

Mobile Augmented Reality and Context-Awareness for Firefighters

T. Siu and V. Herskovic

Abstract— Firefighters form *action teams* who work in challenging environments to solve complex situations. This type of work requires firefighters to have the relevant information about the emergency site and its surroundings in an efficient, effective way. We analyzed three focus groups from the evaluation of a previous mobile application to understand the needs of firefighters at an emergency site. Then, we developed an application that proposes two approaches to provide firefighters with quick access to data: an augmented reality interface and context-awareness to switch between views of the data. A preliminary evaluation with a small set of firefighters found the application to be useful to their work.

Keywords—awareness, augmented reality, firefighters.

I. INTRODUCCIÓN

LOS EQUIPOS de acción, o *action teams*, trabajan en ambientes desafiantes, solucionando situaciones que requieren respuestas improvisadas y rápidas [1]. Los bomberos son un ejemplo de este tipo de trabajo: trabajan en equipos, responden a un *comandante de incidente*, pero su trabajo es impredecible y difícil de estructurar o planificar completamente. Por este motivo, los bomberos requieren de información de manera rápida, eficiente y efectiva, para poder tomar decisiones sobre su actuar en la emergencia.

En Chile, los bomberos son voluntarios. Pese a que son altamente entrenados y calificados, posiblemente es su carácter voluntario el que hace que históricamente han tenido bajos recursos para realizar su trabajo. Esto hace que las soluciones tecnológicas que se les provean deban ser de bajo costo, idealmente utilizando los recursos con los que ya cuentan. Actualmente, los bomberos utilizan principalmente la comunicación vía radio para organizar la respuesta a una emergencia, pero en ocasiones también utilizan aplicaciones de sus celulares personales para comunicarse o revisar información, por ejemplo mapas.

El área de investigación de trabajo colaborativo soportado por computadoras, o CSCW, es un área de la Interacción Humano-Computador (HCI) que busca apoyar el trabajo grupal mediante la tecnología. En el caso de los bomberos, el trabajo es grupal pues trabajan varios bomberos organizados en equipos (con un líder) con el objetivo común de resolver una situación de emergencia.

Este trabajo propone utilizar dispositivos móviles, así como técnicas del área de HCI, para entregar a los bomberos una aplicación móvil útil para su trabajo. Las técnicas son las siguientes:

(1) La realidad aumentada es una manera de desplegar una capa de información digital sobre el mundo real [2].

(2) El contexto de una entidad es toda la información que puede ser utilizada para caracterizar su situación, por lo que el *context-awareness* es utilizar el contexto para proveer información y servicios relevantes a los usuarios [3]. Sin embargo, el contexto no es solo información como la ubicación, y también puede incluir información tal como la orientación del dispositivo usado [4], lo que incluso lleva a e.g. rotar la pantalla de un dispositivo móvil automáticamente dependiendo del contexto del usuario [5].

Este documento está estructurado de la siguiente manera. La sección II presenta el trabajo relacionado en tres ámbitos: el manejo de emergencias apoyado en la tecnología, la realidad aumentada, y el *context-awareness* en el contexto de las emergencias. Luego, la sección III presenta el estudio realizado con bomberos, sobre el que se detectan las necesidades de información en las emergencias. La sección IV presenta la aplicación desarrollada, llamada MapaMovilAR, y los resultados de su evaluación preliminar. La sección V presenta las conclusiones y trabajo futuro.

II. TRABAJO RELACIONADO

A. Manejo de emergencias

El manejo de desastres, o emergencias, presenta varios desafíos para el área de HCI, tales como: la reducción de la complejidad, mantener el foco en la tarea principal y no en la tecnología, la heterogeneidad de los actores, la heterogeneidad de la tecnología involucrada, y la seguridad y privacidad [6]. Un estudio de Jiang et al. [7] descubrió que los bomberos usualmente tienen una visión limitada de la información de la emergencia, y que también hay limitaciones en los sistemas de comunicación existentes, tales como la radio.

