuesta sólo se aplica en el caso de que los usuarios permanezcan en la misma zona y estén interesados en el mismo contenido.

2) **Disponibilidad:** la disponibilidad del servicio se convierte en uno de los temas más importantes en el MCC. Los usuarios móviles pueden no ser capaces de conectarse a la nube para obtener el servicio debido a la congestión de tráfico, fallos en la red, etc. Hay investigaciones que proponen soluciones para ayudar a los usuarios móviles en aquellos casos en que no haya conexión a la nube. Para estos casos se describe un mecanismo de descubrimiento para encontrar los nodos en las inmediaciones de un usuario cuyo vínculo a la nube no está disponible. El mecanismo permite al usuario conectarse a la nube a través de nodos vecinos. Sin embargo, no se considera la movilidad, la capacidad y la privacidad de los nodos

vecinos.

Por otro lado en esta investigación se propone una solución que considera nodos móviles en las proximidades del usuario. Cada nodo periódicamente emite mensajes de control para informar a los demás nodos de su estado (por ejemplo, la conectividad) y las actualizaciones de contenido local. De acuerdo con los mensajes, cada nodo mantiene una lista de nodos vecinos y una lista de contenidos y las estimaciones de otros nodos basado en el espacio en disco, ancho de banda, y fuente de alimentación. Entonces, los nodos con menor cantidad de saltos y nivel relativo al rol más alto son seleccionados como los nodos intermedios para recibir contenido.

3) **Offloading:** el offloading es uno de las principales características de MCC, la cual mejora la vida de la batería en dispositivos móviles y aumenta el rendimiento de las aplicaciones. Sin embargo, hay muchos temas relacionados incluyendo offloading eficiente y dinámico en entornos cambiantes.

- a) **Offloading en el entorno estático:** según los experimentos realizados se muestra que el offloading no es siempre la mejor manera de ahorrar energía. Para una compilación de código, el offloading podría consumir más energía que si el procesamiento se llevara a cabo localmente cuando el tamaño de códigos es pequeño (menor a 150KB). Por lo tanto, es un problema crítico, en los dispositivos móviles, determinar si el offloading proporciona beneficios energéticos para una aplicación con determinado tamaño de código. Además, las diferentes tecnologías de acceso inalámbrico consumen diferentes cantidades de energía así como también diferentes tasas de transferencia de datos. Por otro lado hay quienes proponen encontrar la decisión óptima para la partición de las aplicaciones antes de hacer offloading. Hay investigaciones que presentan un esquema de partición de tareas de cómputo en dispositivos móviles. El esquema se basa en la información de perfil acerca del tiempo de cálculo y la tasa de datos compartidos a nivel de llamadas a procedimientos.
 - b) **Offloading en el entorno dinámico:** existen algunos enfoques para hacer frente al offloading en un entorno de red dinámico (por ejemplo, el cambio de estado de la conexión y el ancho de banda). Los cambios en el entorno puede causar problemas adicionales. Por ejemplo, los datos transmitidos no podrán alcanzar el destino, o los datos ejecutados en el servidor se perderán cuando este retorne al cliente. Hay enfoques que consideran cambios a contemplar en el entorno de la red. Por ejemplo, en el caso de percibir cambios en el estado de la conexión (por ejemplo, desconexión durante la ejecución de un programa), el servidor comprueba periódicamente el estado de la conexión con el cliente y mantiene información acerca de la ejecución de ciertas tareas. Cuando la conexión se recupera, el servidor enviará los resultados de la ejecución al cliente. Si el servidor no puede volver a conectarse con el cliente, espera a que el intervalo de tiempo pre-definido se cumpla y el resultado de la ejecución de las tareas será eliminado. Otros enfoques presentan un sistema para dividir una aplicación en entornos dinámicos. El sistema propuesto sigue tres etapas con diferentes requisitos relacionados con la estructuración de la aplicación, las opciones de partición, y la seguridad. En la etapa de estructuración de la aplicación, los programas son estructurados para que su ejecución sea transparente y dinámica entre el dispositivo móvil y la nube. Para lograr esto, el cliente y la nube deben tener todas las partes de la aplicación, y ésta decide qué módulos se ejecutan en el cliente y cuales en el servidor dinámicamente en un tiempo de ejecución.
- 4) **Seguridad:** la protección de la privacidad del usuario, sus datos del peligro de aplicaciones intrusivas es la clave para establecer y mantener la confianza de los consumidores en las plataformas móviles. La seguridad relacionada al MCC establece dos categorías: la seguridad para los usuarios móviles y la seguridad sobre los datos.
- a) **Seguridad para usuarios móviles:** Los dispositivos móviles como teléfonos celulares, PDA, smartphones están expuestos a numerosas amenazas de seguridad como los códigos maliciosos (por ejemplo, virus, gusanos, y troyanos). Además, los teléfonos móviles se integran con sistemas de posicionamiento global (GPS), que pueden causar problemas de privacidad para los usuarios.
 - b) **Seguridad para las aplicaciones móviles:** Si bien existe software de seguridad para dispositivos móviles, estos están limitados en su procesamiento y poder. En [14] se

presentan un método para llevar el procesamiento de detección de amenazas a la nube, el cual puede ser visto como un servicio en la nube para la detección de malware. La plataforma consta de un agente y componentes de servicios de red. El agente es un proceso ligero que se ejecuta en el dispositivo móvil, y su función es inspeccionar el archivo de actividades del sistema (es decir, es similar la función de un software antivirus). Si un archivo identificado no está disponible en la memoria caché de archivos analizados previamente, este archivo será enviado al servicio de la nube para su verificación. El segundo componente principal es un servicio que es responsable de la verificación de archivos, el cual determina si un archivo es malicioso o no. La ventaja de esta solución es la delegación de la responsabilidad de detección de virus en un servicio que permite el uso de múltiples motores antivirus de forma paralela en contenedores virtualizados. Este paradigma no sólo mejora la eficacia de la detección de malware, sino que también mejora la duración de la batería.

- 5) **Privacidad:** con las ventajas que poseen los dispositivos de posicionamiento (GPS), el número de usuarios móviles que utilizan los servicios basados en localización (LBS) se incrementa. Sin embargo, la LBS se enfrenta a un problema de privacidad cuando se proporciona información privada de los usuarios móviles, como su ubicación actual. Este problema se vuelve aún peor si un intruso obtiene información importante del usuario. Hay enfoques que presentan LTS (servidor seguro de localización) el cual recibe peticiones de los usuarios de telefonía móvil, y este reúne la información de ubicación en un área determinada y capas de la información llamada "región invisible" para ocultar la información del usuario. La "región invisible" es enviada al LBS, por lo tanto el LBS sólo sabe información general sobre los usuarios, y no puede identificarla.

Protección de datos en la nube: Aunque tanto los usuarios móviles y desarrolladores de aplicaciones se benefician con el almacenamiento de gran cantidad de datos / aplicaciones en la nube, se debe tener cuidado del trato con los datos / aplicaciones en términos de integridad, autenticación y derechos digitales. Las cuestiones relacionadas con los datos en MCC son las siguientes:

- **Integridad:** los usuarios de dispositivos móviles a menudo se preocupan por la integridad de sus datos en la nube. Hay distintos enfoques que consideran la problemática de integridad de datos además de la cuestión del consumo de energía en los dispositivos móviles. Este esquema consta de tres componentes principales: un cliente móvil, un servicio de almacenamiento en la nube, y un componente de terceros de confianza. El esquema se lleva a cabo en tres fases: la inicialización, la actualización y la verificación. En la primera fase, los archivos que necesitan ser enviados a la nube se le asignará un código de autenticación de mensaje. Estos códigos se almacenan localmente, mientras que los archivos se envían y almacenan en la nube. En la fase de actualización, por ejemplo cuando un usuario desea insertar los datos en el archivo, la nube envía el archivo al usuario. Al mismo tiempo, la nube también envía una solicitud de confianza cifrada al cliente para verificar el archivo comparándolo con el código de autenticación del mensaje. Si todo está debidamente autenticado, el usuario puede insertar / eliminar los datos. Finalmente, el cliente móvil puede solicitar la verificación de la integridad del archivo almacenados en la nube.
- **Autenticación:** Hay enfoques que presentan un método de autenticación que utiliza la computación en nube para proteger los datos en entornos móviles. Este esquema combina una plataforma y autenticación implícita para clientes móviles. La plataforma de autenticación en la nube esta basada en políticas que utilizan los estándares abiertos. Cuando un servidor web recibe una petición de un cliente de telefonía móvil, redirecciona la petición al servicio de usuarios autenticados integrado. El servicio recupera la política de la solicitud de acceso, extrae la información necesaria, y envía una consulta al servidor de usuarios autenticados integrado. El cual le aplica la regla de autenticación junto a la política y determina el resultado de la autenticación (si el cliente móvil se autentica con éxito) enviando el resultado de la autenticación de vuelta al servidor web.

- 6) **Mejora en la eficiencia de acceso a datos:** Con la cantidad creciente de servicios en la nube, la demanda de acceso a recursos de datos (por ejemplo, imágenes, archivos y documentos) aumenta. Como resultado, un método para hacer frente a los recursos de datos en la nube (es decir, almacenar, administrar y acceder) se convierte en un reto importante. Sin embargo, el manejo de los recursos de datos en la nube no es un problema fácil, debido al pobre ancho de banda, las consecuencias de la movilidad, y la limitación de la capacidad de los recursos de los dispositivos móviles.

Para los proveedores comerciales de almacenamiento en la nube (por ejemplo, Amazon S3), cada operación de I/O se ejecuta a un nivel de archivos en general, así que esto aumenta el costo de la comunicación de redes y servicios para usuarios móviles.

Hay autores que proponen un algoritmo en el que las operaciones de I/O se ejecutan a nivel de bloque. El algoritmo utiliza transacciones estructuradas de I/O para reducir al mínimo el número de operaciones de I/O a nivel de bloque.

- 7) **Servicios en la nube móvil sensibles al contexto:** es importante que el proveedor de servicios satisfaga a los usuarios móviles mediante el seguimiento de sus preferencias y el aprovisionamiento de servicios adecuados a cada uno de los usuarios.

Una gran cantidad de trabajos de investigación tratan de utilizar los contextos locales (por ejemplo, tipos de datos, estado de la red, entorno del dispositivo, y las preferencias del usuario) para mejorar la calidad de servicio (QoS). Hay enfoques que se basan en un modelo, llamado nubes de servicio móviles (CSM) que cuando un usuario móvil utiliza un servicio en la nube, la solicitud del usuario en primer lugar va a un gateway de servicio, el cual elige un proxy adecuado para cumplir con los requisitos (por ejemplo, el camino más corto y el menor tiempo de respuesta) y luego envía el resultado al usuario. En el caso de desconexión, el CSM establece un proxy transitorio para dispositivos móviles con el objetivo de controlar la trayectoria del servicio, y dar soporte a la reconfiguración dinámica (con el mínimo de interrupción). Las ventajas de este modelo es que aborda cuestiones de desconexión y puede mantener la calidad de servicio en un nivel aceptable.

En [15] se propone un módulo de middleware, llamado VOLARE, integrado en el dispositivo móvil, que monitorea 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 en simultáneo 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 hay 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, que 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.

6 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN MOBILE CLOUD COMPUTING

6.1 SMARTPHONE VIRTUALES

La investigación realizada sobre el llamado Virtual Smartphone [16] permite a los usuarios crear imágenes virtuales de teléfonos móviles en la nube y personalizar cada imagen para satisfacer diferentes necesidades. Los usuarios pueden fácil y libremente aprovechar el poder del data center mediante la instalación de las aplicaciones móviles deseadas de forma remota en una de estas imágenes. Debido a que las aplicaciones móviles son controladas de forma remota, no se ven limitadas por la capacidad de potencia de procesamiento, memoria y vida de la batería de un teléfono inteligente.

Los usuarios esperan que los teléfonos inteligentes ofrezcan una funcionalidad similar a la de la PC, lo cual requiere de un procesador más potente, mayor memoria y larga duración de la batería. Sin embargo, en la actualidad los equipos de los teléfonos inteligentes son todavía muy limitados y los desarrolladores de aplicaciones se ven obligados a tomar estas limitaciones en cuenta.

Una serie de proveedores de servicios como, Dropbox y ZumoDrive proporcionan servicios de almacenamiento remoto online para usuarios de teléfonos inteligentes en un intento de aliviar las limitaciones de almacenamiento en los smartphones.

La propuesta de Smartphone Virtuales permite a los usuarios crear imágenes virtuales de teléfonos móviles en la nube, proporcionando un entorno de cloud computing, así como también da la posibilidad de ejecutar las aplicaciones móviles de forma remota almacenadas en estas imágenes. La motivación principal es aprovechar el poder de la nube y liberar los recursos del smartphone, aunque también se podría contar con la posibilidad de instalarlas y ejecutarlas localmente.

La arquitectura está compuesta por:

- **Clientes de smartphone.**
- **Un front-end Server:** el cual admite solicitudes de los usuarios de teléfonos inteligentes a través de Internet y establece sesiones remotas para poder administrar las imágenes. Una vez que se establece una sesión remota, el usuario puede instalar y ejecutar aplicaciones móviles en una de estas imágenes en vez de hacerlo en su propio teléfono.
- **Una granja de virtual smartphone:** este componente es el más importante ya que contempla un ambiente de virtualización que alberga imágenes de teléfonos inteligentes virtuales.
- **Un management server:** se utiliza para gestionar las operaciones típicas de un servidor de administración incluyendo la creación de imágenes virtuales, solución de problemas, etc.
- **Un network file system (NFS):** es utilizada para el almacenamiento de archivos persistente de la misma manera que una tarjeta SD contiene los datos para el teléfono físico. Puesto que el NFS es fácilmente escalable, proporciona a cada imagen virtual almacenamiento ilimitado.

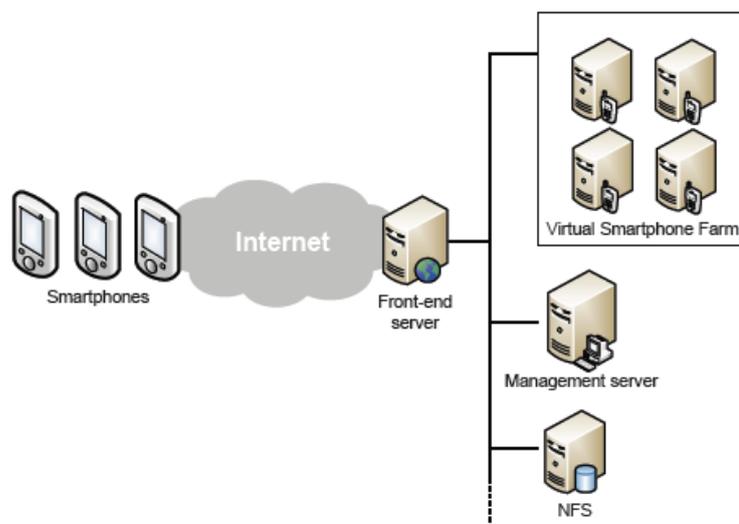


Figura 4 – Arquitectura de Smartphone virtual

Las pruebas realizadas se hicieron sobre:

SO Android debido a que no está atado al procesador ARM diseñado exclusivamente para dispositivos smartphone, sino que es portable a la plataforma x86 el cual está previsto originalmente para netbooks. Esto permite que cada imagen virtual Android-x86 aproveche la potencia del hardware del data center, con esto se evita tener que contar con un componente que realice la transformación (es decir, 86-a-ARM), ya que siempre introduce una sobrecarga muy grande y puede neutralizar las ventajas del rendimiento. También se optó por implementar la aplicación cliente en teléfonos Android.

El programa cliente permite a un usuario interactuar de forma remota y controlar la imagen Android-x86. También se implementó un controlador de sensores virtuales en la imagen Android-x86. Los teléfonos inteligentes más modernos están equipados con diversos sensores, tales como GPS,

acelerómetro y termómetros con lo cual el programa cliente puede transmitir información de sensores (aceleración, orientación, campo magnético, temperatura, etc.).

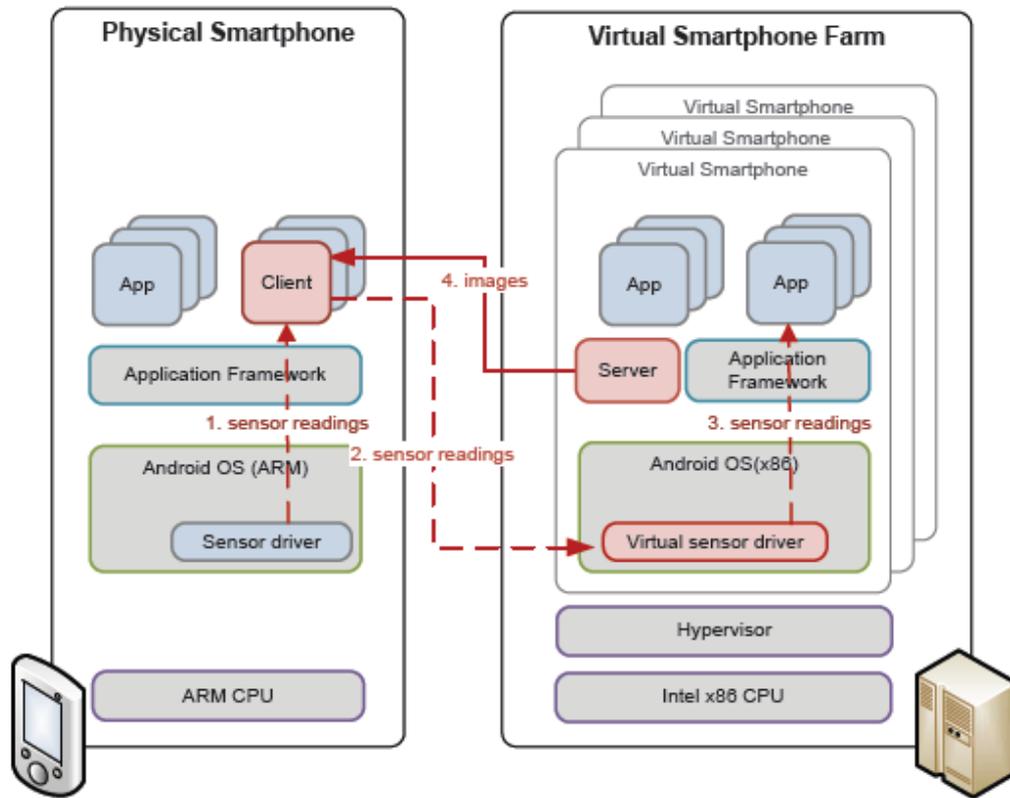


Figura 5 - Prototipo de implementación de Smartphone virtual

Este sistema permite que las aplicaciones que se ejecutan en la nube parezcan aplicaciones locales en el dispositivo físico, con funciones como copiar y pegar, accesos directos a aplicaciones remotas, etc. También permite a los usuarios personalizar cada imagen para cumplir con las diferentes necesidades.

