

# Análisis de las limitaciones técnicas de las Google Glass en su aplicación en soluciones médicas

M. Escribà Del Arco<sup>1</sup>, J.L Bayo-Montón<sup>1</sup>, A. Martinez-Millana<sup>1</sup>, V. Traver<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ITACA, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, {miesde,jobamon,anmarmil,vtraver}@itaca.upv.es

## Resumen

*Las Google Glass se han presentado como una herramienta novedosa que facilitará el acceso a información y la realización de tareas complejas. Pese desistimiento de Google en dar soporte al producto, en la actualidad existen múltiples aplicaciones e investigaciones en curso que tratan de analizar el potencial impacto que el uso de esta tecnología puede tener en distintos campos de la medicina. Entre las aplicaciones más comunes se encuentra el acceso a información de la historia clínica electrónica, visualización de monitorizaciones, apoyo a la decisión y consulta remota en especialidades que abarcan desde la oftalmología hasta la cirugía y la docencia. No obstante, la evidencia científica destaca una serie de limitaciones técnicas importantes en su uso, como por ejemplo fallos en la conectividad, deficiente recepción de imágenes y reinicio automático del dispositivo. El presente artículo presenta un estudio técnico sobre las mencionadas limitaciones (latencia, memoria y disponibilidad) con el propósito de categorizar e identificar las fuentes de fallos. Los resultados obtenidos nos han permitido obtener una base de requisitos sobre la que definir las aplicaciones de medicina que eviten la aparición de los mencionados fallos técnicos asociados al uso de las Google Glass.*

## 1. Motivación

Vivimos en una época en la cual la pirámide poblacional está invertida, lo cual aumenta la necesidad de disponer de un mejor sistema sanitario que pueda dar cobertura a las al amplio abanico de necesidades que genera este cambio [1]. De entre todas las mejoras que se están desarrollando en este ámbito, una de las más importantes, sobre todo desde el punto de vista de las tecnologías de la información, es la conocida como e-salud.

La e-salud consiste en la aplicación de las tecnologías de la información al ámbito de la medicina, desde proporcionar información a los pacientes sobre su enfermedad y sus medicamentos en cualquier lugar hasta la transmisión de datos recopilados por sensores situados en el paciente y su entorno al médico. En este contexto, las Google Glass (Google Inc. Mountain View) son un dispositivo que puede resultar muy útil en aplicaciones médicas, pues permiten presentar de forma simple y ergonómica información en tiempo real a través de una conexión a internet.

Las Google Glass fueron desarrolladas por Google X [2], unas instalaciones de Google dedicadas a desarrollar productos tecnológicos. Los primeros prototipos datan de

2011 y eran muy pesados, pero durante los siguientes años se redujeron enormemente de tamaño.

La primera publicación se produjo a principios de 2013. En esta fecha se realizó un sorteo en el que se eligió a los primeros 8000 individuos que podrían comprar el producto en fase de pruebas para más tarde, el 15 de mayo de 2014, pasar a una fase beta más abierta en la que el público general podía acceder a estas gafas [3]. Tras esto, las Google Glass empezaron a recibir críticas e incluso acciones legales debido a la preocupación con la facilidad que tenía este dispositivo para vulnerar la privacidad del público, al tener la capacidad de tomar fotos y grabar video discretamente, además de poder ser utilizadas junto con software de reconocimiento facial para identificar a desconocidos, lo cual generó cierta controversia.

La literatura aglutina numerosas experiencias de desarrollo, prueba y evaluación de soluciones médicas que emplean las Google Glass en múltiples campos de la medicina. Entre las aplicaciones más extendidas se encuentra la cirugía [4-6], la oftalmología [7,8], la cardiología [9], emergencias [10] y práctica clínica [11]. La mayoría de los estudios publicados presentan resultados prometedores pero enumeran una serie de limitaciones a la hora de emplear las Google Glass. El impedimento más destacado por los autores es la limitada duración de la batería en uso autónomo, cuya duración es inferior a los 60 minutos [12]. Así mismo, estudios de evaluación y comparación con tecnologías similares (p. ej.: Go Pro® Hero) revelan limitaciones en la calidad de las imágenes y la imposibilidad de indicar puntos de interés en imágenes con tan baja resolución, lo cual dificulta su interpretación. Otro de los factores que indican los estudios son relativos a la seguridad y privacidad de los datos (imágenes, textos y sonidos) que capturan y almacenan las Google Glass [13]. Por último, numerosos estudios aquejan fallos técnicos en la transmisión y creación de imágenes y errores en las comunicaciones (pérdida de conexión) y reinicio del dispositivo durante el uso del dispositivo.