Varias propuestas de incorporar tecnología al ámbito de manejo de emergencias buscan dotar a los bomberos de *wearable computing*, es decir, computación incorporada a los uniformes. Por ejemplo, LifeNet busca ayudar a los bomberos con su localización durante incendios estructurales, mediante sensores y *wearable computing* [8]. Las propuestas de incorporar realidad aumentada en el manejo de emergencias frecuentemente proponen "*head-mounted displays*", o dispositivos montados en cascos que superponen la información digital sobre la visión de los usuarios [9]. Sin embargo, con la idea de proveer una solución de bajo costo, este trabajo busca entregar una solución tecnológica en los propios dispositivos móviles de los bomberos.

B. Realidad aumentada en el manejo de emergencias

En el uso de sistemas de realidad aumentada en dispositivos móviles, existe el problema de que cierta información quedará fuera del rango de visión, por no estar dentro de la vista del dispositivo móvil. El cómo representar

Teresa Siu, Pontificia Universidad Católica de Chile, tmsiu@puc.cl

Valeria Herskovic, Pontificia Universidad Católica de Chile, vherskov@ing.puc.cl

estos puntos de interés fuera de rango de visión sin que sea necesario que el usuario rote buscando los puntos, es un desafío del área [10]. Los sistemas comerciales, como Layar, Junaio y Wikitude, resuelven el problema mediante una vista de radar que contiene los puntos de interés, la misma solución que se hacía en sistemas iniciales de mapas móviles [11]. Los mapas móviles también usaron otras soluciones que buscaban orientar al usuario en cuanto a la *distancia* y la *dirección* de los puntos de interés, tales como Halo [12], Wedge [13], Scaled-Arrows y Stretched-Arrows [14]. En cuanto a sistemas de realidad aumentada se han presentado sistemas con flechas tridimensionales que apuntan hacia los puntos de interés [15], así como Aroundplot, un sistema que busca guiar a los usuarios [16].

En un trabajo previo [17], se presentó una nueva manera de guiar a los usuarios hacia los puntos de interés fuera de pantalla, y también se propuso que los sistemas de realidad aumentada para manejo de emergencias deben cumplir, además de la inclusión de información sobre la distancia y dirección propuesta en trabajos anteriores, tres criterios adicionales sobre los puntos de interés: su tipo, ser escalables, y permitir guiar a los usuarios hasta el punto.

C. Context-awareness en el manejo de emergencias

El context-awareness puede tener gran impacto en el manejo de desastres, mejorando la orientación y el manejo de la emergencia, tanto desde la vista del comandante de incidentes, como del sitio de la emergencia [6]. Un ejemplo de aplicación context-aware para el manejo de emergencias es Siren [7], una aplicación que maneja reglas de contexto y produce alertas, por ejemplo en caso de que el bombero se encuentre en peligro. Otro ejemplo es Overseer [18], un sistema multi-agente que utiliza sensores tales como acelerómetro, sensor de luz, micrófono, para detectar información contextual tal como la velocidad de movimiento, actividad, intensidad de la tarea, para facilitar la colaboración y la asignación de tareas durante la respuesta a una emergencia.

III. ESTUDIO DEL TRABAJO DE BOMBEROS EN UNA EMERGENCIA

Durante el proceso de evaluación de la primera versión de MapaMovil (presentada en [19]), se realizaron 3 *focus groups* con la participación de 5 a 6 bomberos en cada uno. Esta sección presenta un breve análisis de los datos recogidos en aquella evaluación, extendiendo lo presentado en [17]. La metodología fue la siguiente: tras realizarse los focus groups, se transcribieron todos los comentarios de los bomberos, sin identificar al autor del comentario. Luego, se codificaron los distintos temas tratados en cuanto a requerimientos: requerimientos adicionales de información, de hardware, de colaboración. La TABLA I presenta la codificación usada, incluyendo ejemplos de cada uno de los mensajes. Los focus group tuvieron un promedio de 64 intervenciones cada uno de parte de los bomberos participantes.