Los siguientes son algunos ejemplos de cómo el sistema puede ser utilizado:

A. Sandbox remoto

Como los teléfonos inteligentes comienzan a sustituir a los ordenadores portátiles en algunas ocasiones, poco a poco se convertirá en un blanco atractivo para los hackers. Las amenazas de seguridad que antes se consideraban cuestiones propias de PC poco a poco cruzaran la línea y se convertirán en problemas graves para los usuarios móviles.

Con el uso de este sistema los programas no residen en el dispositivo físico y por lo tanto minimizan los riesgos de malware. En caso que una imagen se encuentre infectada, el usuario puede revertir la imagen a su estado anterior.

B. Prevención de fuga de datos

Un reciente estudio llevado a cabo por Cisco indicó que la pérdida de dispositivos portátiles es una de las 10 razones principales de fuga de datos. Este sistema también se puede utilizar como una solución viable contra la pérdida de datos si los datos se almacenan en el data center y es accedido sólo a través de un teléfono inteligente. Debido a que los datos reales nunca salen del centro de datos, esto lo hace seguro y previene la fuga de datos.

C. Aprovechar el rendimiento

El hecho de que Android utiliza el mismo framework Java en ambos procesadores x86 y ARM ofrece la portabilidad de las aplicaciones entre estas plataformas. Con lo cual se puede aumentar el rendimiento de las aplicaciones Android mediante su ejecución sobre plataformas x86 con los amplios recursos del cloud computing. Una prueba determinó que al utilizarse un teléfono Android para controlar de forma remota una aplicación de visualización de PDF en la nube, el tiempo de respuesta es de menos de 1 segundo para un archivo de 10 MB mientras que con la aplicación local en el teléfono físico tarda 14 segundos en promedio.

D. Medidas de seguridad extremas

Este sistema permite considerar un modelo para garantizar la seguridad en el tráfico de datos entre los usuarios móviles y la web.

E. Otras posibilidades

El sistema se puede utilizar para albergar aquellas aplicaciones que se utilizan con menor frecuencia y liberar el espacio de almacenamiento en los teléfonos inteligentes, así como también ayudar a evitar la acumulación de archivos no deseados residuales de aplicaciones (las aplicaciones Android, a veces dejan archivos residuales, incluso después de que se hayan desinstalado). Los desarrolladores también pueden tomar la ventaja de los smartphones virtuales eliminando las restricciones de los smartphones físicos.

Evaluación de la plataforma

1. Poder de computo

Se realizaron pruebas instalando una aplicación sobre el teléfono Android local y sobre una imagen virtual. Si bien la aplicación realiza gráficos lleva su complejidad y ciertos requerimientos de procesamientos. El resultado de estas pruebas fue que la imagen remota virtual instalada en la nube supero a la instalada en el teléfono local Android drásticamente, donde la imagen virtual es por lo menos 14 veces más rápida en el trazado de líneas y 60 veces más rápido en la elaboración de cadenas. Este resultado demuestra que ésta plataforma es especialmente adecuada para aplicaciones que requieren cálculo intensivo y procesamiento que se ejecutan de forma remota en los teléfonos inteligentes virtual donde sólo los gráficos resultantes se transmiten al dispositivo físico ahorrándole carga de procesamiento.

2. Consumo de la batería

También se evaluó el uso/consumo de la batería mediante la ejecución de aplicaciones de computación intensiva en una imagen remota virtuales en lugar de en el smartphone física local. La prueba utilizó un teléfono inteligente para cambiar el tamaño de una imagen JPEG de 800x600 a 640x480 y luego ajustar la nitidez de dicha imagen. Se dejó que el smartphone realizara esta operación continuamente hasta que la batería se agote. Dado que la operación se realiza localmente no se genera tráfico de la red. En segundo lugar se probó la misma operación pero en una imagen remota en la nube que usamos en el anterior experimento. Mientras que el cálculo se realiza de forma remota se supervisó el tráfico de la red 3G y el consumo de la batería sobre el teléfono inteligente local.

Como resultado se muestra el siguiente grafico donde el eje X representa la vida útil de la batería mientras que eje Y representa el número de operaciones realizadas.

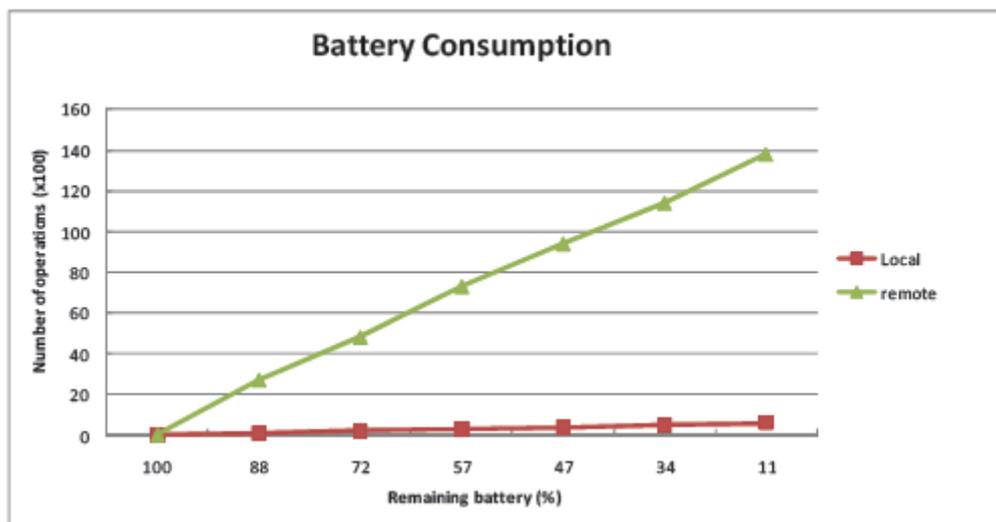


Figura 6 – Comparación del consumo de batería

Cuando llevamos a cabo la operación 100 veces a nivel local, la batería se reduce de 100% a 88%. Mientras que con la misma vida útil de batería, se puede realizar 2700 operaciones a pesar de utilizar la red 3G continuamente. Los resultados sugieren que la plataforma puede ser útil en la conservación de la batería del dispositivo móvil para aplicaciones de procesamiento intensivo en la nube.

Con estas pruebas se puede concluir que se le puede dar a los usuarios móviles recursos parecidos a una PC de escritorio mediante instancias en la nube o cloulets que representan teléfonos remotos virtuales que pueden ser accedidos mediante WLAN.

Cabe destacar que si bien existen problemas de seguridad a contemplar relacionado a la detección de malware, se pueden tomar medidas como control de acceso, firmas, etc. pero hay que considerar las limitaciones de la capacidad del hardware en los teléfonos inteligentes ya que estos mecanismos generan sobrecarga que se produce por la detección de malware que pueden obstaculizar la experiencia del usuario por el retraso en las respuestas del sistema y el incremento en el consumo de la batería. Sin embargo, estos métodos se pueden implementar en las imágenes virtuales para ayudar a los usuarios a mantener la seguridad y confianza en sus aplicaciones. Otro factor importante es que las aplicaciones móviles instaladas en la nube pueden acceder a la información capturada de sensores en los smartphone físicos.

6.2 NUBE UBICUA: ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS DE RECURSOS PARA LA COMPUTACIÓN UBICUA ADAPTATIVA

A fin de facilitar la gestión de los recursos ubicuos existen líneas de investigación que se menciona en [25] que definieron una plataforma llamada nube ubicua basada en el concepto de cloud computing dando soporte a la computación ubicua.

La nube ubicua es apropiada para la utilización de objetos ubicuos a nivel de infraestructura, plataformas y aplicaciones. Esta arquitectura consta de cuatro componentes claves: el registro de servicios de recursos, el buscador de recurso adaptativo, el gestor de contexto y el administrador de servicio.

Debido a los diversos recursos ubicuos disponibles en la Web, surgen diferentes necesidades esperadas de distintos clientes. Por ejemplo los programadores desarrollan pequeñas aplicaciones personalizadas que sólo requieren la utilización de sensores y dispositivos. Los desarrolladores y proveedores de aplicaciones adaptativas de gran escala pueden requerir entorno o herramientas más sofisticadas, ya sea para descubrir dinámicamente los servicios basados en información contextual.

Los usuarios finales pueden desear utilizar las aplicaciones adaptativas como servicios "a medida" sin importar los recursos que sean utilizados.

Basándose en el concepto de la cloud computing se propone una arquitectura de nube ubicua, para la gestión de recursos de aplicaciones y servicios ubicuos.

Los principales componentes de la nube son:

- 1) **Registro de recursos:** situado en la capa IaaS, lo que proporciona una infraestructura posibilitando que los recursos ubicuos estén disponibles como servicios web atómicos.
- 2) **Buscador de recursos adaptativos:** situado en la capa PaaS, este componente trata de encontrar las operaciones de servicio "óptimas" para el usuario y ambiente basados en los requisitos dados así como en el contexto ambiental del usuario.
- 3) **Gestor de contexto:** situado en la capa de PaaS, reúne diversa información contextual del mundo real usando los servicios de sensores.
- 4) **Administrador de servicio:** situado en la capa de SaaS, expone y ejecuta las aplicaciones adaptativas publicadas como servicios personalizados para los usuarios finales.

A. Red ubicua orientada a servicios

Se asume una futura red ubicua, donde cada objeto se implementa como un servicio SOA. Varios tipos de dispositivos ubicuos son abstraídos como recursos de servicios independientes de la plataforma, definida mediante la descripción de interfaz estándar (por ejemplo, WSDL) y protocolos de acceso (por ejemplo, REST, SOAP). Los típicos recursos de servicio incluyen gestionar los electrodomésticos de la casa (como televisores, DVDs, aire acondicionado, luces, etc.), los sensores, los automóviles, las interfaces de usuario (como monitores, micrófonos), teléfonos, PDAs, etc. Un recurso de servicio proporciona un conjunto de operaciones de servicios, donde cada una implementa un comportamiento funcional de dicho recurso. La integración de las operaciones de servicio de diferentes recursos posibilita servicios de valor agregado compuestos. Por ejemplo, la orquestación de un televisor, un DVD, una cortina, luces y altavoces implementa un servicio de DVD theatre, donde un usuario puede ver películas en un ambiente como en el cine pero desde su casa.

B. Servicios ubicuos adaptativos

Dentro de la red ubicua orientada a servicios, se define un servicio ubicuo adaptativo como un servicio compuesto que puede adaptar su comportamiento de forma dinámica a las necesidades del usuario y las variaciones del contexto. Un ejemplo sencillo es un mensaje de "servicio de entrega de mensaje adaptativo", donde existe un determinado mensaje y la dirección del receptor. El servicio elige el medio de transporte adecuado para entregar el mensaje (por ejemplo, chat, e-mail, teléfono, voz de los altavoces, subtítulos de la TV, etc.), de acuerdo al estado del receptor. Otro ejemplo es un "servicios de reubicación de ambiente", que guarda el estado ambiental de una habitación y lo restaura en otra habitación de acuerdo a como se mueva el usuario. Uno de los desafíos más importantes en el desarrollo de servicios adaptativos es cómo encontrar y utilizar los recursos de los servicios que se adapten a las necesidades y el contexto. Este es el punto que los diferencia de los servicios convencionales, donde todos los recursos de los servicios se determinan estáticamente en tiempo de diseño.

La nube ubicua

La nube ubicua presta servicios que ayudan a gestionar los recursos de servicios en redes ubicuas orientadas a los servicios.

1. Las partes interesadas

Se supone que en el futuro, las redes ubicuas orientadas a servicios serán utilizadas por distintos tipos de actores. Por lo tanto, la nube debe estar diseñada de manera que permita la gestión de recursos en diferentes niveles de abstracción, donde algunos roles pueden ser:

- proveedores de recursos ubicuos (URP): personas que deseen ofrecer sus propios recursos ubicuos en redes ubicuas orientadas a servicios.
- desarrolladores de aplicaciones a medida (CAD): personas que quieren desarrollar sus propias aplicaciones utilizando los recursos de los servicios ubicuos disponibles.
- desarrolladores de servicios adaptativos (ASD): personas que desarrollan servicios adaptativos utilizando los recursos de servicios que se ajusten a los requisitos y al contexto.

- usuarios finales (UE): personas que quieren utilizar los servicios adaptativos publicados o que cumplan sus necesidades.

2. Arquitectura

Para satisfacer a los stakeholders, la nube ubicua adopta una arquitectura de tres capas, correspondiente a la capa IaaS, PaaS y SaaS de las arquitecturas de cloud computing convencionales. La siguiente figura muestra dicha arquitectura.

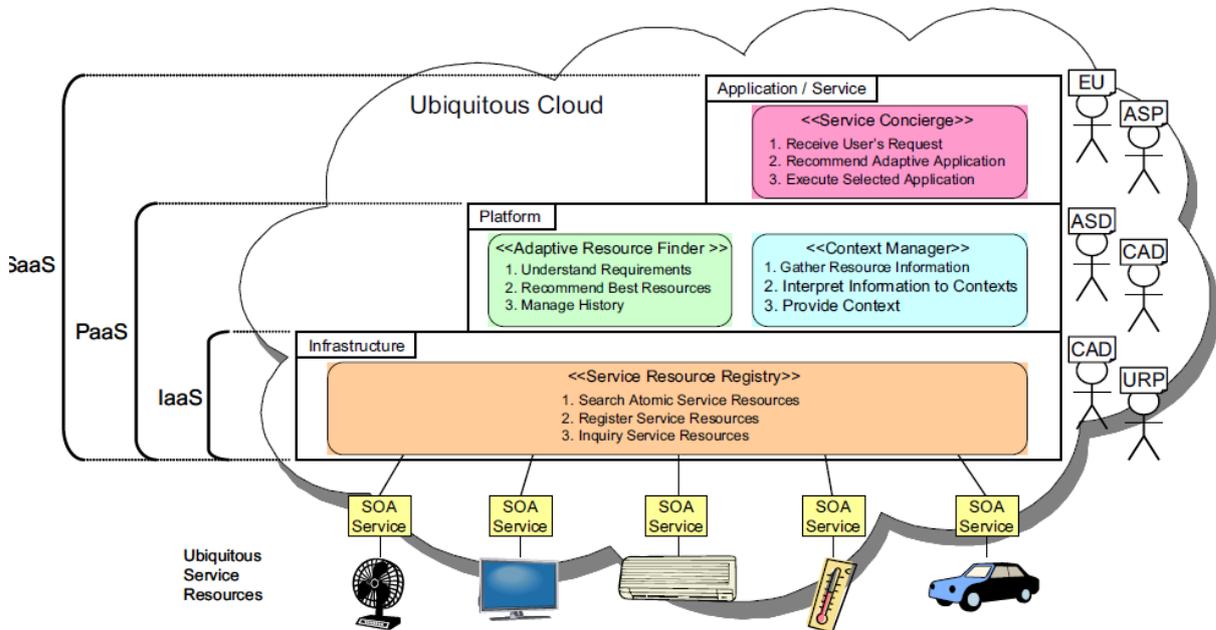


Figura 7 – Nube ubicua para servicios ubicuos adaptativos

- **Capa · Infraestructura:** disponibiliza los objetos ubicuos como recursos de servicio en la red. Esta capa es utilizada por usuario URP y CAD.
- **Capa · Plataforma:** proporciona a las plataformas de desarrollo facilidades para el desarrollo de servicios ubicuos adaptativos. Esta capa es utilizada por usuarios CAD y TEA.
- **Capa - aplicación / servicio:** proporciona muestras donde los servicios adaptativos son desplegados. Esta capa es utilizada por usuarios ASP y EU.

Dentro de estas tres capas de la arquitectura se encuentran los siguientes cuatro componentes clave:

- Registro de recursos de servicio:** situado en la capa de infraestructura, este componente almacena los metadatos que explican los recursos de servicio que están registrados además de permitir identificar los recursos de servicios y operaciones por varios atributos: la clase de dispositivo, tipo de operación, ubicación física, el propósito, los usuarios, etc. Una tecnología similar es el UDDI, con la diferencia que éste se centra en los servicios web y empresariales únicamente del mundo TI, mientras que el objetivo del registro de recursos de servicio son los objetos ubicuos físicos del mundo real interconectándose con el mundo IT.
- Buscador de recursos adaptativos:** situado en la capa de plataforma, el buscador permite obtener las operaciones de servicio que cumplen con los requisitos que se indican así como con el contexto actual, generando como resultado un query para el registro de recursos de servicio.
- Gestor de Contexto:** situado en la capa de plataforma recoge información del contexto del mundo real, utilizando sensores. La información obtenida se interpreta como contextos explícitos que caracterizan el estado del usuario, sus necesidades, gustos, situación ambiental, etc.
- Administrador de servicio:** situado en la capa de aplicación / servicio, ofrece muestras de aplicaciones y servicios desarrollados, asimismo, recomienda y ejecuta aplicaciones adaptativas como servicios.

3. Experimentos

Por un lado se tiene un living que contiene una luz de techo, un televisor de plasma, aire acondicionado y un purificador de aire, mientras que la habitación de estilo japonés, está equipada con una TV analógica, una lámpara de mesa, y un acondicionador de aire. Todos los aparatos están conectados a la red, y pueden ser utilizados como recursos de servicio SOA. El servicio de nube ubicua se utiliza para restablecer las condiciones de un ambiente o habitación cuando el usuario se traslada hacia alguna de ellas, dado que el servicio almacena el estado de cada artefacto, mediante información de contexto.

El uso de la nube ubicua aumenta la portabilidad y la escalabilidad de la aplicación, ya que si nuevos recursos de servicio se agregan, eliminan o modificados, la aplicación puede seguir trabajando sin ningún cambio. Además, aun cuando el número de recursos sea elevado, no es necesario de aplicaciones individuales para gestionar estos recursos localmente. Por otro lado este sistema tiene como desventaja que una caída de la nube ubicua conduce a la inutilización e indisponibilidad de todas las aplicaciones y servicios que dependen de ella. Con lo cual la fiabilidad de la nube debe ser garantizada.

6.3 MOBILE CLOUD COMPUTING: COMPARACIÓN DEL MODELO DE APLICACIÓN

Las aplicaciones móviles se integran perfectamente, con streaming de datos en tiempo real y aplicaciones Web 2.0, tales como mashups, aplicaciones colaborativas, redes sociales y comercio móvil. Las plataformas móviles están siendo utilizadas cada vez para más tareas, por ejemplo, para jugar juegos, capturar, editar, anotar y cargar vídeos, manejar las finanzas, manipular información de salud personal, realizar pagos, comprar entradas, interactuando con las infraestructuras de computación ubicua.