Es evidente que gran parte de las limitaciones en el uso médico de las Google Glass vienen dadas por aspectos técnicos, pero en qué medida estos aspectos técnicos son evitables es una incógnita. En este estudio se presenta un análisis de las limitaciones técnicas de las Google Glass empleando para ello una batería de pruebas y un esquema de comunicaciones más ampliamente utilizado, los servicios web con tecnología REST [14]. El objetivo es

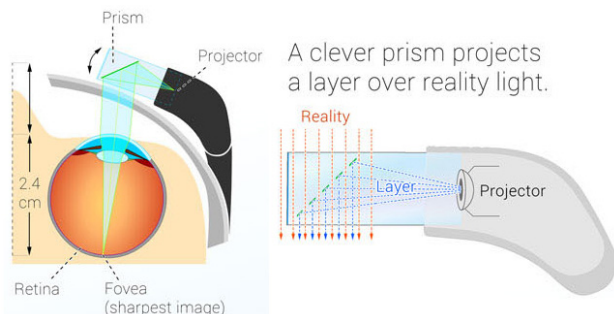
cuantificar y detectar las características óptimas en cuanto a fiabilidad, latencia y rendimiento que deben respetarse para poder maximizar las capacidades de las Google Glass y evitar fallos en las comunicaciones.

## 2. Materiales y Métodos

Las Google Glass son un dispositivo basado en el sistema operativo con particularidades en lo que respecta a la interfaz de usuario y su control. La pantalla de las Google Glass utiliza un proyector LED, que mediante una serie de filtros polarizadores y espejos semi-reflectantes, proyecta una imagen en la parte superior derecha del ojo izquierdo. Esta configuración proporciona la sensación de que la imagen flota en el interior del prisma transparente, sin limitar el campo de visión natural. Esto se puede observar en la figura 1. Esta pieza es ajustable para poder adaptarla a la forma de la cara del usuario y a la distancia del ojo, y asegurar una correcta visualización.

Las Google Glass incluyen también un innovador auricular que, en vez de utilizar el canal auditivo para transmitir el sonido, transmite las vibraciones a través de los huesos del cráneo cercanos al oído. El dispositivo dispone de un botón para hacer fotografías mediante la cámara que lleva incorporada al prisma, con una resolución de 2528 x 1856 en formato jpg y registrar video de 720p en formato mp4 de manera rápida sin tener que navegar por los menús. El almacenamiento disponible en el dispositivo es de 10 GB.

El dispositivo cuenta con una pequeña batería de 570 mAh de litio-polímero, que tiene una capacidad operativa inferior a la hora con uso intensivo y de tres a cinco horas con uso normal.



**Figura 1.** Esquema físico del dispositivo Google Glass (Fuente: Google Glass Inc.)

Las Google Glass disponen de un sistema operativo propietario Android llamado *Glass Ware*. La principal interfaz de las Google Glass es la línea temporal, en la que aparecen, en orden cronológico, los eventos sucedidos como las fotos realizadas, llamadas perdidas, notificaciones recibidas. También dispone de un conjunto de pequeñas funcionalidades como el “*head wake*” que permite despertar el dispositivo con una inclinación de la cabeza, o el “*wink*”, que permite tomar fotos mediante un simple guiño del ojo. Las aplicaciones de las Google Glass son similares a las aplicaciones de Android, utilizando actividades, *layouts*, *widgets*, etc. Mediante el Glass Development Kit (GDK) se integra en estas actividades las particularidades del dispositivo, como el control por voz o las vistas por tarjetas de las gafas, mediante una interfaz de 640 \* 360 pixels de resolución.

Respecto a la conectividad, las Google Glass presentan tres interfaces: Wi-Fi, Bluetooth y micro-USB. Para la elaboración de este estudio se empleará el canal de comunicación Wi-Fi, ya que ha sido el empleado en los estudios médicos de la literatura. Las pruebas se han realizado con un servidor IIS basado en el framework .NET 4.5, las Google Glass y una red WLAN cerrada.

Para evaluar las prestaciones técnicas se ha implementado un esquema de comunicaciones basado en conectores REST. Para la implementación del esquema REST se ha utilizado la librería Retrofit [15], un cliente HTTP para Android y java de fácil uso. Su uso consiste en la implementación de métodos propietarios que serán instanciados por una interfaz con anotaciones. Se emplea el método POST con la etiqueta @BODY para marcar los parámetros de entrada del método.