TABLA I. Códigos de comentarios en focus groups.

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>
req_info	Requerimientos, o pedidos sobre información necesaria para el trabajo de bomberos. Ejemplo: "En caso de un departamento, la red inerte y la red seca, saber dónde están posicionadas".
coment_radio	Comentarios sobre el uso de la radio. Ejemplo: "Lo mismo que dice la radio, pero dejo la frecuencia libre".
colaboración	Temas que involucran a más de un bombero. Ejemplo: "Que la central de alarma pudiera tener ese catastro y que ellos manden las fotos".
hardware	Comentarios sobre el hardware de los dispositivos móviles y la tecnología con la que cuentan los bomberos. Ejemplo: "Nosotros tenemos [en el carro de bomberos] un notebook fijo, y otra pantalla".
otros	Comentarios sobre otros temas, e.g. privacidad, seguridad, tiempo de respuesta de la aplicación. Ejemplo: "Hoy pasa que nos roban información".

Luego, se detectó que en gran parte, los comentarios recibidos son del tipo *req_info*; es decir, apuntan a requerimientos de información adicional. Más aún, algunos comentarios ilustran lo importante que es para un bombero, estando en una emergencia, entender el contexto que lo rodea.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de comentarios hechos por los bomberos que ilustran la importancia de que los bomberos entiendan el contexto que los rodea y puedan recibir información útil sobre el sitio de la emergencia:

- Comentario 1: "*[...] para mí, el beneficio es la información potente que tu obtienes cuando estás parado y ves que se esta quemando algo, indicas algo y ves que al lado hay un restaurant, atrás hay una guardería, y ¿qué hora es? Están funcionando, me tengo que preocupar de la guardería, y la casa del lado tiene una piscina, entonces [...] puedo aspirar de ahí, en vez de armarme a 14 cuadras por un grifo porque no tengo grifo.*"
- Comentario 2: "*Si el llamado hubiera estado prendido con fuego, para mí habría sido importante saber cuántos pisos tenía el edificio, me permite inmediatamente tomar decisiones [...], si el edificio tenía o no red seca [...] tú ya tienes dos variables que modifican tu accionar y te lo hacen más eficiente.*"
- Comentario 3: "*Dado que tenemos los dispositivos y todo eso, hay una infinidad de información que sería importante transmitir, por ejemplo la asistencia...*"

Después de realizar los focus groups y su análisis, se realizaron dos actividades adicionales para poder comenzar con el diseño de la nueva aplicación: una entrevista en profundidad con un bombero, y la escucha de dos grabaciones de la comunicación radial entre bomberos y la central de alarmas. En las entrevistas y grabaciones se observó el estricto protocolo seguido por los voluntarios. Por ejemplo, una información sobre el carro no puede ser preguntada directamente al conductor del mismo, sino que debe pasar por el capitán de la compañía o por el comandante de incidente para que éste la haga llegar al carro. Este tipo de protocolo

debe ser considerado en el diseño de una aplicación tecnológica para bomberos.

IV. MAPAMOVILAR: UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA MANEJO DE EMERGENCIAS

A partir de los resultados de los focus groups, se elaboró una aplicación, llamada MapaMovilAR, que cuenta con dos aspectos principales: (1) la vista de realidad aumentada, que incluye una técnica de interacción llamada SidebARs presentada en [17], y (2) el context-awareness, que se presenta en dos aspectos: la detección del movimiento del carro para activar la vista de ruta hacia la emergencia, y el uso de la orientación del dispositivo móvil para activar vistas de realidad aumentada o de información adicional.

El flujo previsto de información durante una emergencia es el siguiente: una persona llama al número de emergencias (132 en Chile), llamada que es recibida por una central de alarmas. La central ingresa el llamado a su sistema de información y asigna los carros de bomberos que atenderán la emergencia, lo que genera dos archivos XML: uno con los carros y líderes de equipo, y otro con las emergencias y su ubicación. El sistema MapaMovilAR es usado durante el camino hasta la emergencia (en el carro bomba), así como durante la emergencia misma (por cada líder de equipo). Este flujo de información se presenta en la Figura 1.