Incluso el hardware de dispositivos móviles y las redes móviles siguen evolucionando y mejorando ya que los recursos de los dispositivos móviles son escasos, menos seguros, con conectividad inestable, y con menos energía ya que son alimentados por batería. La pobreza en los recursos es un obstáculo importante para muchas aplicaciones.

Los dispositivos móviles pueden ser vistos como puntos de entrada y como la interfaz de los servicios online en la nube. El paradigma de la computación en nube es a menudo confundido como cualquier tipo de outsourcing de hosting. De acuerdo con el National Institute of Standards and Technology (NIST) cloud computing es un modelo que permite, acceso on demand a recursos informáticos que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un esfuerzo mínimo de gestión y administración.

La combinación de cloud computing, infraestructura de comunicación inalámbrica, dispositivos portátiles, servicios basados en localización, web móviles, etc., son conceptos donde se apoya la base del modelo de computación, llamado computación en la nube móvil, donde se les proporciona a los usuarios un acceso online a un mayor poder de computo y espacio de almacenamiento.

Tomando las características de la computación en nube pero en el terreno móvil en [20], se define que:

"Mobile cloud computing es un modelo para el aumento elástico y transparente de las capacidades de los dispositivo móvil a través del acceso inalámbrico ubicuo al almacenamiento en la nube y recursos informáticos, con ajuste dinámico de la sensibilidad al contexto". Por ejemplo, la plataforma OnLive ejecuta los videojuegos en la nube ofreciendo vídeo streaming para los clientes de escasos recursos en sus dispositivos sin interrumpir la experiencia de juego. Muchos otros ejemplos en los que la nube puede aumentar las capacidades de los dispositivos móviles se pueden prever, como por ejemplo, detección de virus, indexación de sistema de archivos móviles, aplicaciones de realidad aumentada, etc.

Mobile cloud computing tiene muchos obstáculos que superar, ya que si bien, existen herramientas de cloud computing frente a problemas específicos, tales como el procesamiento en paralelo de grandes volúmenes de datos, administración de máquinas virtuales flexibles (VM) o grandes almacenamientos de datos.

Situación actual en aplicaciones móviles

A. Aplicaciones desconectadas

La mayoría de las aplicaciones disponibles para los dispositivos móviles modernos entran dentro de la categoría de aplicaciones desconectadas. Estas actúan como clientes pesados ya que el procesamiento de la capa de presentación y lógica de negocio se produce a nivel local en el dispositivo móvil.

También en estas aplicaciones existe una sincronización periódica con el back-end para obtener datos que se almacenan también en el dispositivo. Por lo tanto un cliente pesado es una aplicación de red con la mayoría de los recursos disponibles localmente, en lugar de distribuirse en la red como es el caso de un cliente ligero.

Las aplicaciones offline, también denominadas aplicaciones nativas, ofrecen:

- buena integración con la funcionalidad del dispositivo y el acceso a sus características.
- rendimiento optimizado para el hardware específico y multitarea.
- capacidades siempre disponibles, incluso sin conexión a la red.

Por otro lado, las aplicaciones nativas tienen ciertas desventajas como ser:

- no son portables a otras plataformas.
- código complejo.
- aumento del time to market.
- es necesario que los desarrolladores aprendan nuevos lenguajes de programación.

B. Las aplicaciones online

Una aplicación online asume que la conexión entre dispositivos móviles y sistemas de back-end está disponible la mayoría del tiempo. Los teléfonos inteligentes son populares debido a la potencia y utilidad de sus aplicaciones, pero hay problemas como las aplicaciones multi-plataforma. Estas cuestiones pueden ser superadas con la ayuda de las tecnologías Web, donde las aplicaciones basadas en la tecnología Web son más poderosas que las nativas.

Las aplicaciones web móviles son:

- multi-plataforma.
- directamente accesibles desde cualquier lugar.
- el conocimiento de tecnologías Web está muy extendido entre los desarrolladores, reduciendo de esta forma la curva de aprendizaje necesaria para empezar a crear aplicaciones móviles.

Sin embargo, las aplicaciones Web móviles tienen desventajas:

- la latencia de la aplicación depende del tiempo real de respuesta (hasta 30 milisegundos de latencia afecta al rendimiento interactivo).
- algunas no tienen acceso a las funciones del dispositivo, tales como la cámara o los sensores de movimiento.
- dificultades en el manejo de escenarios complejos que requieren mantenimiento de sesión durante un período largo de tiempo.

Modelo de aplicaciones para mobile cloud computing

1. Ejecución Aumentada

La ejecución aumentada como se ampliará más adelante y se referencia en [17] se refiere a una técnica utilizada para superar las limitaciones de los teléfonos inteligentes en términos de poder de cálculo, memoria y batería. Se propone una arquitectura que mantiene una imagen similar al SO del teléfono móvil en la nube, donde la ejecución de las aplicaciones se realiza en dicha imagen mientras que el resultado de la ejecución es lo que se integra al teléfono. Por lo tanto, provee la ilusión de que el usuario móvil tiene un dispositivo más poderoso y con muchas más características. Crear una imagen virtual del dispositivo en la nube está sujeto a políticas de costo de acuerdo al nivel de optimización del tiempo de ejecución, el consumo de energía, almacenamiento y la seguridad.

Un enfoque similar es la utilización de tecnologías de máquina virtual (VM) ejecutando el software de dispositivos móviles presentado por Satyanarayanan [9]. En esta arquitectura, un usuario móvil explota los recursos de las máquinas virtuales para crear una instancia de software personalizado con rapidez en una nube cercana (cloudlet) y propia utilizando el servicio a través de

WLAN. Cloudlet es un conjunto de recursos potentes y confiables, o un cluster de ordenadores bien conectado a Internet y disponibles para ser usados por dispositivos móviles cercanos. Como resultado, la capacidad de respuesta e interactividad en el dispositivo se incrementan debido a la baja latencia, o sea pocos saltos en la red. El cliente móvil actúa como cliente ligero, ya que todo el poder de cálculos ocurre en los cloudlets. Este enfoque se basa en la técnica llamada síntesis de VM dinámica.

2. Aplicaciones modulares elásticas

Las aplicaciones que se ejecutan en entornos cambiantes heterogéneos como las nubes móviles requieren de particionamiento dinámico en sus aplicaciones y la ejecución remota de algunos de sus componentes en la infraestructura de la nube, mejorando de esta forma el desempeño de la aplicación.

En [19] se presenta un middleware de aplicaciones que puede distribuir automáticamente las diferentes capas de una aplicación entre el dispositivo y el servidor, mientras se optimizan varios parámetros como la latencia, la transferencia de datos, costos, etc. El core de este enfoque es un gestor de módulos distribuidos que automática y dinámicamente determina cuándo y qué módulos de aplicación deben ser descargados, a fin de lograr el rendimiento óptimo o el costo mínimo.

Para lograr esto se usa el framework AlfredO quien lleva a cabo la distribución de los módulos de la aplicación entre el teléfono móvil y el servidor. AlfredO permite a los desarrolladores descomponer y separar la presentación y la lógica de negocio en diferentes capas de la aplicación, mientras que la capa de datos siempre permanece en el lado del servidor. El requisito mínimo es que la GUI de la aplicación se ejecute en el cliente.

Por otra parte, en otras investigaciones se mostraron conceptos de elasticidad de aplicaciones. La elasticidad en el software se puede observar como la capacidad para adquirir y liberar recursos on demand. Los módulos son unidades de encapsulamiento y unidades de implementación que componen la aplicación distribuida. La ejecución de la plataforma de gestión de módulos oculta la mayor parte de la complejidad del despliegue distribuido, la ejecución y el mantenimiento.

Del mismo modo, como se menciona en [4], y se ampliara más adelante, MAUI es un sistema que permite hacer offloading de grano fino del código móvil a la infraestructura de la nube. El objetivo de MAUI es maximizar la vida útil de la batería del dispositivo con el offloading de código. Los desarrolladores utilizan anotaciones en la programación de los métodos para indicar si los mismos pueden ser ejecutados remotamente.

Por otro lado hay enfoques que desarrollaron un framework para la partición de una aplicación en componentes elásticos con configuración dinámica de ejecución. Los componentes, llamado Weblets, son independientes de la plataforma y pueden ser ejecutados transparentemente en diferentes infraestructuras informáticas, incluyendo dispositivos móviles o IaaS (Infrastructure as a Service) como proveedores de infraestructura en la nube como por ejemplo Amazon EC2 y S3. La aplicación se divide en Weblets, los cuales son entidades funcionales de software autónomas que se ejecutan en el dispositivo o en la nube, delegando a ésta tareas de procesamiento, almacenamiento y conectividad. Una ventaja de los weblets es que no están vinculados a un determinado lenguaje de programación o especificación, lo que permite una más amplia gama de aplicaciones.

3. Aplicaciones móviles

La movilidad de las aplicaciones es el acto de mover la aplicación entre diferentes hosts durante su ejecución. Básicamente, la movilidad de la aplicación es la migración del estado de ejecución de la aplicación de un dispositivo a otro para que el usuario tenga acceso inmediato.

El proceso de migración es una capacidad del sistema operativo que permite pausar la ejecución de un proceso y trasladarlo a otra máquina.

Satyanarayanan en su investigación utiliza un mecanismo llamado Internet Suspend / Reanudar (ISR), lo que permite lógicamente suspender una máquina en un sitio de Internet, navegar a otro sitio, y luego retomar el trabajo en otro máquina. ISR se implementa sobre la parte superior de la virtual machine y el file system distribuido. Cada VM encapsula las distintas ejecuciones y el estado personalizado del usuario y el file system distribuido transporta dicho estado.

Sin embargo, un inconveniente es que la migración de una máquina virtual completa consume más tiempo y ancho de banda que la migración de una determinada aplicación. Otro inconveniente es que esto sólo funciona en un tipo de plataforma, de lo contrario la latencia es demasiado alta.

4. Nube móvil

El cloud computing representa un grupo de dispositivos móviles que sirven como proveedores de cloud computing mediante la exposición de sus recursos de computación para otros dispositivos móviles. Esto permite la creación de comunidades en las que los usuarios pueden ejecutar tareas en colaboración compartida.

Hay enfoques que presentan un framework para crear proveedores de cloud computing móvil virtual. Este framework imita a un proveedor de cloud tradicional usando dispositivos móviles cercanos. El enfoque propuesto permite evitar la conexión con los proveedores de cloud, mientras que aporta los beneficios de la baja de carga de cómputo. Sin embargo, requiere el soporte de la interacción de red espontánea para el descubrimiento y selección de los dispositivos móviles (peer). Se utiliza Hadoop en el dispositivo móvil para distribuir las tareas de procesamiento y almacenamiento y la comunicación se basa en Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP).

5. Hitos a resolver

Para lograr este modelo de aplicaciones móviles en la nube y como ya se menciona anteriormente, existen muchos desafíos en diferentes áreas, incluyendo la replicación y la consistencia de datos, gestión de transacciones, gestión de la caché, gestión del ciclo de vida de módulos elástico junto a su comunicación y sincronización de estado. El middleware debe proporcionar una infraestructura para la ejecución de aplicaciones elásticas perfecta y transparentemente ofreciendo soporte para el desarrollo de aplicaciones.

6. Abstracción de la programación

Las nuevas herramientas de programación deberán ocultar la complejidad de las tecnologías que se utiliza en la infraestructura de la nube. Estas herramientas deben elevar el nivel de abstracción para el desarrollo de aplicaciones. Los módulos de software desarrollados deberían ser optimizados para poder ejecutarse en diferente hardware de dispositivos móviles.

Por otra parte, las herramientas de programación necesitan dar soporte a la escalabilidad y generación de código en la nube, de forma similar a MapReduce mencionado en [21], un framework para ejecutar procesamiento batch en miles de máquinas.

Por otra parte, un ejemplo donde la complejidad puede ser ocultada por el middleware donde se propone una arquitectura que habilita el modo online, offline y mixta de ejecución de operaciones para aplicaciones móviles con acceso unificado a la lógica de negocio. La arquitectura se basa en estándares abiertos que pueden integrarse con otras plataformas, y ser extendida con otros módulos débilmente acoplados. El framework permite fácilmente construir y adaptar aplicaciones móviles que se ejecutan en un determinado modo en función del escenario y necesidad del usuario. Diferentes tipos de aplicaciones se pueden construir o adaptar sin cambios en la arquitectura, aunque tiene como limitación que requiere la reconstrucción de la aplicación.

7. Modelo de costos

Los parámetros a considerar en la interacción entre la nube móvil y los dispositivos móviles pueden incluir el tiempo de ejecución de los módulos de la aplicación, el consumo de recursos, el nivel de la batería, costos monetarios, la seguridad o el ancho de banda de la red. Un aspecto clave es el tiempo de espera del usuario desde que solicita una acción hasta que la aplicación responde. El tiempo de espera del usuario es importante para decidir si el procesamiento se realiza a nivel local o de forma remota.

8. Integración en la nube

El almacenamiento en la nube es la representación más obvia del cloud computing en aplicaciones móviles. En este contexto surgen cuestiones como la optimización del tamaño de transferencia de datos y la persistencia de datos versus la disponibilidad de datos.

La transferencia de datos se refiere a la optimización del tamaño de datos para transferir en una única transacción. La estrategia de transferencia de datos ideal debe tener un grado de parametrización para manejar la intensidad del tamaño de fragmentos de subida y bajada relativo al ancho de banda de red, ya que el ancho de banda es muy variable en aplicaciones móviles.

El cacheo se puede utilizar, pero en bases de datos distribuidas requiere un esfuerzo adicional, como la validación de coherencia. Así como los browsers avanzados son la clave para la computación en nube móvil.

6.4 RETOS DE SEGURIDAD EN LA INTERFAZ ENTRE EL CLOUD Y LOS SISTEMAS PERVASIVOS

La computación en nube representa una oportunidad para los sistemas pervasivos con motivo de aprovechar los recursos computacionales y de almacenamiento para realizar tareas que normalmente no sería posible en tales dispositivos con recursos limitados. La computación en nube puede permitir a los diseñadores de hardware construir sistemas más ligeros y de mayor duración y que sean móviles. A pesar de las ventajas que ofrece la computación en la nube, existen algunas limitaciones que deben ser abordadas ya que los sistemas pervasivos basados en la nube deben ser seguros.

El dispositivo móvil del usuario, no siempre puede contar con acceso a la red para aprovechar los recursos de la nube, por lo que debe tomar decisiones inteligentes sobre qué datos se deben almacenar localmente y qué procesos se deben ejecutar a nivel local. Como resultado de estas decisiones, el usuario se convierte en vulnerable a ataques informáticos mientras opera con la nube.

En los últimos años se realizaron investigaciones importantes que se han centrado tanto en cloud computing como en computación ubicua, aunque no siempre se ha examinado la combinación de estas dos ideas. Desde la perspectiva de la computación ubicua la nube ofrece una oportunidad para llevar a cabo un gran poder de procesamiento y almacenamiento de datos a gran escala sin introducir una carga importante en los dispositivos.

El uso de la nube puede permitir a los diseñadores de hardware crear dispositivos más compactos ya que necesitara menos hardware para procesamiento como para almacenamiento. Además, se puede ampliar la duración de la batería de los dispositivos móviles mediante el offloading de gran parte de la lógica utilizada por las aplicaciones, como se menciona en [1], [4].

Se puede considerar el siguiente escenario: donde se utiliza el servicio de la nube para ejecutar muchas aplicaciones, sirviendo también como almacenamiento. Esto permite trabajar desde cualquier lugar sin tener que gestionar la ubicación de la aplicación o preocuparse por si el sistema tiene la capacidad para ejecutar las aplicaciones. La desventaja de este sistema es que requiere tener casi constante conectividad a la red y como resultado la batería del dispositivo se puede agotar más rápidamente, además de considerar que hay muchas veces que no se tiene conectividad de red.

Consecuentemente, estos tipos de sistemas heredan las vulnerabilidades y restricciones de los sistemas pervasivos y sistema en la nube. Ninguno de los enfoques tradicionales de seguridad en la nube y sistemas pervasivos por si solos son suficientes.

Las aproximaciones sobre seguridad basadas en la nube normalmente establecen una relación de confianza entre máquinas. Sin embargo con los elementos de computación ubicua, los mecanismos de seguridad deben adaptarse para manejar los recursos limitados y baja latencia de los dispositivos.

Ventajas del cloud computing para sistemas pervasivos

1. Clientes delgados

Los clientes delgados siempre han sido utilizados en el diseño de sistemas pervasivos, pero la desventaja es que estos dispositivos poseen recursos limitados y muy rara vez puede realizar tareas complejas. Los servicios de la nube pueden permitir a estos clientes ligeros operar en la nube con lo que los dispositivos móviles parecen tener más poder de procesamiento. La nube también puede actuar como una interfaz entre el usuario y el resto de la Internet, donde los datos que el usuario solicita podrían ser procesados en la nube y presentados al usuario de una manera que requiere un esfuerzo mínimo para el cliente ligero.

2. Gestión de Datos

Muchas investigaciones se han orientado en la gestión de datos, la obtención previa, el almacenamiento en caché, la consistencia, y transferencia de datos en los sistemas pervasivos. Con la nube interactuando con estos sistemas pervasivos actuando como fuente confiable de almacenamiento, el sistema pervasivo puede evitar la carga de la gestión activa de datos proporcionando disponibilidad y confianza en los servicios de la nube para efectuar dicho trabajo.

3. El aislamiento entre sistemas

En un entorno rico en tecnología, que consiste en tecnología pervasiva, los usuarios pueden utilizar múltiples sistemas. Estos sistemas podrían aprovechar la nube para eliminar el aislamiento entre ellos.

Los servicios pervasivos que se trasladan a la nube pueden ser utilizados por cualquier sistema y la información tal como información de contexto del usuario puede ser compartida a través del almacenamiento en la nube.

4. Riesgos de seguridad

En relación a las vulnerabilidades en los sistemas pervasivos en la nube, dichas vulnerabilidades existen en la nube en sí misma, durante la migración hacia y desde la nube, y en el procesamiento y almacenamiento en el sistema pervasivo. En términos de seguridad se proponen enfoques que implica el uso de contenedores de confianza, autenticación, gestión de sesiones seguras, registro / auditoría, autorización y control de acceso.

5. Privacidad en la nube

Las amenazas más comunes incluyen la privacidad de la información almacenada en la nube, la ejecución de código malicioso, y la disponibilidad de información almacenada.