El sistema de mensajería empleado ha sido JSON, y para la preservar la compatibilidad con Glass Ware, se ha utilizado GSON [16], una librería de Google para tratar con archivos JSON. La unidad mínima de transferencia o Data Transfer Object (DTO) empleada es un objeto de java simple, que consta de diversas variables y métodos para dar valor y obtener el valor de estas. Como hemos explicado anteriormente la comunicación entre las gafas y el servidor se realizará mediante el uso de la librería Retrofit, que a su vez utilizará la librería GSON para la serialización y deserialización de los JSON utilizados en esta transmisión.

La evaluación propuesta consiste en la realización por triplicado de una batería de pruebas sistemáticas empleando los dos esquemas de comunicación con grupos de 10, 100, y 1000 paquetes de datos, enviados de forma gradual, para monitorizar las siguientes variables:

- Retardo de la comunicación (Latencia)
- Éxito de la comunicación (Fiabilidad)
- Carga computacional en las Google Glass (Rendimiento)

Así mismo, se emplea el banco de imágenes ECLAP de la Universidad de Cornell en formato jpg con distintos tamaños para evaluar el tiempo que emplea las Google Glass en procesar y mostrar las imágenes al usuario.

## 3. Resultados

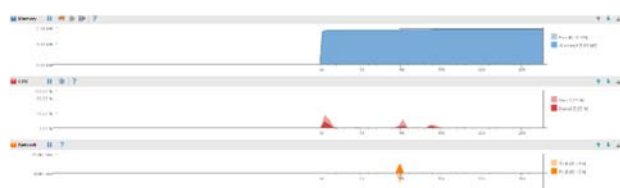
En líneas generales el resultado de las pruebas realizadas es satisfactorio, ya que se han detectado puntos de saturación y por lo tanto de pérdida de conexión. Así mismo, se ha podido cuantificar las características en el retardo temporal (latencia), fiabilidad y rendimiento del dispositivo, en función de la cantidad de mensajes enviados y del tamaño de las imágenes intercambiadas.

En las pruebas realizadas, se aprecia conveniencia de la librería GSON para la conversión de tipos de datos conversión sin necesidad de configuraciones adicionales. En el caso de los experimentos realizados, se ha desarrollado un método serializador y un deserializador personalizados que permiten convertir objetos complejos (imágenes) en secuencias alfanuméricas para encapsularlas en mensajes JSON. Así mismo, se destaca la eficiencia de la librería Retrofit, en concreto el método OkHttp que

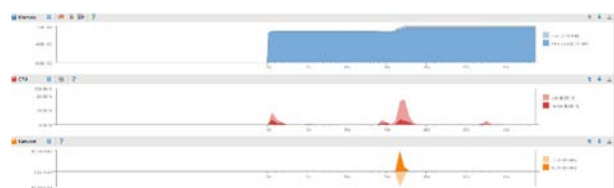
permite a la aplicación funcionar correctamente incluso cuando hay problemas en la red, permitiendo configurar direcciones alternativas en las que realizar las peticiones si las anteriores fallan, para hacer usos de data centers redundantes.

El valor de latencia para esquema REST obtenido en los experimentos es de  $62,3 \pm 40,3$  ms. En cuanto a la carga computacional, como se puede ver en la Figura 2 para 10 paquetes, la Figura 3 para 100 y la Figura 4 para 1000, al aumentar en número de mensajes enviados en el bucle aumenta correlativamente el tiempo de recepción.

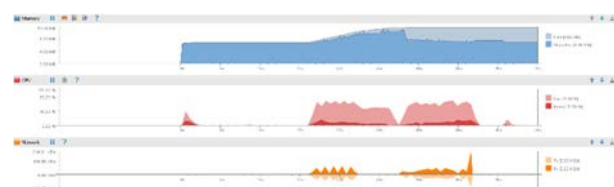
Respecto a la fiabilidad, en las pruebas de envío de 10 y 100 paquetes, el éxito en la conexión ha sido del 100%. Sin embargo, en el envío de 1000 paquetes la fiabilidad ha sido del  $99,91 \pm 0,006\%$ .



**Figura 2.** Carga Computacional (Bucle de diez DTOs). En azul la carga de memoria, en rojo la carga de procesador y en naranja la carga de red.