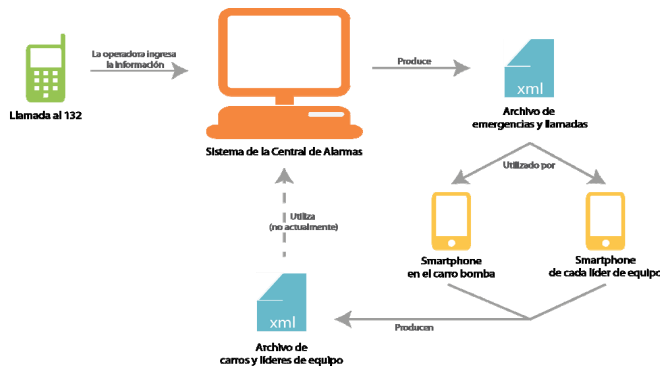


Figura 1. Flujo de información durante una emergencia.

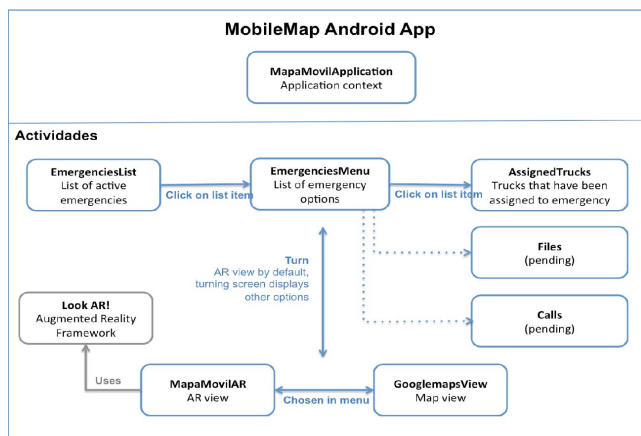


Figura 2. Arquitectura de MapaMovilAR.

La arquitectura de actividades de MapaMovil se compone esencialmente de cuatro actividades, más dos que no han sido implementadas aún (marcadas en líneas punteadas en la Figura 2). Además, se sobrescribió la clase *Application*, para poder contener variables globales de la aplicación. Las siguientes son las actividades correspondientes a la arquitectura de MapaMovilAR:

1. **EmergenciesList:** Despliega la lista con las emergencias activas disponibles.
2. **EmergenciesMenu:** Despliega la lista de opciones sobre una emergencia en particular, y permite seleccionarla como emergencia que se está atendiendo.
3. **CarrosAsignados:** Despliega los carros de la emergencia y luego todos los otros carros, con su estado, comentarios, y distancia hasta el usuario.
4. **Llamados:** Permitirá listar los llamados recibidos sobre esa emergencia por la central.
5. **Archivos:** Permitirá acceder a todos los archivos que compartan los bomberos atendiendo esa emergencia.
6. **MapaMovilAR:** Despliega la vista de realidad aumentada (basado en la biblioteca LookAR [20]) agregando los objetos al mundo (carros bomba, estaciones de policía y bomberos, hospitales y grifos).
7. **GoogleMapView:** Despliega los puntos de interés en el mapa, utilizando la biblioteca de GoogleMaps.

En las siguientes secciones, se presentan los aspectos más relevantes del diseño de MapaMovilAR.

A. Diseño centrado en la Emergencia

Carter y Turoff [21] postulan que en este tipo de sistemas, la mejor metáfora a utilizar es una red de eventos y roles. Por esta razón los menús de MapaMovilAR se organizaron como una secuencia de eventos y roles relacionados con una emergencia particular. Al comenzar a usar la aplicación, se presenta una lista de emergencias con su información respectiva. Al seleccionar una emergencia, se despliega la información disponible acerca de la misma, siguiendo la metáfora de [21]. Esta manera de organizar la información en torno a eventos corresponde a centrar la interfaz en torno a la información de una emergencia.