En cuanto a la privacidad de la información almacenada en la nube el cifrado es una posible solución para que las aplicaciones en la nube puedan utilizar los datos deben tener una versión descriptada disponible. Como resultado, el proveedor de la nube controla la clave para encriptar los datos almacenados en la nube.

Otra solución a tener en cuenta es la adopción de la encriptación homomórfica, donde esta técnica permite a la nube realizar operaciones sobre los datos sin tener que estar viendo lo que está contenido en ellos, pero no hay que olvidar que las operaciones de cifrado implican un procesamiento intenso. Una estrategia a adoptar podría ser cifrar sólo algunos datos específicos evitando ataques sobre estos datos críticos.

Se debe tener cuidado al momento de interactuar con sistemas pervasivos que se haga uso de datos de contexto para tomar decisiones, donde puede producirse posibles violaciones de la privacidad en la nube. Un ejemplo de esto es que un sistema pervasivo de entretenimiento de una persona que esta aislado de un sistema pervasivo de salud, utilice la nube para vincularse a través de la información almacenada y que la confidencialidad de la información evite que pueda ser filtrada por un atacante.

Otra de las cuestiones que puedan surgir es la ejecución de código en la nube. La funcionalidad y la seguridad del software operativo pueden ponerse en peligro en cualquier momento, donde se puede insertar contenidos maliciosos durante el desarrollo, acceso a información privilegiada durante el mantenimiento, etc. Como resultado, el software debe ser revalidado continuamente para mantener la garantía de su validez. El problema se agrava en la transmisión de archivos ejecutables que rápidamente pueden distribuir acciones maliciosas. Una alternativa para suplir con esto es contar con un buen set de pruebas sobre los datos y comparar los resultados obtenidos contra los esperados detectando posibles irregularidades. Otra posibilidad es la utilización de técnicas para ofuscar el código.

6. Migración a sistemas pervasivos

Durante la migración de los datos de los sistemas pervasivos a la nube, los datos son susceptibles a ataques como: denegación de servicio de datos transmitidos sobre el canal, manipulación de datos (inserción, eliminación, modificación), y espionaje.

La manipulación de datos puede surgir durante la transferencia de datos hacia y desde la nube. Una solución simple es encriptar y/o firmar todos los datos que se transmiten de ida y vuelta, sin embargo el cifrado, incluso con clave simétrica cifrada, le añade una carga adicional a la CPU y consumo de energía de la batería. Estos efectos alargan la latencia de las aplicaciones, cuestión que reduce la experiencia del usuario de clientes livianos. Los problemas relacionados con el espionaje son muy similares al de la manipulación de datos y, en general, se puede abordar a través de soluciones basada en encriptación, sin embargo, incluso si los datos se cifran, cierta información aún se puede obtener como ser el tamaño y frecuencia de los paquetes de datos.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

7. Almacenamiento y ejecución de sistemas pervasivos

Los sistemas en la nube pueden proporcionar un beneficio adicional a los usuarios móviles a través de contenidos pre-distribuidos durante pocas horas. Los usuarios tienen una tendencia a cargar sus dispositivos móviles tales como teléfonos inteligentes y computadoras portátiles durante la noche y con la tendencia a una red eléctrica inteligente, esperamos que continuara haciéndolo dado el bajo costo de energía durante las horas no pico. Este hecho se puede aprovechar para pre-distribuir el contenido predictivamente a los usuarios móviles en lugar de realizar streaming desde la nube. Al pre-distribuir contenidos mientras los dispositivos móviles no está utilizando la energía de la batería, se puede ampliar la vida útil de la misma.

Por ejemplo, los ISP pueden proporcionar un servicio para la adquisición de datos que es comúnmente visitada por el usuario, tales como los sitios web de noticias de la mañana o música, e inyectarlos en el dispositivo móvil del usuario poco antes de que se despierte, algo parecido a lo mencionado por Icloud en secciones anteriores. Los usuarios de dispositivos móviles pueden contactar con los servicios en la nube del ISP cada vez que sus dispositivos estén conectados a una fuente de alimentación y de manera oportuna usar los servicios de la nube y adquisición de datos para extender la vida de la batería.

El malware ha afectado a gran cantidad de PCs de escritorio y portátiles, pero desde 2004, se ha comenzado a propagar en teléfonos inteligentes. El malware puede grabar datos y robar contraseñas, por lo que, obviamente, todas las claves de cifrado que puede ser utilizadas en la interacción entre la nube y los sistemas móviles están en riesgo si el malware ingresa en el sistema pervasivo móvil.

Enfoques tales como el uso de una clave por vez puede ser utilizado para reducir el riesgo, pero la mayoría de estos métodos van en contra de la visión de la computación ubicua.

6.5 EJECUTANDO VIDEOS ONLINE EN SMARTPHONES: UN ENFOQUE SENSIBLE AL CONTEXTO BASADO EN CLOUD COMPUTING

Los teléfonos inteligentes con acceso a Internet y reproducción de vídeo se han convertido en las plataformas comerciales de la actualidad. Si bien las aplicaciones de reproducción de vídeo on line son una de las aplicaciones más populares de los teléfonos inteligentes, todavía se enfrenta a algunos problemas. Los proveedores de servicios tienen que proporcionar los archivos de vídeo en diferentes formatos y asegurar cierta calidad para satisfacer las diversas necesidades de los consumidores. Desde la perspectiva de los consumidores, si es necesario uno o más códecs para abrir un archivo de vídeo que no esta disponible en el teléfono inteligente, no se podrá ver el vídeo o hará falta instalar el nuevo codec concluyendo a una mala experiencia de usuario. Para hacer frente a esta situación, se propone un enfoque sensible al contexto para la reproducción de video online basado en cloud computing.

La reproducción de vídeo on line es una aplicación que obtendrá más y más popularidad en los teléfonos inteligentes a medida que el ancho de banda de Internet sea más amplio. Sin embargo, el vídeo on line se enfrenta a algunos problemas.

En el servicio tradicional de vídeo on line, los proveedores de servicio despliegan sus propios data center para servir a los usuarios y para almacenar varios archivos de vídeo. Para garantizar la calidad del servicio tienen que adquirir más recursos para hacer frente a los picos de demanda. Estos recursos quedaran inactivos en horario normal, lo que resulta en el desperdicio de recursos y en una infraestructura inflexible. Además, los servicios se diseñan para dar soporte a las necesidades de los usuarios comunes y pocas características de los clientes se tienen en cuenta, y como resultado, los usuarios están obligados a utilizar ciertos códecs bajo ciertas condiciones con el fin de ver un video.

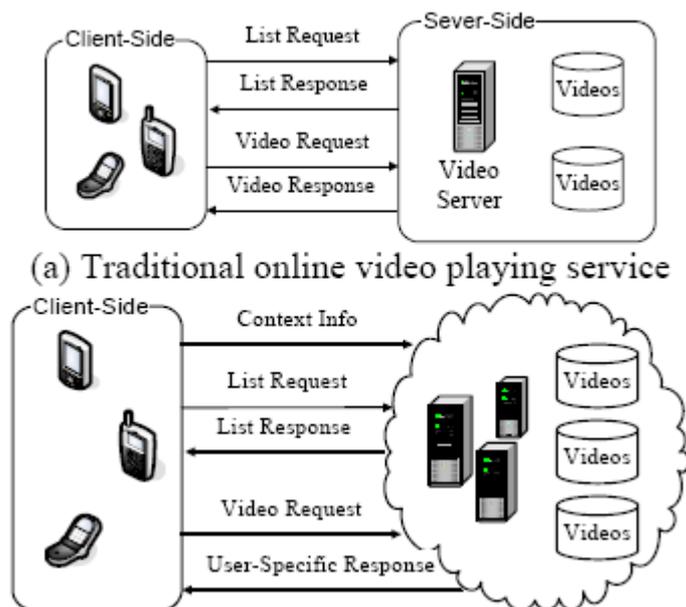


Figura 8 – Servicio de video online sensible al contexto basado en la nube

La propuesta de mejorar este servicio consiste: en primer lugar, se intercambia información del contexto entre clientes y proveedores de servicios. La información de contexto se refiere al tamaño de la pantalla, codecs instalados y ancho de banda disponible. Con dicha información de contexto los proveedores de servicios pueden adaptar sus servicios a las necesidades especiales de los usuarios. En segundo lugar, todos los servicios y videos del servidor se trasladan a la nube que cuenta con disponibilidad de recursos ilimitados, los cuales se pagan por el uso de dichos recursos. Con esto los proveedores de servicios ya no necesitan adquirir recursos adicionales para picos de demanda, ya que pueden extender los recursos de la nube cada vez que sea necesario, además de poder desarrollar más avanzados servicios o funciones de video, por ejemplo, recomendar películas relacionadas para el perfil de un determinado usuario que usualmente involucra gran cantidad recursos informáticos.

Según definiciones de información de contexto se entiende como "cualquier información que puede ser utilizada para caracterizar la situación de las entidades que se consideran relevantes para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluido el usuario y la propia aplicación". A partir de esta definición, no es factible definir un modelo de contexto genérico que abarca toda la información debido a la diversidad de las aplicaciones.

El modelo de contexto bajo esta aplicación es considerada como la tupla (Persona, Herramienta, Medio Ambiente, Historia), donde:

- **Persona:** describe un perfil de usuario en términos de preferencias, características personales y otras relaciones sociales
- **Herramienta:** este es el núcleo del modelo de contexto, el cual registra el software instalado en el smartphone, poniendo atención en los codecs disponibles y los navegadores Web utilizados.
- **Medio Ambiente:** mantiene la información como tamaño y resolución de pantalla, frecuencia de la CPU, ubicación del usuario y el ancho de banda disponible. Estos factores son críticos para determinar la calidad de reproducción del vídeo.
- **Historia:** registra la historia de los videos reproducidos por un determinado usuario. También es reservado para la recomendación de vídeos según el histórico y el perfil.

Bajo este modelo, mientras la información de la persona y las herramientas es relativamente fijo y rara vez cambia, la información sobre el medio ambiente, la ubicación del usuario y el ancho de banda disponible son muy dinámicos. En cuanto a la historia de reproducciones se puede conseguir directamente desde el servicio de la nube.

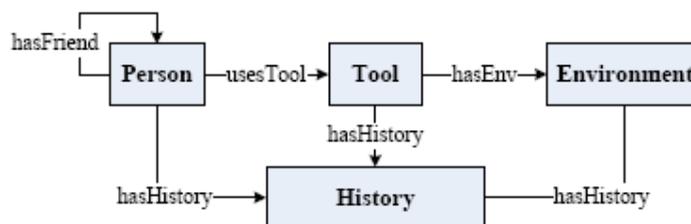


Figura 9 – Modelo de información de contexto

Para proteger la privacidad de los usuarios se les pide permiso para la recolección de información de contexto.

Diseño del servicio

El servicio en la nube a grandes rasgos contempla los servidores de datos para los archivos de vídeo, donde cada uno se divide en uno o más trozos de 32 MB. Para garantizar la disponibilidad de los datos y brindar confiabilidad, cada archivo tiene por lo menos tres copias.

Otro de los componentes implementa la gestión de usuarios, el contexto, metadatos de los vídeos, el cual mantiene información sobre un determinado vídeo como el título, la descripción del contenido, fotografía, etc. Por su parte, la gestión del contexto, como su nombre lo indica, se utiliza para mantener la información de contexto recibida de los clientes. Por otro lado otro de los componentes implementa un **Servidor Web** que actúa de front-end encargado de tramitar las solicitudes de los usuarios, y otras funciones donde se utiliza un **List Formatter** para adaptar la lista de vídeos (por ejemplo, el icono de cambiar el tamaño de vídeo y ajustar el texto que se muestra) de acuerdo con la información de contexto recogida. Por otra parte el **Video Converter** se utiliza para transformar vídeos de un formato a otro.

Debido a la escalabilidad inherente de la computación en nube, nuevas instancias del Servidor Web y Video Converter pueden ser generadas dinámicamente de acuerdo a la carga de trabajo, lo que garantiza la prestación del servicio y les da a los usuarios una mejor experiencia.

Los pasos para usar el servicio de reproducción de video en la nube sensible al contexto son los siguientes:

- Un usuario visita la página de inicio del reproductor de video on line (interactuando con el Front-End Web Server). Mientras tanto, la información de contexto es recogida y enviados al servidor y luego se almacena en uno de sus componentes.
- El usuario envía una solicitud para ver la lista de vídeos de una determinada categoría.
- El Servidor Web consulta al componente que almacena la información de contexto para obtener la lista completa, los formatos según el contexto, etc.
- El usuario navega a través de la lista y emite una solicitud para reproducir un determinado vídeo.
- El Servidor Web comprueba si el formato de video es compatible con el teléfono celular del usuario de acuerdo con la información de contexto recogida. En caso que no coincida el Video Converter es invocado para convertir a un formato deseado. Mientras tanto la información de contexto se utiliza para determinar la velocidad de bits, resolución y otros parámetros de los videos.

6.6 CLOUDLETS BASADOS EN VM EN CLOUD COMPUTING

Como ya mencionamos a lo largo de la monografía la computación móvil aumenta las capacidades cognitivas de los usuarios que utilizan las capacidades intensivas de computación tales como el reconocimiento de voz, procesamiento del lenguaje natural, gráficos, realidad aumentada, etc. mediante el cual los usuarios móviles adquieren mayor poder, pudiendo transformar muchas áreas de actividad humana. En esta investigación [9] se analizan los obstáculos técnicos para ésta transformación, y propone una nueva arquitectura para superarlos. En esta arquitectura, un usuario móvil explota la tecnología de la máquina virtual (VM) para instanciar rápidamente servicios de software personalizados sobre un cloudlet cercano, y luego utilizar estos servicios a través de una LAN inalámbrica.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

El dispositivo móvil normalmente funciona como un cliente ligero con respecto a los servicios. Un cloudlet es un método fiable, ricos en recursos informáticos o cluster de computadoras que está bien conectado a Internet y disponible para su uso por dispositivos móviles cercanos.

Hardware pobre en los dispositivos móviles

Desde hace tiempo se reconoce que el hardware móvil es escaso en recursos, donde las consideraciones de peso, tamaño, duración de la batería, ergonomía y disipación de calor desempeñan un rol importante así como también la velocidad del procesador, tamaño de la memoria y la capacidad del disco. Mientras que el hardware móvil sigue evolucionando y mejorando, siempre se consideraran escasos los recursos en relación con el hardware estático.

Muchas aplicaciones que tratan de aumentar la cognición humana (tales como el reconocimiento facial, reconocimiento de voz y traducción de idiomas) típicamente requieren procesamiento y energía que supera con creces las capacidades del hardware de los dispositivos móviles.

Limitaciones del cloud computing

Una solución obvia a la pobreza de recursos de los dispositivos móviles son los beneficios de la computación en la nube. Un dispositivo móvil podría ejecutar una aplicación de uso intensivo de recursos en un servidor remoto de alto rendimiento o un clúster y dar soporte a interacciones de usuario de clientes livianos a través de Internet. Desafortunadamente la latencia de la WAN es un obstáculo fundamental.

Costo de la latencia

El delay en la WAN relativo a la interacción del usuario puede dañar la usabilidad de la aplicación. Los seres humanos son muy sensibles al delay y es muy difícil de controlar a escala de WAN. Tareas de bajo acoplamiento, como un navegador web podría seguir utilizándose, pero tareas muy acopladas tales como la realidad aumentada se tornan bruscas o lentas.

Probabilidad de que la latencia de la WAN mejore

La evolución actual de Internet hace muy poco probable que mejore la latencia de la red WAN. Los principales objetivos de las redes, hoy en día, son las mejoras del ancho de banda, seguridad, eficiencia en el consumo de energía y capacidad de administración. A menudo, las técnicas utilizadas para estas mejoras dañan la latencia. Un ejemplo, es el uso de firewalls y redes superpuestas para lograr sus objetivos de seguridad al mismo tiempo que aumentan la longitud del camino recorrido y saltos de los paquetes de software. Aunque el ancho de banda continuará mejorando con el tiempo, la latencia es poco probable que mejore de forma extraordinaria.

Cómo puede ayudar un cloudlet

Podemos obtener los beneficios de la computación en la nube sin considerar los límites de la WAN. En lugar de confiar en una nube lejana, las limitaciones de recursos del dispositivo móvil pueden ser dirigidas mediante el uso de un cloudlet cercano y ricos en recursos. La necesidad de una respuesta en tiempo real interactiva pueden ser satisfecha con baja latencia, con pocos saltos y acceso a gran ancho de banda inalámbrica.

Las funciones del dispositivo móvil como cliente liviano, con todos los cálculos importantes ejecutándose en el cloudlet. La proximidad física de un cloudlet es esencial: el tiempo de respuesta de las aplicaciones que se ejecutan en el cloudlet tiene que ser rápido (unos pocos milisegundos) y predecible.

Si el cloudlet no esta disponible en forma cercana, el dispositivo móvil puede tomar un modo alternativo que implica una nube lejana, o en el peor de los casos, hacer uso de sus propios recursos. La funcionalidad completa y el rendimiento pueden retomarse más tarde, cuando un cloudlet cercano esté disponible nuevamente.

Los cloudlets están descentralizados y dispersos en la infraestructura de Internet, cuyos ciclos de computación y recursos de almacenamiento pueden ser aprovechados por la cercanía de dispositivos móviles. Un cloudlet puede ser visto como un "centro de datos en un box". Un cloudlet es auto-administrado y requieren poca potencia, conexión a Internet, y control de acceso. Esta simplicidad

corresponde a un modelo de aplicación y gestión de recursos informáticos que hace trivial de implementar en un local de café, tienda u oficina de un doctor.

Internamente un cloudlet puede ser visto como un cluster de computadoras multi-core, con conectividad interna del orden de gigabit y una red LAN inalámbrica de gran banda ancha.

Un cloudlet contiene entre sus componentes mas importantes copias de caché de datos o replica de código que está disponible en otros lugares. Cabe destacar que la pérdida o destrucción de un cloudlet no es catastrófico.