**Figura 3.** Carga computacional (Bucle de cien DTOs)



**Figura 4.** Carga computacional (Bucle de mil DTOs)

Respecto al envío de 1000 paquetes (Figura 4) se observa que aunque la memoria utilizada sigue sin aumentar demasiado, sí que se realiza un uso más intensivo del procesador y que en la red, la transmisión y la recepción es más irregular, realizándose pausas durante el envío y la recepción. Lo cual seguramente sea la causa de los mensajes perdidos.

Respecto a la evaluación de la transmisión de imágenes, los resultados obtenidos para las diferentes imágenes se pueden ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en la que se observa que el tamaño máximo de la imagen a procesar admisible por el dispositivo es de 2,5MB, siendo el tiempo de procesado de 8 segundos. La cantidad de tiempo mínima que no sobrecargaba el programa y no sobrepasara la cantidad de memoria máxima que una aplicación puede utilizar.

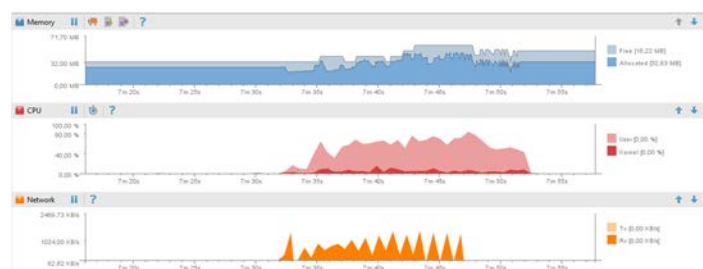
| Tamaño de la Imagen     | 2,5MB | 1 MB | 668 KB | 263 KB |
|-------------------------|-------|------|--------|--------|
| Tiempo de procesado (S) | 8     | 4    | 2      | 0      |

**Tabla 1.** Retardos mínimos experimentados al enviar imágenes de distintos tamaños

Así mismo, se ha medido también el rendimiento durante la transmisión de las imágenes, comparando el caso peor (2,5MB en la Figura 5) con el caso más favorable (263 KB en Figura 6).



**Figura 5.** Imagen de 2.5MB



**Figura 6.** Imagen de 263 KB

En este caso podemos ver una gran diferencia en el uso de memoria entre ambas situaciones. En el caso peor, además tiene algún problema al ser enviada, lo cual hace que el momento en el que se envía sea irregular. Cuando por culpa de uno de estos retardos se acercan las emisiones de la imagen y, por lo tanto, el tratamiento de éstas en las gafas, el uso de memoria aumenta considerablemente, acercándose al límite a partir del cual la aplicación se cierra. Aumentar la distancia temporal entre los envíos probablemente disminuya este problema. Si el servidor hubiera sido algo más regular en el envío de las imágenes, seguramente hubiera sido posible disminuir el tiempo entre imágenes.

En cambio, para el caso más favorable, el dispositivo tiene tiempo suficiente para des-serializar, descomprimir y mostrar cada una de las imágenes que llega, por mucho que se envíen tan rápido como pueda el método del servidor. También se aprecia un considerablemente menor uso de memoria por parte de las gafas.

Para imágenes de tamaño superior a los 2,5 MB la aplicación no podía soportar la recepción de una segunda imagen, pese a asegurarse que el procesamiento de la

imagen haya finalizado. Para imágenes de pequeño tamaño los requerimientos de memoria son muy inferiores. Además, debido a la resolución de la pantalla tampoco sería útil el uso de imágenes de gran resolución.

#### 4. Discusión

En este artículo se ha analizado y cuantificado algunas de las limitaciones técnicas más extendidas en estudios previos de aplicación de las Google Glass en campos de la medicina, evaluando métricas objetivas de latencia, fiabilidad y carga computacional en el envío de paquetes de datos e imágenes de distintos tamaños.

Mediante los experimentos realizados se constata el problema de pérdida de conexión, y los resultados obtenidos permiten determinar que el fallo real experimentado en la literatura sea un error *OutOfMemory*, pues la memoria del dispositivo está muy limitada y el efecto de éste es que se la aplicación se cierre sin mostrar nada por pantalla y vuelva al menú principal

Las librerías utilizadas para la comunicación, GSON y Retrofit, han demostrado ser realmente sencillas y versátiles a la hora de realizar aplicaciones que se comuniquen con las Google Glass. GSON nos ha permitido personalizar la serialización y la des-serialización de los objetos de datos para su envío.

Los resultados obtenidos muestran que la conexión de las Google Glass con el servidor es posible mediante el esquema de servicio web (tecnología REST), pero que hay que tener cuidado con las limitaciones del dispositivo, especialmente la memoria disponible para una aplicación.