B. Vista de Mapa y Puntos de Interés

MapaMovilAR conserva la vista de mapa presente en la versión anterior de MapaMovil. La Figura 3 muestra la vista del mapa, en la que se ve la información en torno al sitio de la emergencia, denotado por un símbolo de fuego. Cada uno de los puntos de color representa un tipo de punto de interés, el que se puede seleccionar para ver su información. Además, el usuario de elegir las capas de información que necesita ver en el mapa, pudiendo seleccionar solo las que son útiles a su contexto y necesidades particulares.

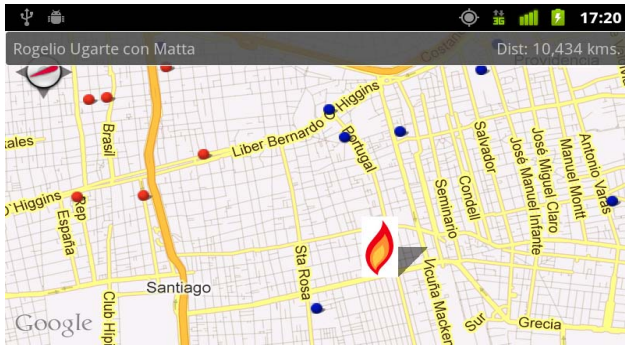


Figura 3. Vista de mapa.

C. Context-awareness

Se incorporó context-awareness en dos instancias, las que son detalladas a continuación:

Primero, cuando comienza el proceso de respuesta a una emergencia, los carros de bomberos son despachados y se trasladan hacia el lugar. Según lo determinado en la versión anterior de MapaMovil, una interfaz adecuada para apoyar la labor de bomberos es mostrar la ubicación actual del carro, la ubicación de la emergencia a la que se está dirigiendo, y la distancia entre los dos, incluyendo además una flecha que represente la dirección de movimiento del carro, y una para representar la dirección hacia el lugar de la emergencia (Figura 4). En esta instancia, dado que la vista de traslado hacia el lugar de la emergencia solo es importante durante el traslado, se optó por mostrarla por defecto solo cuando el carro estuviera en movimiento a una velocidad mayor a la del desplazamiento de una persona a pie. En cuanto la aplicación detecta que el teléfono ya no está en movimiento, se desactiva la vista por defecto y se activa la vista de mapas/realidad aumentada/menú.

Segundo, ya en la emergencia, debido a que se quería aumentar la rapidez con la que se cambia de una funcionalidad a otra, se eligieron los sensores de giro como forma de cambiar entre funcionalidades. Cuando el usuario gira el celular a su posición *vertical*, se despliega una funcionalidad, y otra en *horizontal*. En el caso de MapaMovil se decidió aprovechar ese control para el cambio de funcionalidad, de la lista de emergencias (vertical) al mapa o vista de realidad aumentada (horizontal).

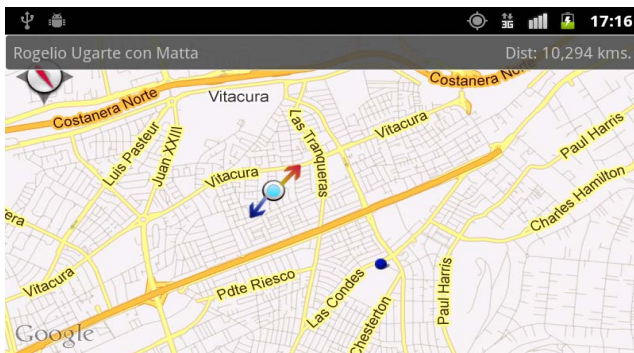


Figura 4. Vista de traslado hacia lugar de emergencia.