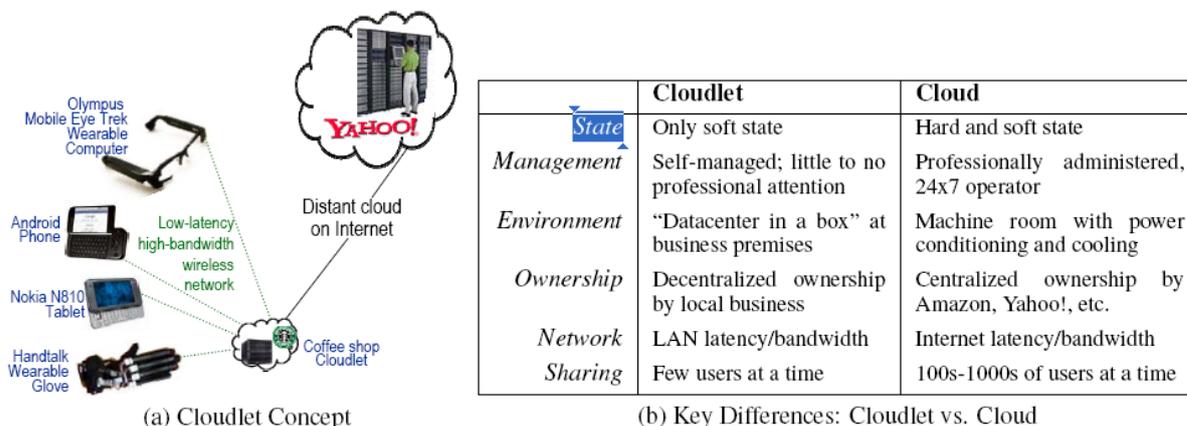


Figura 10 – Comparación entre cloudlet y cloud

Customización de cloudlet transitorios

Una solución es la personalización de la infraestructura transitoria del cloudlet utilizando la tecnología del hardware de la máquina virtual (VM).

El énfasis de la "transitoriedad" es importante: que se pueda personalizar antes de ser usada y que se limpie posterior a la utilización, con esto se asegura de que la infraestructura del cloudlet sea restaurada a su estado original después de que cada uno lo use, sin intervención manual.

Una VM limpia encapsula y separa el entorno guest transitorio del entorno permanente de la infraestructura del cloudlet. Esto asegura la longevidad del cloudlet y aumenta considerablemente las posibilidades de que un usuario móvil encuentre compatibilidad con los cloudlet en cualquier parte del mundo.

Existen dos enfoques diferentes para la entrega del estado de la infraestructura de la VM. Uno de ellos es un enfoque de migración de la VM en el que una máquina virtual lista para ejecutar es suspendida, su procesador, disco y estado de memoria son transferidos; por último, la ejecución de la VM se reanuda en el destino desde el punto exacto de la suspensión. La viabilidad básica de este enfoque ha sido confirmado por el concepto de Internet Suspend / Reanudar (ISR).

El otro enfoque se llama síntesis de VM dinámica. Una pequeña plantilla de la VM es entregada por un dispositivo móvil a la infraestructura del cloudlet que ya posee la máquina virtual base.

En una aplicación de traducción de idiomas, por ejemplo, el software de la VM en ejecución podría ser un servidor que recibe lo que un usuario habla desde un dispositivo móvil y realiza el reconocimiento de voz seguido de la traducción al idioma deseado retornando el resultado mediante voz.

En resumen la pobreza de recursos es una limitación fundamental que seriamente limita la clase de aplicaciones que se pueden ejecutar en el dispositivo móvil. Esta limitación no es sólo una limitación temporal de la tecnología actual, sino que es intrínseca a la movilidad. En esta visión, los usuarios móviles utilizan las computadoras cercanas para obtener los beneficios de los recursos del cloud computing sin incurrir en el delays de la red WAN. Más que apoyarse en una "nube" lejana, un usuario móvil instancia un "cloudlet" en la infraestructura cercana y lo utiliza a través de una red inalámbrica LAN. Las respuestas interactivas de las aplicaciones aumentan la cognición humana debido a que es mucho más fácil de obtener debido a la proximidad del cloudlet.

6.7 CLOUD COMPUTING PARA EL MUNDO MOVIL

Como se menciona en [23] la naturaleza de las aplicaciones en la nube es ventajosa para los usuarios, ya que no es necesario tener un hardware poderoso para ejecutar aplicaciones debido a que estas operaciones se ejecutan dentro de la computación en la nube.

Al mismo tiempo, los desarrolladores también toman ventajas de la MCC, siendo una de ellas el acceso a una amplia audiencia y amplia variedad de suscriptores móviles. Puesto que las aplicaciones en la nube son accesibles a través de un browser, el sistema operativo del usuario móvil no tiene ningún impacto en la aplicación. Junto con la gran cantidad de beneficios, hay una serie de cuestiones a abordar y problemas a resolver, tales como la dependencia de la continuidad de las conexiones de red, las aplicaciones de intercambio de datos, la colaboración y la seguridad.

Un ejemplo de arquitectura para aplicaciones móviles en el entorno de la nube es la plataforma llamada OpenMobster [22] que es una plataforma de código abierto para integrar aplicaciones móviles (o sea aplicaciones sobre el dispositivo) con servicios en la nube. Su objetivo es proporcionar la infraestructura para que el desarrollador de aplicaciones móviles construya de forma productiva aplicaciones que consumen la información que reside en la nube, así como también proporciona sincronización de datos estado/estado al estilo notificaciones push, permitiendo desarrollar de manera productiva aplicaciones móviles nativas a través de múltiples plataformas.

Entre los servicios típicos que necesita un cliente de la nube móvil son:

- **Sincronización:** este servicio sincroniza todos los cambios de estado realizados en el móvil o de sus aplicaciones hacia la nube.
- **Push:** gestiona las actualizaciones de estado y las envía como notificaciones desde los servidores de nube. Esto mejora la experiencia del usuario, ya que no requieren de la proactividad del usuario para la verificación de cambios en la información.
- **Aplicaciones offline:** este servicio posee capacidades de gestión para la coordinación inteligente entre los servicios de Sincronización y Push. Al momento en que el canal de datos se restablece, todas las sincronizaciones y notificaciones push se gestionan automáticamente.
- **Red:** este gestiona el canal de comunicación necesario para recibir notificaciones push desde la nube. Tiene la responsabilidad de establecer conexiones apropiadas de forma automática, así como también manipular protocolos de seguridad.
- **Base de datos:** gestiona el almacenamiento local de datos para las aplicaciones móviles. También debe ser compatible con el almacenamiento de las diversas aplicaciones móviles y velar por hilos seguros de acceso simultáneo a dicha información. Al igual que el servicio de red también es un servicio de bajo nivel.
- **Bus de interconexión de aplicaciones:** este servicio de bajo nivel proporciona coordinación / comunicación entre las aplicaciones instaladas en el dispositivo.

Retos de la MCC

Los siguientes factores son esenciales para establecer servicios en la nube aceptable:

- Partición de las funciones de la aplicación a través de la nube y el dispositivo móvil.
- Baja latencia de la red para obtener una respuesta más rápida.
- Alto ancho de banda de red para acelerar la transferencia de datos entre la nube y los dispositivos.

Ausencia de normas

Aunque el cloud computing es considerado un paradigma que tiene muchas ventajas incluyendo escalabilidad, reducción del TCO o costo total de propiedad, menor inversión y riesgo para el usuario y la automatización del sistema, no existe un estándar abierto aceptado para la computación en la nube. La portabilidad y la interoperabilidad también son impositivos entre diferentes proveedores de servicios de cloud computing, lo que obstaculiza un despliegue más amplio y rápido desarrollo de la computación en la nube.

Una posible solución propuesta por muchos investigadores de la industria y academias es el llamado Open Cloud Computing Federación (OCCF). El objetivo de este concepto es incorporar múltiples CCSP (Proveedor de Servicio de Cloud Computing) para proporcionar una interfaz uniforme de recursos para el usuario. También concentraría cuestiones de alta disponibilidad y operatividad en el caso que un CCSP se caiga ya que la aplicación podría migrar a otro CCSP con lo cual el cloud computing adquiriría mayor confiabilidad. También sería beneficioso que la aplicación se pueda desplegar sobre múltiples CCSPs.

Esquemas de acceso

El desafío más importante de la MCC es garantizar la conectividad inalámbrica, donde una posible solución es usar la información de contexto y la ubicación para optimizar el acceso móvil. Hoy en día, esto ya es utilizado por una amplia variedad de aplicaciones, en particular, servicios sensibles al contexto para terminales móviles. Estos servicios explotan los datos obtenidos de sensores del dispositivo (por ejemplo, GPS, giroscopio, detector de proximidad) o sensores de red a partir de mediciones del estado y carga de la red.

El despliegue de MCC utiliza la información de contexto, como la localización del dispositivo y el perfil del usuario, para optimizar la gestión local de acceso.

Seguridad

De acuerdo a temas de seguridad, en se propone una arquitectura que contiene tres componentes:

1. **Agente de Host:** Se trata de un proceso liviano que se ejecuta en el dispositivo e inspecciona la actividad de los archivos en el sistema. Tiene una memoria caché donde se almacena el identificador único (por ejemplo, como hash) para los archivos recibidos. Cada vez que un nuevo archivo cuyo identificador no está disponible en la caché, se envía al servicio de red.
2. **Servicio de red:** Este servicio analiza los archivos enviados por el agente de host.
3. **Caching:** Hay dos tipos de caché:
 - **Caché privada local:** está en el dispositivo en el que el agente de host puede poner el identificador de los archivos inspeccionados.
 - **Caché compartida global:** esta reside en la red y contiene los identificadores de todos los archivos inspeccionados recibidos hasta el momento.

6.8 APLICACIONES DE SMARTPHONE AUMENTADAS A TRAVES DE LA EJECUCIÓN EN CLONES EN LA NUBE

Los teléfonos inteligentes permiten una nueva y rica experiencia de usuario en computación pervasiva, pero su hardware es todavía muy limitado en términos de computación, memoria y duración de energía, lo que limita las potenciales aplicaciones.

En esta investigación [17] se propone una nueva arquitectura que responda a estos retos a través de la migración de la ejecución desde el teléfono inteligente a una infraestructura de cloud computing basada en clones de smartphone.

Se propone la idea de dejar que los smartphone hosteen fuera del dispositivo aquellas aplicaciones costosas en capacidad de procesamiento y que requieren de muchos recursos. Esto se lleva a cabo por un motor de ejecución que aumenta las capacidades de los smartphones mediante la delegación de la ejecución de algunas tareas en algún ordenador cercano, donde son ejecutadas en una imagen clonada del dispositivo retornando el resultado de la ejecución al teléfono inteligente. Esta ejecución aumentada supera las limitaciones de hardware de los smartphone y las aplicaciones no sufren muchas modificaciones.

Algunos "aumentos" (expresión que representa el ejecutar parte o toda la aplicación fuera del dispositivo móvil) pueden ejecutarse en segundo plano, para aquellas operaciones asincrónicas, tales como análisis de archivos periódicamente. Para las operaciones síncronas intrínsecas a la aplicación el aumento se puede realizar mediante el bloqueo del avance de la aplicación en el teléfono inteligente hasta que el resultado llega desde el clon.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

Ejecución aumentada

1. **Exportación de la funcionalidad primaria:** aquellas aplicaciones que requieren mucho procesamiento tales como el procesamiento de voz, video, indexación, y mucha capacidad de resolución de imagen se dividen, por lo que la interfaz de usuario y aquella parte que no requiere tanto procesamiento se conserva en el smartphone, mientras que aquellas partes que requieren alta potencia de computación se trasladan a la infraestructura de la nube, sincrónicamente. Esto es similar a diseñar la aplicación como servicio cliente-servidor, donde la infraestructura proporciona el servicio (por ejemplo, la traducción del voz a texto), o como un entorno de cliente ligero.
2. **Ejecución en background:** a diferencia de la opción anterior, esta categoría trata de aquella funcionalidad donde el usuario no necesita interactuar instantáneamente. Se trataría de aquella funcionalidad que normalmente se ejecuta en background tal como el escaneo del sistema de archivos en busca de virus, indexación de archivos para acelerar las búsquedas, análisis de rostros comunes en fotos, rastreo de páginas web de noticias, etc. En este caso, los procesos se pueden marcar o son inferidos automáticamente como procesos "background", y se los emigran a la nube. Además, esta funcionalidad de off-loading puede asumir el rol de un "cliente virtual". Aun cuando el smartphone se encuentre apagado, el cliente virtual puede seguir ejecutando tareas en background. Más tarde, cuando el smartphone este online, puede sincronizar su estado con la infraestructura de la nube.
3. **Línea principal aumentada:** esta categoría se encuentra entre las dos anteriores. Aquí el usuario puede optar por ejecutar una aplicación en particular mediante un wrapper, alterando su método de ejecución pero no su semántica. Ejemplos son la detección de fugas datos privados, tolerancia a fallos, etc. La línea principal aumentada es intercalada en la ejecución de la aplicación. Por ejemplo, cuando un punto de decisión es alcanzado, la aplicación podría bloquearse, causando quizá la clonación en un punto de control anterior, y volver a ejecutar hacia delante.
4. **Hardware aumentado:** se realizaron pruebas ejecutando una aplicación de escaneo de archivos en el DalvikVM, el entorno de ejecución original del teléfono Google Android (HTC G1). El resultado fue que para escanear 100.000 directorios y archivos al proceso le llevó 3.953 segundos. A través de un debugger, se descubrió que el garbage collector se invocaba con mucha frecuencia debido al uso intensivo de la memoria. Luego se utilizó un hardware más rápido, un QEMU-emulado sobre una máquina virtual de un solo núcleo en una máquina de escritorio con un CPU 2,83 GHz y 4 GB de RAM notando un importante ahorro incluso mientras se hace uso intensivo, obteniendo el resultado de las pruebas en sólo 336 segundos. Un aumento de potencia similar podría obtenerse si se ejecutase un clon en un puerto x86 de la plataforma Android, eliminando los costes de emular el procesador ARM en el smartphone G1 Android.
5. **El aumento a través de la multiplicidad:** La última categoría utiliza varias copias de la imagen del sistema ejecutada en diferentes nodos. Esto puede ayudar a ejecutar aplicaciones de datos en paralelo.

Arquitectura

Conceptualmente, el sistema proporciona una manera de impulsar una aplicación de Smartphone mediante la utilización de plataformas de computación heterogénea a través de la clonación y la transformación de la computación. El sistema de forma semi automática transforma la ejecución de una simple máquina en una ejecución distribuida donde la parte de la aplicación que hace uso intensivo de recursos se ejecuta en los clones.

La ejecución aumentada se realiza en cuatro pasos:

1. Un clon del teléfono inteligente se crea dentro de la nube (portátil, de escritorio, o nodos de servidor);
2. El estado del teléfono y el clon se sincroniza de forma periódica o bajo demanda;

3. Parte o toda la aplicación se ejecuta en el clon;
4. El resultado de la ejecución en el clon se integran al estado del smartphone.

El **Replicador** es el encargado de sincronizar los cambios en el software del teléfono y el estado del clon. El **Controlador** se ejecuta en el teléfono e invoca una ejecución aumentada al mismo tiempo que fusiona sus resultados en el smartphone. Este esta relacionado con el Replicador para sincronizar los estados de ambos. El **Aumentador** se ejecuta en el clon y gestiona la ejecución local, devolviendo el resultado.

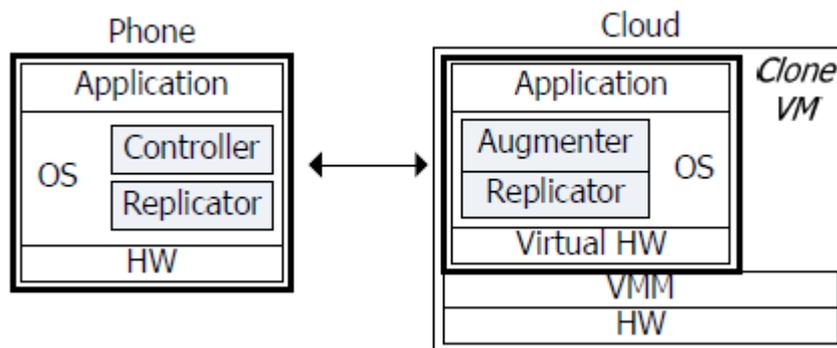


Figura 11- Arquitectura de ejecución de clones para smartphones

La ejecución remota de aplicaciones que usan recursos de computación intensivos es un método bien conocido en la computación móvil y pervasiva. La ejecución remota interactúa entre las particiones de la aplicación local y remota. Otras investigaciones exploran el ahorro de energía a través de la ejecución remota así como también para mejorar el rendimiento de los dispositivos móviles. Otras investigaciones se realizan bajo el paradigma ISR proporcionando la capacidad de suspender la ejecución en un equipo y continuar en otra máquina mediante el almacenamiento de imágenes de máquinas virtuales en un sistema de almacenamiento distribuido.

El enfoque propuesto es el primero en replicar la imagen completa de teléfonos inteligentes y ejecutar el código de la aplicación con poca o ninguna modificación para transformar una computación de una máquina simple en una computación distribución semi automáticamente.

6.9 SERVICIOS MULTIMEDIA MÓVILES SENSIBLES AL CONTEXTO EN LA NUBE

Los servicios móviles tienen que ser dinámicamente sensibles al entorno del usuario y adaptarse al contexto. Con la creciente cantidad de servicios multimedia, a estos se les puede agregar valor si se tiene en cuenta la información del contexto. El objetivo de [18] es proporcionar nuevos conceptos para la computación multimedia móvil en ciertos ámbitos, como por ejemplo la gestión de datos de patrimonios culturales. Se toma a la computación en la nube como la infraestructura de servicios para darle soporte a las tareas multimedia de semántica compleja para los clientes móviles. Obviamente, en muchas de las aplicaciones multimedia es necesario un enfoque semántico para la representación del conocimiento y el procesamiento del ciclo de vida de la multimedia.

El uso de ontologías para la representación del conocimiento del dominio puede ser identificado como una herramienta prometedora que apoya formal y explícitamente, la definición semántica y el descubrimiento de nuevos conocimientos. La personalización lleva beneficios para el usuario, haciendo coincidir sus preferencias aprendidas que coinciden con sus deseos y necesidades.

Uno de los conceptos más importantes de la computación móvil es "en cualquier momento y en cualquier lugar" relacionado con la computación ubicua mediante el desacoplamiento del usuario del dispositivo inteligente viendo las aplicaciones como entidades que realizan tareas en lugar del usuario.

Utilizando la información de contexto en la cadena de valor multimedia brinda la posibilidad de ofrecer servicios de valor agregado o ejecutar tareas más complejas. La sensibilidad al contexto tiene un papel importante en la computación ubicua.

Los teléfonos móviles que contienen dispositivos para captar información de contexto como sensores físicos, GPS, brújula, acelerómetros, sensores de luz y acceso a Internet están percibiendo una adopción explosiva. Por otro lado, la diversidad de la forma en que la información de contexto del

usuario puede ser utilizada por los servicios está creciendo rápidamente. Esto se debe al número cada vez mayor de prestadores de servicios que pueden ser accedidos por los usuarios.