En estas pruebas, centradas en el comportamiento ante el envío masivo de mensajes y envío de mensajes de tamaño relativo, se ha evidenciado las limitaciones en la capacidad de procesamiento de las Google Glass sin comprometer su fiabilidad. La principal limitación que se ha encontrado es la cantidad de memoria que las Google Glass permiten utilizar a una aplicación. Además, también hemos medido el retardo de la conexión entre el servidor y el dispositivo enviando mensajes vacíos. Debemos mencionar que todas las pruebas se han hecho de la red de comunicaciones de la *Universitat Politècnica de València*, con unas capacidades tan elevadas que no afectan al rendimiento y resultados obtenidos en las pruebas, extremo que debería ser valorado en siguientes experimentos. No obstante, de estos resultados podemos concluir que el tamaño de los datos enviados a las gafas es un factor crucial que tenemos que vigilar e intentar reducir al máximo.

#### 5. Conclusiones

La fiabilidad, latencia y calidad de la conexión mediante servicios web al dispositivo Google Glass depende de las características técnicas de las comunicaciones que se deseen mantener. Para aplicaciones médicas, es importante conocer el tipo de tráfico que soportará la aplicación o sistema para poder garantizar un uso eficiente y eficaz del dispositivo.

#### Referencias

- [1] Pérez. G, Gotsens M., Palència L. et altres. Protocolo del estudio sobre el efecto de la crisis económica en la mortalidad, la salud reproductiva y las desigualdades en salud en España. *Gaceta Sanitaria*, vol 1304, 2016, pp 1-5
- [2] Página web Tech Crunch, <https://techcrunch.com/2012/04/04/google-project-glas/> (Consultada: Agosto 2016)
- [3] Foro de usuarios Google Plus para Google Glass, <https://plus.google.com/+GoogleGlass/posts/QLD88fE7qmE> (Consultada: Septiembre 2016).
- [4] Davis, Christopher R. D., Lorne K.R. Looking at Plastic Surgery through Google Glass. *Plastic & Reconstructive Surgery*, vol 135, 2015, pp 918-28
- [5] Hashimoto DA, Phitayakorn R., Fernandez-del Castillo C., Meireles O. A blinded assessment of video quality in wearable technology for tele mentoring in open surgery: the Google Glass experience. *Surgical Endoscopy*, vol 30, 2016, pp 372-8
- [6] Liebert CA. Novel Use of Google Glass for Procedural Wireless Vital Sign Monitoring. *Surgical Innovation*, vol 23, 2016, pp 366-73
- [7] Brusie T, Fijal T, Keller A et alters. Usability evaluation of two smart glass systems. *Proceedings of Systems and Information Engineering Design Symposium*, 2015, pp 336-41 (ISBN: 978-1-4799-1832-4)
- [8] Matthew G.J., Naheed W, Branham K, et altres. Expansion of Severely Constricted Visual Field Using Google Glass. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*, vol 47, 2016, pp 486-9
- [9] Jeroudi O, Christakopoulos G., Christopoulos G, Kotsia A., Kypreos M.A. et altres. Accuracy of Remote Electrocardiogram Interpretation with the Use of Google Glass Technology. *American Journal of Cardiology*, vol 115, 2015, pp. 374-7
- [10] Cicero M., Walsh B., Solad Y., Whitfill T. et altres. Do You See What I See? Insights from Using Google Glass for Disaster Telemedicine Triage. *Prehospital and Disaster Medicine*, vol30, 2015, pp. 4-8
- [11] Wu. S.T., Dameff C.J., Tully J.L. Ultrasound-Guided Central Venous Access Using Google Glass. *Journal of Emergency Medicine*, vol 47, 2014, pp. 668-678
- [12] Lewis TL, Vohra RS. Smartphones Make Smarter Surgeons. *British Journal of Surgery*, vol 101, 2014, 296-7
- [13] Albrecht V, von Jan U., Kuebler J., Zoeller C., et altres. Google Glass for Documentation of Medical Findings: Evaluation in Forensic Medicine. *Journal of Medical Internet Research*, vol 16, 2014, e53
- [14] Zou, G., Gan, Y., Chen, Y. et al. "Towards automated choreography of Web services using planning in large scale service repositories" *Applied Intelligence*, Volume 41, 2014, pp 383-404
- [15] Librería Retrofit, <http://square.github.io/retrofit/> (Consultada: Agosto 2016)
- [16] Guía de Uso de la librería GSON, <https://sites.google.com/site/gson/gson-user-guide> (Consultada: Agosto 2016)