D. Realidad Aumentada

Al momento de llegar a la emergencia, la información relevante para el bombero a cargo cambia, pues solo le interesan aquellos objetos que se encuentran en el rango de interés. Se decidió, por tanto, no mostrar todos los objetos de la ciudad, sino los objetos en un rango de 0 a 3000 metros, configurable por el usuario mediante una barra que se desliza (Figura 5).



Figura 5. Vista de realidad aumentada.

Para mostrar los objetos que quedan fuera de la pantalla, se utilizaron dos barras laterales, que agrupan los objetos que quedan fuera de la pantalla y los despliegan con flechas que indican hacia donde se debe rotar para ubicarlos. Para definir los objetos que aparecen en las barras, se usaron las siguientes reglas. Primero, los objetos se dividieron según el tipo de cada uno (carros, grifos, etc.). Luego, se utilizaron las coordenadas geográficas y el ángulo de visión del usuario (obtenido de los datos del dispositivo) para calcular los vectores mostrados en la Figura 6. Luego, se usó el producto cruz entre el vector y el punto para saber si el segundo se encuentra a la derecha o izquierda del vector:

- Si el punto de interés (POI) está a la derecha de la línea izquierda y a la izquierda de la línea derecha, esto indica que está dentro del campo de visión del usuario y por tanto no se agrega a las barras laterales.
- Si el POI está a la izquierda de la línea de la izquierda y a la derecha de la línea trasera, entonces se agrega a la barra lateral izquierda de la pantalla.
- Si el POI está a la derecha de la línea derecha y a la izquierda o colineal de la línea trasera, entonces se agrega a la barra lateral derecha de la pantalla.

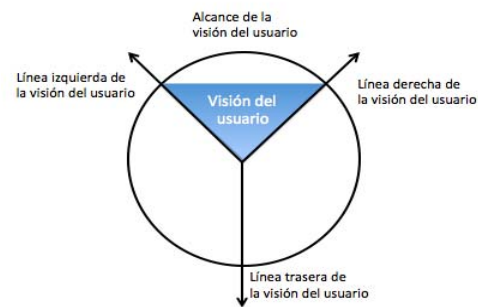


Figura 6. Esquema de la vision del usuario.

E. Resultados de la Evaluación Preliminar

Con el objetivo de evaluar la aplicación desarrollada, se llevaron a cabo dos evaluaciones: una teórica, basada en las heurísticas de Nielsen [22], y otra con 2 bomberos potencialmente usuarios de la aplicación.

Los resultados de la evaluación heurística se presentan en la TABLA II. La tabla muestra que 7 de las 8 heurísticas se ven cumplidas. Las tres que quedan no son realmente importantes para esta aplicación: la n°7 no es relevante para los usuarios, porque la aplicación solo muestra información y no permite una funcionalidad más compleja y con gran interacción del usuario. Además los menús no permiten un camino muy largo por ellos por lo que no se justifica realmente tener más opciones para llegar a la información. La n°8 es solucionable con el trabajo de un diseñador gráfico, que ayude con la estética. La n°10 tampoco es relevante, puesto que esta aplicación será utilizada por un grupo de usuarios muy específicos y que recibirán capacitación del trabajo de campo y del uso de la aplicación de cualquier manera, por lo que no es importante.

TABLA II. Resultado de la evaluación heurística.

#	Título	MapaMovil
1	Visibilidad del estado del sistema	Sí, informa en todo momento de lo que está cargando
2	Ajuste entre el sistema y el mundo real	Sí, se usa el lenguaje de los bomberos en cuanto a forma de definir una emergencia (códigos para los carros, etc.)
3	Control y libertad del usuario	Se soporta con los botones de Android.
4	Consistencia y estándares	Se sigue el estándar de Android y las funcionalidades tienen consistencia en su funcionamiento.
5	Prevención de errores	No se puede llegar a estados de error porque nunca se ingresa información.
6	Reconocer en vez de recordar	Los menu se diseñaron para que toda la información relevante esté en la pantalla, de esta manera se minimiza la carga de memoria del usuario.
7	Flexibilidad y eficiencia de uso	El sistema mantiene algunas preferencias del usuario guardadas, pero no se permiten dos maneras distintas de realizar la misma acción.
8	Estética y diseño minimalista	No es estético, pero tiene sólo la información necesaria.
9	Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores	Se usan los mensajes de error de Android
10	Ayuda y documentación	Requiere la lectura del documento de capacitación. No hay ayuda contextual.