Los nuevos teléfonos móviles proporcionan una gran cantidad de información de contexto, pero ésta no está siendo completamente explotada para el enriquecimiento de los servicios multimedia en las plataformas móviles. El contexto multimedia debe ir acompañada con la información de contexto del usuario.

Otros temas son la explotación de la información contextual para la adaptación de diferentes dispositivos e interoperabilidad con los recursos existentes en la web.

Background

El contexto es cualquier información que pueda ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, lugar u objeto que se considera relevante a la interacción entre el usuario y la aplicación, incluido el usuario y la propia aplicación. Una aplicación o sistema es sensible al contexto, si utiliza el contexto para proporcionar información pertinente y/o servicios para el usuario, donde la relevancia depende de la tarea del usuario. Ejemplos de información de contexto en aplicaciones móviles pueden ser:

- información espacial: la ubicación, orientación, velocidad y la aceleración
- información temporal: la hora del día, la fecha y la temporada de del año
- información ambiental
- información social - con quién estás, y las personas que están cerca, los recursos que están cerca
- disponibilidad de recursos - la batería, la pantalla, la red y el ancho de banda,
- mediciones fisiológicas - la presión arterial, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, actividad muscular, y tono de voz,
- información de actividad - hablar, leer, caminar y correr, horarios y agendas.

Los sistemas sensibles al contexto usan modelos de contexto expresado en ontologías, con el fin de formalizar y limitar la noción de contexto. El Lenguaje de Ontologías Web (OWL) se utiliza para formalizar explícitamente las propiedades y la estructura de la información contextual para garantizar la comprensión semántica común entre los diferentes componentes arquitectónicos.

Uno de los principales beneficios es mejorar la interoperabilidad entre fuentes de contexto heterogéneo y aplicaciones.

También existe la necesidad de gestionar grandes cantidades de diversos datos creados por los usuarios, sintetizarlos inteligentemente, y ofrecer servicios en tiempo real.

Las características esenciales de esta visión son la comprensión de la sensibilidad al contexto, interfaces de usuario personalizadas y adaptación de contenidos multimedia. El procesamiento de ontologías requiere una gran cantidad de recursos informáticos.

Como se menciona anteriormente se propone el offloading de las aplicaciones móviles en la nube para aquellas que requieren más recursos de computación, como es el procesamiento de ontologías.

Áreas de aplicación de servicios móviles sensibles al contexto

Áreas de aplicaciones de aplicaciones móviles sensibles al contexto pueden ser guías de turismo, publicidad móvil, servicio de noticias proactivo sensible al contexto, patrimonio cultural y muchos otros.

Análisis de servicios multimedia móviles sensibles al contexto

La conceptualización y realización de sistemas multimedia móviles sensible al contexto se enfrentan a retos de diseño que varían para hacer frente a entornos muy dinámicos y las cambiantes necesidades del usuario. La sensibilidad al contexto sólo puede ser investigada en determinados dominios o comunidades de aplicaciones. En éste área los problemas se relacionan con la reunión de información, el modelado, almacenamiento, distribución y monitoreo del contexto.

La intención es crear un conjunto de servicios web que permitirá a los dispositivos acceder a las aplicaciones en cualquier lugar de la nube. Un middleware específico del nivel de dominio agrupa todas las partes, combinando datos de los sensores y aplicaciones, con la información ingresada por el usuario, el almacenamiento de la información contextual, permitiendo

que el dispositivo móvil comparta los datos entre las aplicaciones o incluso entre diferentes dispositivos.

Diseño Arquitectónico

La arquitectura debe proporcionar las bases para que las diferentes entidades puedan manipular la información de contexto (o sea la forma de descubrirla, cómo almacenarla, cómo acceder a ella y cómo aprovechar la información que proporciona) en un entorno móvil.

Utilizando el paradigma de la computación orientada a servicios se ampliará la variedad de aplicaciones accesibles para entornos móviles. Tim O'Reilly cree que: "El futuro está enfocado a los servicios que responden en tiempo real a la información proporcionada ya sea por sus usuarios o por los sensores no humanos, tales servicios serán atraídos a la nube, no sólo porque deben ser de alta disponibilidad, sino también porque estos servicios se basan generalmente en grandes conjuntos de datos que son más convenientemente alojados en grandes centros de datos".

Este es especialmente el caso de los servicios que combinan dos o más fuentes de datos u otros servicios, por ejemplo, mashups.

Aunque no todos los dispositivos móviles disfrutan de la conectividad a la nube el 100% del tiempo, el desafío de operaciones desconectadas ha sido abordado con éxito en dominios de aplicaciones específicas.

Gestión de Datos

El sistema tiene que hacer frente a los datos heterogéneos de distintas fuentes (para el caso de uso de documentación de patrimonio cultural), integrar la información contextual de diferentes sensores, cámaras, escáneres 3D y la entrada del usuario. La nube proporciona la interfaz para muchas aplicaciones y evita problemas cross plataforma, mientras que facilita el intercambio de datos. El contenido se entrega al realizar la adaptación de la información del contexto del usuario y de la multimedia.

El contexto de modelado

Para los sistemas que proporcionan servicios multimedia móviles sensibles al contexto es necesario utilizar modelos de contexto con el fin de formalizar y limitar la noción de contexto y de la información pertinente a un determinado dominio. Los modelos basados en ontologías proponen un modelado de la semántica de la información de contexto.

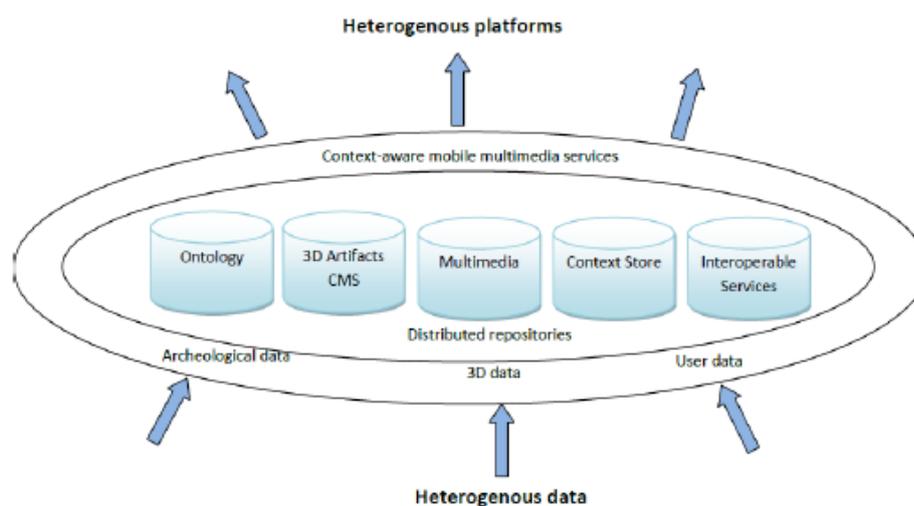


Figura 12 – Organización de datos en un escenario de Documentación del Patrimonio cultural

Otros retos

Los otros aspectos que deben abordarse en la construcción de los servicios móviles multimedia sensibles al contexto son los siguientes:

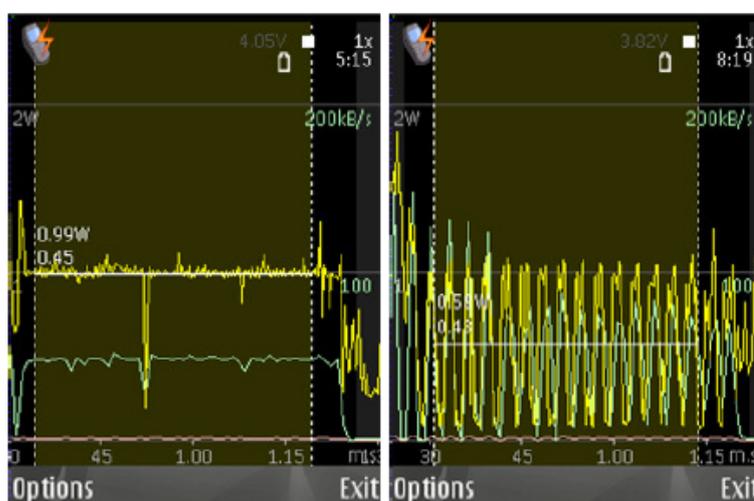
- **Privacidad:** el envío de la información de la ubicación actual a la nube, podría llevar a dificultades en el establecimiento de confianza. El sistema debe ser capaz de preservar la privacidad del usuario.
- **Detección:** un gran desafío es detectar los cambios de contexto y establecer relaciones entre las entidades de contexto.
- **Procesamiento de contexto y clasificación:** la deducción de la información de contexto se puede hacer de varias maneras, donde las más comunes son semánticas de razonamiento, interpretación del contexto, y agregación de contexto.

En esta investigación se presenta una aproximación de servicios móviles sensibles al contexto con foco en la semántica multimedia. La semántica multimedia puede crear oportunidades para nuevas aplicaciones móviles, ya que agrega valor a estos. Las ontologías expresadas en OWL se pueden utilizar para el modelado de la información de contexto de los usuarios y los medios de comunicación.

6.10 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CLIENTES MÓVILES EN CLOUD COMPUTING

La eficiencia energética es una consideración fundamental para los dispositivos móviles. La computación en la nube tiene el potencial para resguardar la energía de los clientes móviles, pero el ahorro debido al offloading de la computación necesita superar al costo de energía adicional de la comunicación en la nube. En este análisis mencionado en [1], se establece que la computación y la comunicación, son factores críticos para la decisión entre el procesamiento local y el offloading.

El punto de equilibrio es fuertemente dependiente de la eficiencia de la energía en las comunicaciones inalámbricas y en el procesamiento local. Además, no sólo es importante la cantidad de datos a transferir, sino también el patrón de tráfico, donde hay que considerar que el envío de una secuencia de pequeños paquetes consume más energía que el envío de la misma cantidad de datos en una sola ráfaga.



(a) Smooth traffic source.

(b) Bursty traffic source.

Figura 13 – Efectos del patrón de tráfico de datos

La computación en la nube ofrece recursos elásticos que están disponibles bajo demanda y se facturan de acuerdo a su uso. Esto ofrece considerables ventajas económicas tanto para los proveedores de la nube como para los usuarios.

Un problema compartido entre el mobile cloud computing y cloud computing tradicional es el cuello de botella en la transferencia de datos. Para incorporar la computación en la nube la preocupación más importante es el tiempo y el costo de la transferencia de grandes cantidades de datos a la nube, mientras que para la computación en la nube móvil la cuestión clave es el consumo de energía en la

comunicación. Este es probablemente una de las razones por las que hay pocos ejemplos de aplicaciones verdaderas que hacen uso de mobile cloud computing.

La tecnología móvil se está orientando hacia la conectividad on-line continua, alta velocidad de la comunicación inalámbrica, multimedia de alta definición e interfaces de usuario ricas. El desarrollo de tecnologías para mejorar la batería no ha sido capaz de igualar los requerimientos de la creciente demanda de recursos.

La cantidad de energía que puede ser almacenada en una batería es limitada y está creciendo sólo un 5% anual. Baterías más grandes resultan en dispositivos más grandes y no son una opción atractiva. También las consideraciones térmicas limitan el poder de los dispositivos pequeños sin refrigeración activa.

Algunas investigaciones establecen que el offloading de las aplicaciones bajo ciertas condiciones puede proveer 20% de ahorro de energía en los dispositivos móviles.

Análisis de energía

Hay que considerar el costo de la energía de llevar a cabo el procesamiento a nivel local versus el costo de hacerlo en la nube.

Las latencias asociadas con la activación y desactivación de la interfaz wireless varían según la tecnología y son más largas en celulares con comunicación en la WLAN. De la relación entre la energía y la comunicación para la transferencia de datos, surge que a mayor tasa de bits, se requiere más eficiencia en la energía para la transferencia de datos.

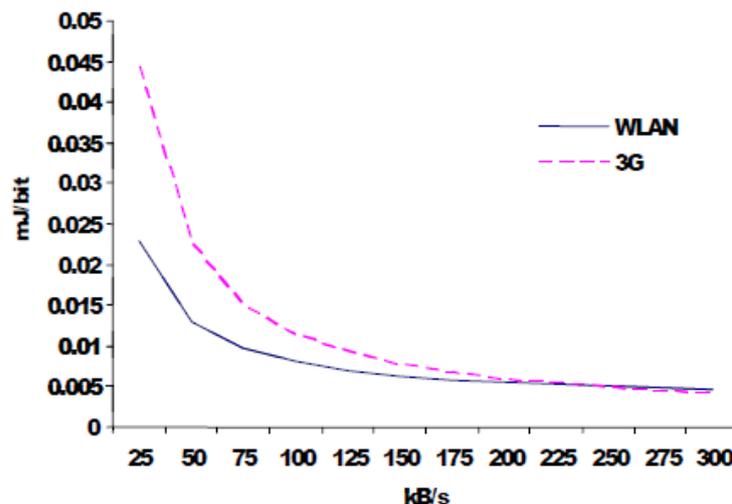


Figura 14 – Energía consumida por bit para wifi y 3G

Como resultado de los experimentos para que el offloading sea beneficioso, la carga de trabajo necesita llevar a cabo más de 1000 ciclos de computación para cada byte de datos.

La siguiente tabla muestra algunos ciclos de CPU relacionado a la tasa de datos medidos por un simple ordenador que emplea un procesador ARM Cortex-A8 funcionando a 720 MHz. El algoritmo de compresión gzip, es una aplicación que hace uso intensivo de la carga de trabajo de datos, mientras que el codificador de video x264 representa una carga de trabajo más intensiva. En esta experiencia, las aplicaciones móviles actuales se asemejan más a la aplicación gzip que a la x264. Esto no es sorprendente y se demuestra como la ejecución de aplicaciones de cómputo intensivo en un dispositivo móvil no ha sido una propuesta atractiva.

Los programas html2text y PDF2Text representan aplicaciones, cuyo comportamiento está fuertemente afectada por los datos que están procesando.

| Workload | Cycles/byte |
|----------------------------|-------------|
| gzip ASCII compress | 330 |
| x264 VBR encode | 1300 |
| x264 CBR encode | 1900 |
| html2text wikipedia.org | 2100 |
| html2text en.wikipedia.org | 5900 |
| pdf2text N900 data sheet | 960 |
| pdf2text E72 data sheet | 8900 |

Figura 15 – Ciclos de computación para diferentes cargas de trabajo

Aplicaciones móviles como clientes livianos

En el experimento se intento probar los niveles de potencia media y la energía total para visualizar un documento PDF mediante: un visor local y un cliente remoto conectado a través de WLAN, o un visor remoto a través de paquetes de datos 3G cerca de la estación base o un visor remoto a través de paquetes de datos 3G lejos de la estación base.

Como se puede observar, los casos remotos se ejecutan con mayor tasa de poder. Sin embargo, el total de energía para el caso remoto sobre la WLAN es el más pequeño debido a los cortos tiempos de ejecución. Los casos que usan la red 3G consumen más energía que los que usan WLAN debido a las latencias de comunicación. Además, la comunicación 3G es sensible a la ubicación lo cual implica diferencias de energía debido a si los dispositivos móviles están más cerca y lejos de la estación base.

Está claro que hay una serie de factores no triviales a considerar al tomar decisiones de diseño sobre aplicaciones en la nube dirigidas a dispositivos móviles. La estimación de requerimientos de procesamiento del lado del cliente y el consumo de energía por el tráfico de red se torna en un tema importante. En la actualidad las tecnologías web son una forma popular para la construcción de aplicaciones distribuidas y aplicaciones web dirigidas a clientes móviles. Es necesario contar con información de consumo de energía durante el ciclo natural de desarrollo y depuración de las aplicaciones pero las herramientas actuales son muy deficientes en este área.

También se analizó el consumo de energía de clientes móviles basados en cloud computing, donde hay muchos factores que hacen que la computación en nube sea una tecnología atractiva, pero el consumo de energía es un criterio fundamental para la batería de los dispositivos y debe ser cuidadosamente considerado para todos los escenarios de computación móvil en la nube. Mientras que la configuración más eficiente de energía para muchas de las actuales aplicaciones móviles es la computación locales, es evidente que la carga de trabajo de estas aplicaciones puede beneficiarse al pasar a la nube, al contar con recursos elásticos disponibles así como también es interesante la posibilidad de crear nuevas aplicaciones por completo en la nube.

Las tecnologías del lado del servidor son también críticas para el mobile cloud computing. El consumo de energía de un teléfono móvil se ve afectado por la cadena completa de extremo a extremo. Para las aplicaciones web los tiempos de respuesta del servidor pueden tener un efecto significativo en el consumo de energía del dispositivo móvil. La optimización de los patrones de comunicación inalámbrica es crítico para la eficiencia energética y requiere consideraciones tanto del lado del cliente como del servidor.

6.11 APLICACIONES ELÁSTICAS EN SEGURIDAD SOBRE DISPOSITIVOS MÓVILES EN CLOUD COMPUTING

La idea de esta investigación mencionada en [8] es construir aplicaciones elásticas que aumentan las plataformas con recursos limitados, tales como teléfonos móviles, aprovechando los recursos de la computación en la nube. Una aplicación elástica se compone de uno o más Weblets, cada uno de ellos puede ser ejecutado en un dispositivo o en la nube, y pueden ser migrados entre estos de acuerdo a los cambios dinámicos del entorno de la computación o las preferencias del usuario.

Este trabajo repasa los conceptos generales del modelo de las nuevas aplicaciones así como también se analizan los requerimientos de seguridad.

La siguiente figura muestra una visión general de cómo un terminal móvil elástico consume recursos de la nube. Una aplicación elástica puede consistir en uno o más Weblets, que funcionan de forma

independiente, pero se comunican entre sí. Cuando se inicia la aplicación, un gestor de elasticidad que se ejecuta en el dispositivo supervisa las necesidades de recursos de los Weblets de la aplicación, y toma decisiones de donde debería ejecutarse.

El procesamiento o comunicación intensiva de los Weblets tales como el procesamiento de imágenes y de vídeo por lo general se puede lanzar en la plataforma de la nube, mientras que los componentes de interfaz de usuario (UI) o aquellos que necesitan un amplio acceso a los datos locales pueden ser lanzados en el dispositivo. Si un weblet debería ponerse en marcha en la nube, el gestor de elasticidad invoca a un servicio de elasticidad que reside en la nube, que organiza los recursos de ejecución de los weblets, por ejemplo, en qué nodo de la nube debería ejecutarse, y la cantidad de almacenamiento que debe ser asignado. El servicio también devuelve información después de ejecutar con éxito el lanzamiento del weblet, proporcionando la URL endpoint.