Una vez finalizado el desarrollo del prototipo, se entrevistaron 2 voluntarios de bomberos para tener su opinión frente al mismo. Los voluntarios se mostraron entusiasmados con el prototipo, mencionando que si tiene la información adecuada sería un gran avance con respecto a lo que existe en la actualidad. Se mencionaron varios sistemas que tienen la información presentada, pero valoraron la centralidad de los datos y la movilidad para poder revisarlos en la emergencia misma. De las entrevistas realizadas resultó que la información relevante depende de cada rol. Por ejemplo, a un líder de equipo no le es necesario conocer la ubicación de hospitales, cuarteles y estaciones de carabineros, puesto que sólo lo debe pedir a la Central si necesita una ambulancia y otro carro. Sin embargo, a un Comandante de Incidente esta información le es útil para tomar decisiones, por ejemplo, a qué hospital llamar para llevar un accidentado. Se habló también en las entrevistas de la fragilidad del dispositivo, resultando en que se requieren maneras de protegerlo durante la emergencia. Para el carro, se mencionó la utilidad de contar con una pantalla más grande, por ejemplo usando un *tablet* en vez de un *smartphone*. De fallas de la aplicación se mencionó que no tenga la información de los carros y las personas, pues como mencionó uno de ellos esto daría una "visión panorámica de la emergencia y por tanto se podría actuar en consecuencia".

V. CONCLUSIONES

El presente artículo presentó una aplicación para el manejo de emergencias por parte de bomberos, basado en dos ideas centrales: la importancia de la información en el lugar de los hechos, y la posibilidad de usar información de contexto para acceder rápidamente a ésta.

La evaluación del prototipo desarrollado fue promisorio, destacando el interés de bomberos en Chile por incorporar tecnología a sus actividades. Como trabajo futuro, se deben generar distintas aplicaciones según el rol del usuario, para mostrar información aún más contextualizada, y agregar mayor información sobre las emergencias según su tipo (e.g. información para emergencias químicas y para choques). Además, se requiere una prueba de uso real por parte de bomberos que permita retroalimentar la aplicación y mejorarla basada en las experiencias de los usuarios.

ACKNOWLEDGMENT

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto Fondecyt (Chile) 11110056.

REFERENCES

- [1] Straus, S., Bikson, T., Balkovich, E., and Pane, J.: 'Mobile Technology and Action Teams: Assessing BlackBerry Use in Law Enforcement Units', Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 2010, 19, (1), pp. 45-71
- [2] Azuma, R.T.: 'A Survey of Augmented Reality', Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6, (4), pp. 355-385
- [3] Abowd, G., Dey, A., Brown, P., Davies, N., Smith, M., and Steggles, P.: 'Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness', in Gellersen, H.-W. (Ed.): 'Handheld and Ubiquitous Computing' (1999), pp. 304-307
- [4] Schmidt, A., Beigl, M., and Gellersen, H.-w.: 'There is more to context than location', Computers and Graphics, 1998, 23, pp. 893-901
- [5] Cheng, L.-P., Hsiao, F.-I., Liu, Y.-T., and Chen, M.Y.: 'iRotate: automatic screen rotation based on face orientation'. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA 2012.

- [6] Flentge, F., Weber, S.G., Behring, A., and Ziegert, T.: 'Designing context-aware HCI for collaborative emergency management', in Int'l Workshop on HCI for Emergencies in Conjunction with CHI, 2008.
- [7] Jiang, X., Chen, N.Y., Hong, J.I., Wang, K., Takayama, L., and Landay, J.A.: 'Siren: Context-aware Computing for Firefighting', in Ferscha, A., and Mattern, F. (Eds.): 'Pervasive Computing' (2004), pp. 87-105
- [8] Klann, M.: 'Tactical Navigation Support for Firefighters: The LifeNet Ad-Hoc Sensor-Network and Wearable System', in Löffler, J.A.K., Markus (Ed.): 'Mobile Response' (2009), pp. 41-56
- [9] Wilson, J., Steingart, D., Romero, R., Reynolds, J., Mellers, E., Redfern, A., Lim, L., Watts, W., Patton, C., and Baker, J.: 'Design of monocular head-mounted displays for increased indoor firefighting safety and efficiency', in: *SPIE 5800, Helmet- and Head-Mounted Displays X: Technologies and Applications*, pp. 103-114, 2005.
- [10] Kurkovsky, S., Koshy, R., Novak, V., and Szul, P.: 'Current issues in handheld augmented reality', in: '2012 International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT)' pp. 68-72, 2012.
- [11] Rantanen, M., Oulasvirta, A., Blom, J., Tiitta, S., M., M.: 'InfoRadar: group and public messaging in the mobile context'. Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction, Tampere, Finland 2004.
- [12] Baudisch, P., and Rosenholtz, R.: 'Halo: a technique for visualizing off-screen objects'. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA 2003.
- [13] Gustafson, S., Baudisch, P., Gutwin, C., and Irani, P.: 'Wedge: clutter-free visualization of off-screen locations'. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Florence, Italy 2008.
- [14] Burigat, S., Chittaro, L., and Gabrielli, S.: 'Visualizing locations of off-screen objects on mobile devices: a comparative evaluation of three approaches'. Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, Helsinki, Finland 2006.
- [15] Schinke, T., Henze, N., and Boll, S.: 'Visualization of off-screen objects in mobile augmented reality'. Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, Lisbon, Portugal 2010.
- [16] Jo, H., Hwang, S., Park, H., and Ryu, J.-h.: 'Aroundplot: Focus+context interface for off-screen objects in 3D environments', *Computer & Graphics*, 2011, 35, (4), pp. 841-853
- [17] Siu, T., and Herskovic, V.: 'SidebARs: Improving awareness of off-screen elements in mobile augmented reality', in *ChileCHI 2013*, 2013.
- [18] Luqman, F.B., and Griss, M.L.: 'Overseer: A Mobile Context-Aware Collaboration and Task Management System for Disaster Response', in Proceedings of the 2010 Eighth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing, 2010.
- [19] Monares, A., Ochoa, S.F., Pino, J.A., Herskovic, V., Rodriguez-Covili, J., and Neyem, A.: 'Mobile computing in urban emergency situations: Improving the support to firefighters in the field', *Expert Syst. Appl.*, 2011, 38, (2), pp. 1255-1267
- [20] <http://www.lookar.net> accessed July 2013
- [21] Carver, L., and Turoff, M.: 'Human-computer interaction: the human and computer as a team in emergency management information systems', *Communications of the ACM*, 2007, 50, (3), pp. 33-38
- [22] Nielsen, J., and Molich, R.: 'Heuristic evaluation of user interfaces', in *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 249-256, 1990.



Teresa Siu obtuvo su título de Ingeniero Civil de Industrias con Diploma en Tecnologías de Información de la Pontificia Universidad Católica de Chile el año 2012. Sus áreas de interés son las interfaces humano-computador. Actualmente, trabaja en la industria.



Valeria Herskovic obtuvo su título de Ingeniero y Doctora en ciencias, mención computación, de la Universidad de Chile. Sus áreas de interés son las interfaces humano-computador y CSCW, en particular temas ligados a la visualización, modelamiento y comprensión de procesos de colaboración. Actualmente, es profesora asistente del Departamento de Ciencia de la Computación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.