Durante la ejecución, los Weblets de una aplicación se pueden comunicar con otros, por ejemplo, para sincronizar el estado de la aplicación y el intercambio de datos como entradas / salidas, con un mecanismo de RPC o servicios web RESTful.

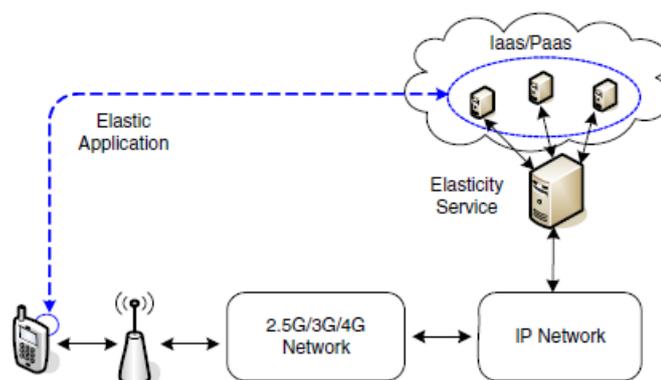


Figura 16 – Dispositivo móvil consumiendo recursos de la nube

Son varios los desafíos que tienen que afrontar este tipo de aplicaciones. En primer lugar, un nuevo modelo de aplicación es necesario para iniciar o migrar algunas partes de la aplicación a la nube y al dispositivo.

El modelo debe soportar la partición de la aplicación en varios componentes, cada uno de los cuales puede funcionar de modo autónomo. La comunicación y la dependencia de los datos también son factores a contemplar a la hora de particionar una aplicación. En segundo lugar, un protocolo es necesario para la comunicación entre weblets, por ejemplo, para sincronizar el estado de la aplicación, para responder al cambio del estado o las acciones del usuario, y para otras cuestiones de gestión, tales como la rendición de cuentas del uso de recursos.

Además, la seguridad y la privacidad son factores importantes al considerar la migración de algunos Weblets y datos sensibles desde un dispositivo a la nube. Uno de los objetivos importantes del diseño de aplicaciones elásticas es hacer transparentes las migraciones para los usuarios móviles.

En esta investigación nos centramos en los problemas de seguridad en el diseño de aplicaciones elásticas.

Se identifican varios retos para un entorno de ejecución seguro y elástico:

1. Como naturalmente, una aplicación elástica se ejecuta en forma distribuida, algunos Weblets están en la nube, y algunos están en el dispositivo, con lo cual se deberá proveer la autenticación entre Weblets, es decir, dos Weblets de una aplicación lanzada por el mismo usuario / dispositivo debe autenticarse el uno al otro en tiempo de ejecución. Normalmente, esto implica la autenticación del canal de comunicación entre ellos.
2. Cuando un weblet en la nube necesita acceder a datos sensibles del usuario, por ejemplo, datos que residen en el dispositivo o en otro servicio web, la autorización es necesaria para dar los privilegios de acceso al weblet, pero sólo el mínimo necesario, ya que el weblet se puede ejecutar en un entorno público y no es de confianza absoluta en la nube.

Plataforma móvil para aplicaciones elásticas

Una aplicación elástica típica incluye un componente de UI y uno o más Weblets. Por el lado del dispositivo, el componente clave es el gestor de elasticidad de dispositivos (**DEM**), que es

responsable de la configuración de las aplicaciones a la hora de ejecutarla y hacer cambios en la configuración en tiempo de ejecución. La configuración de una aplicación incluye: dónde los componentes de la aplicación (Weblets) son alocados, o si es necesario que los componentes sean replicados y se determina la selección de los paths utilizados para la comunicación con otros Weblets (por ejemplo, WiFi o 3G).

El gestor de elasticidad ejecuta un optimizador, que es responsable de determinar la mejor configuración de costos que considera los objetivos del usuario para la aplicación (como ejecutarla en un modo de potencia inferior o en un modo de alto rendimiento). El router pasa las peticiones de los componentes de UI a los Weblets. Se aísla la lógica de la UI de la ubicación del weblet, con lo cual cuando un weblet se migra, el router es consciente de la nueva ubicación y seguirá pasando las peticiones al weblet en su ubicación actual. Cada dispositivo también proporciona datos de sensores, como la utilización del procesador o estado de la batería. Estos datos son puestos a disposición del gestor de elasticidad y es utilizado por el modelo del costo.

El servicio de elasticidad de la nube (**CES**) se compone de un gestor de la nube, un gestor de aplicación, y una colección de información sensible. El gestor de la nube supervisa los recursos de la nube que utilizan las aplicaciones elásticas. Este es responsable de la asignación de recursos.

Se mantiene la información de procesamiento, ancho de banda y almacenamiento, para los distintas partes de las aplicaciones que se ejecutan en la nube. El gestor de aplicación proporciona funciones para instalar y mantener las aplicaciones en nombre de los dispositivos elásticos, y ayuda a poner en marcha los Weblets en los diferentes nodos de la nube.

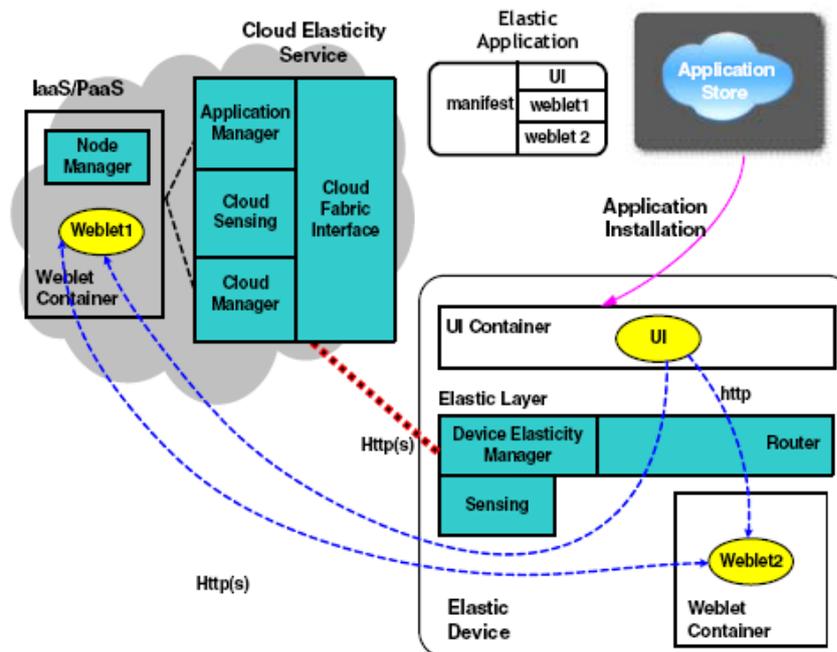


Figura 17 – Arquitectura de framework elástico

Seguridad, amenazas y requisitos

1. Amenazas para dispositivos móviles

Las amenazas o malware en dispositivos móviles se ha vuelto frecuente. Además de ataques periódicos contra la integridad y la confidencialidad del código de la aplicación y los datos del usuario en el dispositivo, el malware puede poner en peligro el DEM (gestor de elasticidad del dispositivo). Un posible ataque consiste en cambiar la configuración de una aplicación tal que un weblet pesado que requiere procesamiento se ejecute en el dispositivo local en vez de la nube. Del mismo modo podría suceder que el Weblets utilice datos incorrectos. Por ejemplo, un código malicioso puede cambiar el estado de la batería del dispositivo por lo tanto el DEM no realizaría el offloading de la aplicación en la nube.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

2. Amenazas a la plataforma de la nube y contenedores de aplicaciones

La seguridad del entorno de hosting debe ser considerado. Muchos de los proveedores de la nube ofrecen cierto nivel de protección a sus clientes, pero errores en la configuración de los componentes críticos de la nube podrían comprometer a los weblets.

Posibles ataques serían: autenticación débil, vulnerabilidades del software, y ataques a la VM donde se ejecutan los weblets así como también ataques al código y los datos. Las entidades maliciosas pueden generar cambios en la red y la configuración de los costos, o incluso información sensible a la nube para confundir a los CES en la toma de decisiones como el uso de demasiadas conexiones de red de cara a los dispositivos. Otras actividades maliciosas pueden consumir recursos de la nube, tales como ciclos de CPU, almacenamiento y tráfico de red. Esto podría conducir a la degradación del rendimiento y el ancho de banda de la plataforma en la nube.

3. Amenazas a los canales de comunicación

Los weblets deben ser capaces de comunicarse con el dispositivo y puede ser necesario comunicarse con otros servicios web en nombre del usuario. La experiencia con servicios basados en Internet han demostrado que pueden existir amenazas tales como la inyección de paquetes o ataques si no se tiene cuidado de verificar correctamente y asegurar la comunicación entre los weblet y los dispositivos elásticos, así como también pueden interceptar el tráfico y violar la confidencialidad del usuario y la privacidad.

Objetivos de seguridad

Con respecto a estas amenazas, se identifican los siguientes objetivos que deben alcanzarse durante la instalación y ejecución de la aplicación elástica.

- **Los contenedores de weblets (o VM) deben ser confiables tanto en los dispositivos como en la nube:** los weblets se deben instalar y ejecutar en entornos confiables. El gestor de la elasticidad debe tener cierta seguridad para proteger a las funcionalidades esperadas de la aplicación. La seguridad debe basarse en mecanismos técnicos, como la medición y certificación de la integridad.
- **Autenticación y gestión de sesiones seguras:** el framework elástico debe poseer un mecanismo para autenticar los Weblets que pertenecen a la misma aplicación así como también al usuario. Esto es especialmente importante cuando se están ejecutando en diferentes plataformas. La autenticación es el requisito para la construcción de una comunicación segura entre Weblets. Una gestión de sesión segura es necesaria sobre todo cuando varias instancias de las mismas aplicaciones pueden ser ejecutadas al mismo tiempo.
- **Autorización y control de acceso:** un weblet en la nube debe cumplir con los privilegios mínimos. El acceso a los recursos del dispositivo puede requerir más privilegios cuando el weblet ya no se ejecuta localmente en el dispositivo.
- **Registro y auditoría:** el comportamiento de los weblets debe ser registrado y auditado regularmente para prevenir actividades maliciosas, tales como el consumo de demasiados recursos en la plataforma de la nube por lo tanto afectan a la calidad de servicio o a los costos.

Instalación segura de aplicaciones elásticas

Para las aplicaciones elásticas del experimento, se utilizó un paquete Java que incluye los binarios de los Weblets, los componentes de la interfaz de usuario, y los datos necesarios.

Cada paquete de aplicaciones también tiene un conjunto de meta-datos que se codifica en el manifiesto, entre ellos la descripción de la aplicación, y lo más importante, la firma del desarrollador con valores hash SHA1 para cada Weblets. A diferencia de un típico paquete de Java, los desarrolladores puede especificar dónde los Weblets pueden ser instalados y ejecutados, (por ejemplo, si se ejecuta en una determinada plataforma de la nube o sobre un determinado dispositivo).

Cuando un usuario descarga e instala una aplicación, la integridad de todos los Weblets es verificada por el instalador del dispositivo volviendo a calcular y comparar los valores hash. Después de verificar la integridad con éxito, el instalador registra la aplicación en el **DEM**. En concreto, el **DEM** mantiene una tabla de las aplicaciones instaladas en el dispositivo que necesita soporte del gestor de la elasticidad.

Como opción de instalación, partes de la aplicación pueden ser instaladas por el gestor de aplicaciones en el **CES**, que mantiene las aplicaciones instaladas para el usuario. Para ello, el usuario tiene que registrarse y autenticarse en el **CES** durante la instalación.

Migración segura

De acuerdo con el principio de elasticidad, los Weblets de una aplicación en ejecución pueden migrar entre el dispositivo y la nube, e incluso entre los diferentes nodos de la nube. La siguiente figura muestra el flujo de migración de un weblet desde un dispositivo a la nube. Por lo general, una solicitud de migración es generada por el **DEM**. Por ejemplo, debido al bajo nivel de energía de la batería del dispositivo, el **DEM** decide que un weblet (**wids**) que insume mucho procesamiento debe migrar a la nube (**paso de 1 a 6**).

Sobre esta solicitud, el weblet entra en estado de migración y guarda su actual estado de ejecución como su sesión y vuelve a la **DEM** (**paso 2-3**).

El **DEM** envía la solicitud de migración a la **CFI** (cloud fabric interface). El **CFI** decide donde el weblet debería ser migrado, o sea se debe elegir un nodo de la nube dentro del pool de nodos disponibles o crear un nuevo nodo (**pasos 4-6**).

A continuación, la migración del weblet a este nodo es similar a la ejecución de un nuevo weblet, salvo que el estado de ejecución del weblet salvado se utiliza en la puesta en marcha, y luego se obtiene un nuevo id de weblet (**widd**) para la sesión compartida con otros weblets en ejecución.

Para que esto sea visible el gestor de nodos actualiza su nueva dirección URL en la tabla de ruteo.

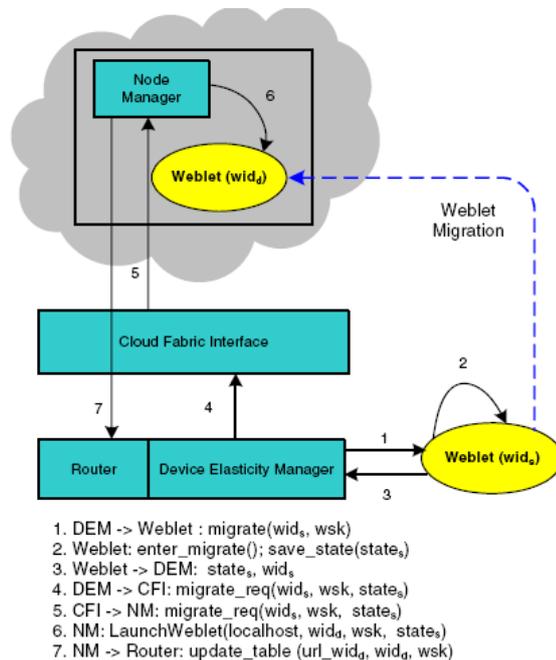


Figura 18 – Migración de weblets desde dispositivo móvil a la nube

6.12 INTERNET SUSPEND/RESUME EN COMPUTACIÓN MÓVIL

1. Concepto de Internet Suspend/Resume

Como se menciona en [29] cuando un usuario cierra una computadora portátil, su estado se suspende, luego el usuario puede recorrer una gran distancia y abrirla luego de muchas horas o días más tarde, y el estado de ejecución de la computadora portátil se restaura, precisamente desde

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

donde fue suspendida. Con lo cual surgen interrogantes como ¿se puede lograr esta capacidad sin las características físicas del portátil? En otras palabras, se puede lógicamente suspender una máquina en un sitio de Internet, viajar a otro sitio y volver a trabajar en otra máquina?

ISR le da soporte a la computación móvil sin tener que transportar el hardware.

La capacidad esencial necesaria para lograr estos escenarios es la posibilidad de guardar fácilmente y restaurar el estado de computación, en otras palabras, la rápida y fácil personalización y despersonalización del hardware anónimo. La idea clave es que ISR surge de la combinación de dos tecnologías: la de virtual máquina (VM) y sistemas de archivos distribuidos.

Diseño general

El ISR está configurado con sistemas de archivos distribuidos de localización transparente tales como AFS y Coda. Si un usuario restringe todos sus accesos a ficheros de su sistema de archivos, va a ver el mismo estado de archivos en todos los clientes.

La ISR también tiene sus limitaciones donde sólo un estado persistente es salvado y restaurado. El estado volátil, tal como la ejecución del estado de las aplicaciones interactivas, no se conserva. La segunda limitación se deriva de la primera, donde la acciones de "suspender" y "reanudar" son considerablemente más complejas, pesadas y lentas que el cierre y apertura de un ordenador portátil. Un monitor de máquina virtual (VMM) encapsula todo el estado de ejecución volátil de una máquina virtual.

Un VMM normalmente mapea el estado volátil de sus máquinas virtuales a los archivos en el sistema de archivos local de su host. Cuando una máquina virtual se suspende, los archivos correspondientes se actualizan para reflejar el estado volátil en el punto de suspensión.

Implementación

Se realizó una prueba de concepto de la aplicación usando VMware Workstation y NFS como sistema de archivos distribuido. VMware Workstation se ejecuta dentro del sistema operativo host. Tanto Linux y Windows 2000/XP se soportan como sistemas operativos host.

Hay que considerar que el sistema de archivos distribuido se utiliza para el transporte de los archivos relacionados al estado de la VM, no es necesariamente visible para el sistema operativo invitado. De manera similar, mientras que el VMM almacena el contenido de los discos virtuales de la máquina virtual en archivos locales, este no es capaz de interpretar los datos almacenados en los archivos.

2. Computación personal pervasiva sobre sistemas ISR

Como se menciona en [30] el modelo ISR (suspensión / reanudación de Internet) de computación móvil, reduce el acoplamiento entre el estado computacional y el hardware de la PC. Mediante las capas de la máquina virtual sobre almacenamiento distribuido, ISR permite encapsular el estado de ejecución de la máquina virtual y el estado de personalización del usuario. Luego el almacenamiento distribuido transporta ese estado en el espacio y el tiempo.

Hoy en día, la frase de computación móvil es casi sinónimo del uso de la computadora portátil o de mano. Sin embargo, el costo del hardware sugiere que la infraestructura de la computación ubicua algún día elimine la necesidad de contar con tanto hardware.

Aquí se describe un nuevo enfoque de computación móvil que abarca el concepto de ISR el cual emula el suspender / reanudar capacidades de hardware de los portátiles, en donde más bien que tener la necesidad de llegar el hardware consigo, podríamos contar y utilizar al hardware transitoriamente en cualquier ubicación. Se podría imaginar un mundo donde los bares, salas de aeropuertos, clínicas médicas y otros espacios semipúblicos provean de hardware a sus clientes, o incluso la bandeja plegable en cada asiento del avión o tren puedan ser un ordenador portátil. En ese mundo, los usuarios podrían viajar libres sin tener que llevar nada consigo. Basándonos en la infraestructura de la computación móvil y el modelo ISR los usuarios se pueden liberar del hardware portátil, consideraciones de peso, de potencia, tamaño y ergonomía, velocidad del procesador, tamaño de la memoria, capacidad del disco y energía. Se avecina un mundo donde se mantendrá los aspectos de personalización de la computación del usuario, donde los ordenadores se convertirán en recursos ubicuos, al igual que el presionar un interruptor para encender la luz, abrir la canilla para obtener agua, etc.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

Cualquier ordenador conectado a Internet on demand podría temporalmente convertirse en el ordenador personal del usuario, el cual será capaz de adquirir el estado de personalización de la computación de dicho usuario.

Para alcanzar esta visión, hay que resolver por lo menos tres problemas técnicos difíciles:

- Proporcionar acceso eficiente bajo demanda a un usuario a todo su entorno de la computación personal. Hoy en día, los usuarios que llevan una computadora portátil se aseguran de tener exactamente el mismo conjunto de archivos, sistema operativo, e información personal que si está en un escritorio.
- Garantizar la conectividad de Internet. Los usuarios que trabajan con los datos locales en los equipos portátiles no se ven afectados por la calidad de la red. Ellos no son afectados por el ancho de banda, la latencia o por fallos ocasionales. Los usuarios deben percibir un claro y estable rendimiento incluso bajo condiciones de alta latencia y congestión de la red. En el caso extremo de la desconexión de la red, el usuario debe ser capaz de continuar.
- Establecer la confianza en el hardware no gestionado por los usuarios transitorios. Cuando los usuarios usan una computadora en su oficina o casa, implícitamente asumen que su equipo no ha sido manipulado, debido a que el acceso a la máquina ha sido restringido. El mismo supuesto se aplica a una computadora portátil obteniendo garantías en todo momento. Si la transitoriedad en el uso del hardware se convirtiera en algo común, los usuarios deben ser capaces de establecer rápidamente el mismo nivel de confianza en el hardware que no poseen ni administran.

Desde 2001, se han estado explorando soluciones para estos problemas en el contexto de la ISR. Como su nombre sugiere, ISR emula la capacidad de suspender / reanudar el hardware de los portátiles.

Arquitectura ISR

ISR se basa en dos tecnologías que han madurado en los últimos años, o sea, de capas de máquinas virtuales sobre almacenamiento distribuido. Cada VM encapsula una ejecución distinta y el estado de personalización del usuario que es llamado parcela. La capa de almacenamiento distribuido transporta una parcela a través del espacio (desde el sitio suspendido al sitio reanudado) y tiempo (desde el instante de suspensión al instante de reanudación).

La siguiente figura muestra la estructura lógica de la máquina cliente del ISR. Esta estructura ha permanecido invariable a las diferentes versiones del ISR, aunque los componentes de la aplicación de cada capa han cambiado con el tiempo.

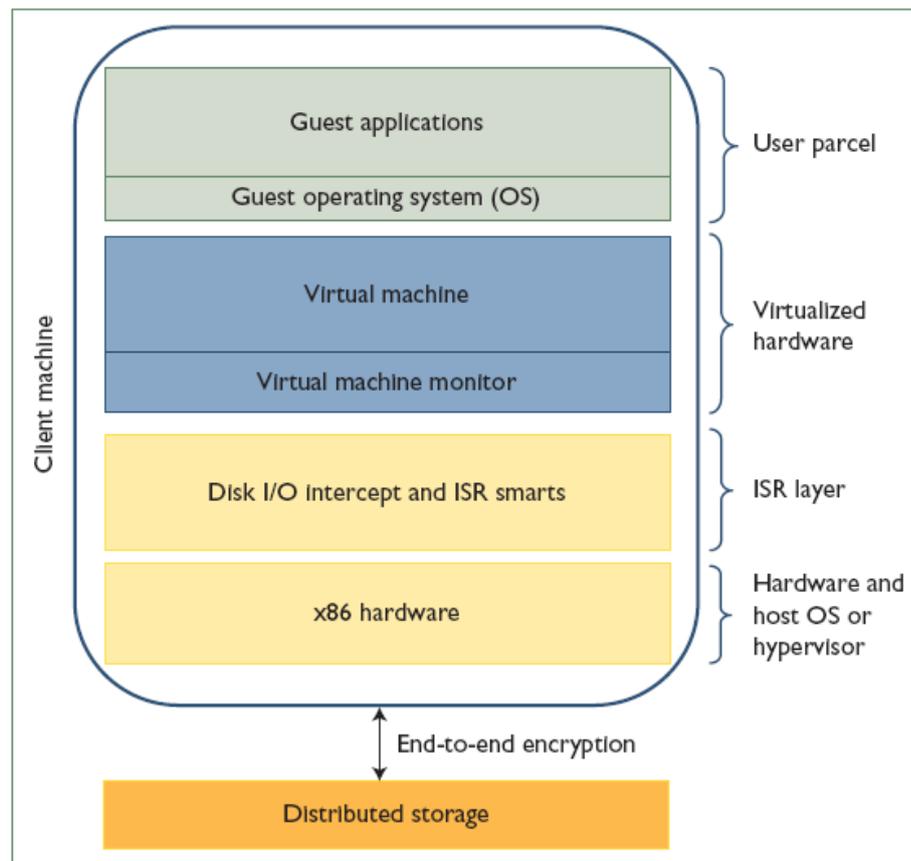


Figura 19 - Estructura modular del cliente ISR

El software cliente del ISR encripta los datos de una parcela antes de entregarlo a la capa de almacenamiento distribuido. El ISR preserva la intimidad y la integridad de los paquetes de usuario. Ni los servidores ni la caché persistente del cliente utilizadas por el mecanismo de almacenamiento distribuido contienen alguna información del estado del usuario desencriptada.

La resistencia a la variabilidad de Internet

Hasta ahora se centro principalmente en la prestación de acceso bajo demanda a la computación personal de un usuario. Una vez que los datos se ubican en las diferentes capas del ISR, este no requiere de la disponibilidad de la red. El sistema de almacenamiento proporciona la ilusión de la conectividad con el ISR, donde los usuarios pueden utilizar el estado de caché incluso sin conexión. El cliente actualiza los buffers y, eventualmente los reintegra cuando la conectividad de red se restablece. No hay peligro de actualizaciones conflictivas en la integración debido a que el ISR aplica un modelo de una sola escritura por vez en la VM, donde la reanudación ocurre sólo después del bloqueo del estado entero de la VM desde los servidores de ISR.

La desconexión total es aceptable y no tiene absolutamente ningún impacto en la performance. Si el cliente ISR es una laptop, un usuario puede aprovechar la movilidad y ser productivo durante la desconexión.

Para conseguir la movilidad sin problemas de clientes ISR delgados, es necesario un estricto control de extremo a extremo de la latencia de la red, lo cual es difícil en la actualidad debido a la escala de Internet. El agregar ancho de banda es relativamente fácil, pero reducir la latencia es mucho más difícil. Una vez que comienza la ejecución, toda la interacción es local.

7 CONCLUSIÓN

En la actualidad se avecina un futuro lleno de una amplia gama de aplicaciones y servicios móviles, donde ya no es necesario estar sentado frente a la PC ya que los avances tecnológicos nos proveen de una gran variedad de dispositivos móviles, ya sea smartphone, tablets, etc. con lo cual la movilidad gana más adhesión entre los usuarios. Analizando a lo largo de este trabajo monográfico se encontraron muchas similitudes entre los paradigmas de computación en la nube móvil, aplicaciones móviles y pervasivas, donde un paradigma o tecnología lleva a la complementación del otro, realizando aportes en beneficio de su mejora.

La computación móvil al apoyarse sobre los beneficios de la nube, como se mencionó en la mayoría de las investigaciones realizadas, proporciona muchas posibilidades evitando las restricciones comunes de los dispositivos, ya sea, restricciones de espacio, peso y tamaño, de hardware, de energía, de capacidad de almacenamiento, de memoria, de procesamiento, de usabilidad, etc.

En la actualidad existen tecnologías que permiten una mejora sustancial en las aplicaciones móviles como ser servicios web RESTful, el cual reduce el procesamiento necesario en el dispositivo y por ende de energía. También emergen tecnologías como 4G para mejorar la calidad de datos de las redes móviles, factor imprescindible si la mayoría de los datos, procesamiento, aplicaciones se lleva a la nube o como HTML5, que ayuda al desarrollo cross-plataforma de aplicaciones para dispositivos móviles siendo sus características más importantes el permitir seguir interactuando sin conectividad y el evitar instalar plugins para usar ciertas funcionalidades.

Entre las líneas de investigación que se presentan en la actualidad la mayoría tiende a solucionar los problemas actuales de las aplicaciones para dispositivos móviles, donde se analizó el framework de aplicaciones elásticas basado en webllets el cual divide la aplicación móvil en fragmentos donde inteligentemente se determina cuando se tiene que hacer offloading a la nube, ganando en capacidad de procesamiento, ahorro de energía y espacio en el dispositivo móvil, y cuando es conveniente que permanezca en el dispositivo para interactuar, como por ejemplo con los sensores del mismo. Un enfoque similar es el de ejecución aumentada. Otra tendencia relativa a la colaboración de dispositivos conectados está presente en MapReduce el cual es un algoritmo que aprovecha los dispositivos móviles conectados en red para resolver problemas, los cuales son divididos y procesados entre el conjunto de dispositivos y los resultados unidos y devueltos al solicitante. También hay que destacar la tecnología basada en máquina virtual llamada Cloudlet para rápidamente instanciar software de servicio personalizado en servidores cercanos y luego utilizar ese servicio a través de una red inalámbrica LAN, ayudando a los usuarios móviles a superar los límites de la computación en la nube como la latencia de las redes WAN y el pobre ancho de banda.

Otros de los enfoques importantes es el Virtual Smartphone que permite a los usuarios crear imágenes virtuales de teléfonos móviles en la nube, personalizarlos, y aprovechar el poder de la nube para la instalación de las aplicaciones móviles remotas en una de estas imágenes, con lo cual no se ven limitadas por la capacidad de potencia de procesamiento, memoria y vida de la batería del teléfono inteligente. Por su parte ISR es un enfoque que permite suspender el estado computacional del dispositivo, y reanudar su estado precisamente desde donde fue suspendida, muy útil si se piensa en la integración de uso de múltiples dispositivos, como por ejemplo se puede estar navegando, utilizando un servicio o aplicación y se decide, ya sea por requerir de un tamaño de pantalla superior al de un Smartphone, suspender y reanudar dicha aplicación en un Smart TV.

Por otro lado concluyendo en la convergencia de computación en la nube móvil y ubicuidad considerando el concepto de "en cualquier momento, en cualquier lugar" encontramos la nube ubicua la cual se utiliza para restablecer las condiciones de un ambiente o habitación teniendo en cuenta la ubicación del usuario, ya que se almacena el estado de cada artefacto e información de contexto. Un enfoque parecido se encuentra en el paper de video online para dispositivos móviles en la nube donde también se obtiene información de contexto, y del dispositivo para poder reproducir el video sin instalación de plugins y que el mismo sea adaptable al dispositivo móvil.

Como estos, existen varios servicios que se pueden implementar en la nube, como la detección de virus, indexación de sistema de archivos móviles, aplicaciones de realidad aumentada, etc., lo cual a diferencia de permanecer en el dispositivo, la nube posibilita servicios de valor agregado al poseer mayor elasticidad en varios aspectos, por ejemplo se puede pensar en un servicio de casa digital, donde se puede orquestar la televisor, DVD, cortinas, luces y altavoces con el fin de implementar un servicio de home theatre, donde un usuario puede ver películas en un ambiente como en el cine pero desde su casa.

Una idea de gran utilidad y que tal vez de origen a la continuidad de dicha monografía en el ámbito de la tesis para la Maestría en Ingeniería de Software, sería que en un futuro cercano y basándose en el

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

concepto del Chrome OS de Google, que ya no sea necesaria la instalación de aplicaciones móviles en los dispositivos sino que se ejecuten en su totalidad en la nube haciendo uso de su capacidad elástica, donde el resultado de su ejecución sea presentado al browser instalado como única aplicación en el dispositivo. Así como también se vislumbra dispositivos livianos en el sentido de no necesitar un SO complejo ni pesado, así como también al llevar las aplicaciones a la nube se reduciría la necesidad de procesamiento, energía, etc., con lo cual se podría pensar en dispositivos con menor hardware, más delgados en cuestión de tamaño y haciendo mayor hincapié en pantallas de mayor resolución.

Si se tiene en cuenta este enfoque pero para las aplicaciones móviles pervasivas y ubicuas sería necesaria la interacción entre la información de contexto capturada por el dispositivo mediante sus sensores con la nube, donde se podrían comunicar con tecnologías como web service, ya sea tipo RESTFull por su menor necesidad de recursos para ser procesado en relación a SOAP. Con lo cual el dispositivo móvil (tablet, Smartphone, etc.) solo contará con un browser inteligente con muchas de las capacidades de un SO que interactúe con el hardware del mismo, y una conexión de red inalámbrica de alta disponibilidad y performance.

Si bien, como se menciona, cada vez es mayor la oferta de subir información y utilizar aplicaciones y servicios desde la nube, no hay que perder de foco la necesidad de reforzar aspectos de seguridad, privacidad, latencia de las redes móviles en cualquier lugar y en todo momento, para asegurar la confianza y disponibilidad a los usuarios.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] MIETTINEN Antti P., NURMINEN Jukka K. "Energy efficiency of mobile clients in cloud computing", *2nd USENIX Workshop on Hot Topics in Cloud Computing*, 2010, Berkeley, CA, USA.
- [2] A. Smailagic and M. Ettus, "System Design and Power Optimization for Mobile Computers," in *Proceedings of IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI*, pp. 10, August 2002.
- [3] U. Kremer, J. Hicks, and J. Rehg, "A compilation framework for power and energy management on mobile computers," in *Proceedings of the 14th International Conference on Languages and Compilers for Parallel Computing*, pp. 115 - 131, 2003.
- [4] E. Cuervo, A. Balasubramanian, et al., "MAUI: Making Smartphones Last Longer with Code offload," in *Proceedings of the 8th International Conference on Mobile systems, applications, and services*, pp. 49-62, June 2010.
- [5] Ubiquitous Computing. Disponible en: <http://www.ubiq.com/ubicomp/>
- [6] Samimi et al., "Mobile Service Clouds: A Self-Managing Infrastructure for Autonomic Mobile Computing Services," *Self-Managed Networks, Systems, and Services*, 2006.
- [7] Christensen, "Using RESTful web-services and cloud computing to create next generation mobile applications," *Conference on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications*, March 2010.
- [8] ZHANG Xinwen, SCHIFFMAN Joshua, et al. "Securing Elastic Applications on Mobile Devices for Cloud Computing", *CCSW '09 Proceedings of the 2009 ACM workshop on Cloud computing security*, pp. 127-134, New York, USA.
- [9] SATYANARAYANAN Mahadev, et al. "The Case for VM-based Cloudlets in Mobile Computing", *Pervasive Computing*, IEEE, 2009, Volumen: 8 Issue: 4, pp.14-23.
- [10] Amazon EC2. Disponible en: <http://aws.amazon.com/es/ec2//175-8500166-4203922/>
- [11] Google App Engine. Disponible en: <http://code.google.com/intl/es-ES/appengine/>
- [12] U. Varshney, "Pervasive healthcare and wireless health monitoring," *Journal on Mobile Networks and Applications*, vol. 12, no. 2-3, pp. 113 - 127, March 2007.
- [13] C. Doukas, T. Pliakas, and I. Maglogiannis, " Mobile Healthcare Information Management utilizing Cloud Computing and Android OS," in *Annual International Conference of the IEEE on Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp. 1037 - 1040, October 2010.
- [14] J. Oberheide, K. Veeraraghavan, E. Cooke, J. Flinn, and F. Jahanian. "Virtualized in-cloud security services for mobile devices," in *Proceedings of the 1st Workshop on Virtualization in Mobile Computing (MobiVirt)*, pp. 31-35, June 2008.
- [15] P. Papakos, L. Capra, and D. S. Rosenblum, "VOLARE: context-aware adaptive cloud service discovery for mobile systems," in *Proceedings of the 9th International Workshop on Adaptive and Reflective Middleware (ARM)*, pp. 32-38, November 2010.
- [16] ERIC Y. Chen, MITSUTAKA Itoh. "Virtual Smartphone over IP", *World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2010 IEEE International Symposium*, pp.1-6, Montreal, QC.
- [17] CHUN Byung-Gon, MANIATIS Petros. "Augmented Smartphone Applications Through Clone Cloud Execution", *Proceedings of the 12th Workshop on Hot Topics in Operating Systems (HotOS XII)*, 2009, Berkeley USA.

| | |
|--|-------------------|
| Postgrado en Ingeniería de Software | Fecha: 02/03/2012 |
| TP Final Integrador | |

[18] KOVACHEV Dejan, KLAMMA Ralf. "Context-aware Mobile Multimedia Services" in the Cloud, *Proceedings of the 10th International Workshop of the Multimedia Metadata Community on Semantic Multimedia Database Technologies (SeMuDaTe'09), CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 539, 2009, Graz, Austria.

[19] I. Giurciu, O. Riva, D. Juric, I. Krivulev, and G. Alonso, "Calling the Cloud: Enabling Mobile Phones as Interfaces to Cloud Applications," in *Proceedings of the 10th ACM/IFIP/USENIX International Conference on Middleware (Middleware '09)*. Urbana Champaign, IL, USA: Springer, Nov. 2009, pp. 1–20.

[20] KOVACHEV Dejan, et al. "Mobile Cloud Computing: A Comparison of Application Models", *Information Systems & Database Technologies*, RWTH Aachen University, 2011, Aachen Germany.

[21] Mobile cloud computing. Disponible en:
<http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-10/ftp/cloud/index.html>

[22] Plataforma OpenMobster: Disponible en:
<http://code.google.com/p/openmobster/>

[23] CHETAN S., GAUTAM Kumar, et al. "Cloud Computing for Mobile World", *Department of Computer Science & Engineering National Institute of Technology, Calicut*.

[24] JINLEI Jiang, YONGWEI Wu, et al. "Online Video Playing on Smartphones: A Context-Aware Approach based on Cloud Computing", *Journal of Internet Technology*, 2010, pp. 821-827

[25] EGAMI Koichi, MATSUMOTO Shinsuke, et al. "Ubiquitous Cloud: Managing Service Resources for Adaptive Ubiquitous Computing", *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 2011 IEEE International Conference, 2011, pp.123 – 128, Seattle, WA.

[26] Evolución de Mobile computing y pervasive computing. Disponible en:
<http://www.csd.cs.cmu.edu/research/areas/mopercomp/>

[27] COX Preston A. , Mobile cloud computing. Disponible en:
<http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-mobilecloudcomputing/>

[28] Mobile cloud computing. Disponible en:
<http://www.mobilecloudcomputingforum.com/>

[29] Michael Kozuch y M. Satyanarayanan. "Internet Suspend/Resume". *Accepted to the Fourth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. Callicoon, NY, Junio 2002.

[30] Mahadev Satyanarayanan; Gilbert, B et al. "Pervasive Personal Computing in an Internet Suspend/Resume System". *Internet Computing, IEEE. Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, PA* Marzo-Abril 2007, volume: 11 issue:2 , pp: 16 – 25.