

Mejorando la Conciencia Situacional en Operaciones Militares utilizando la Realidad Aumentada

Alejandro Mitaritonna¹, María José Abásolo^{2,3}

¹ **Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)**
San Juan Bautista de La Salle 4397 (B1603ALO) Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina
amitaritonna@citedef.gob.ar

² **Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA)**

³ **Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)**
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
calle 50 y 120 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina
mjabasolo@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen. Durante las operaciones militares, los campos de batalla se convierten en zonas fracturadas donde el nivel de confusión, el ruido y la ambigüedad impactan en la manera de alcanzar los objetivos tácticos. La Conciencia Situacional (CS) se convierte en un reto ya que la percepción de la situación es inestable, lo que conduce a la comprensión degradada y a la incapacidad del soldado en proyectar los resultados apropiados. Para afrontar dicho reto diversos proyectos militares han centrado sus esfuerzos en diseñar un sistema digital integrado como soporte para la toma de decisiones del personal militar en ambientes desconocidos. En particular, este trabajo presenta una recopilación actualizada de algunos sistemas digitales que utilizan la Realidad Aumentada (RA) como un medio para la representación visual de la información adquirida del contexto. Adicionalmente, se propone un framework de RA cuyo objetivo es mejorar la CS de los soldados en el campo de batalla mediante el uso de la RA.

Palabras claves: Realidad Aumentada, Conciencia Situacional, Dispositivos Móviles, Conocimiento del Contexto, Guerra Centrada en Redes

1 Introducción

De acuerdo a Bryant, D. et al [3] el fratricidio sigue siendo una amenaza muy real en los campos de batalla actuales. Para hacer frente a esto, los militares han puesto mucho esfuerzo en el desarrollo de tecnologías de identificación en combate para mejorar la capacidad de los soldados en identificar al enemigo con precisión. Saarelainen, Tapio et al [19] afirman que las futuras operaciones militares se basarán

en herramientas de Comando, Control, Comunicaciones, Informática, Información, Inteligencia (en inglés C4I2, Command, Control, Communications, Computers, Information, Intelligence) para un rendimiento óptimo en sus tareas asignadas en ambientes versátiles y hostiles.

La CS es una representación mental y comprensión de los objetos, eventos, interacciones, condiciones ambientales y cualquier otro tipo de factores de una situación específica que puedan afectar al desarrollo de las tareas humanas. Muchas de las operaciones militares se desarrollan en entornos desconocidos. Las soluciones de CS permiten a los soldados hacer un uso efectivo de la información variada en un contexto de batalla siendo uno de los principales objetivos la reducción de la carga cognitiva en momentos de stress. Las nuevas tecnologías ofrecen métodos innovadores de obtener información contextual y representarla visualmente de una manera natural y no invasiva sin afectar el proceso cognitivo del combatiente. Es el caso de la Realidad Aumentada (RA).

La RA, definida por Azuma, R. [1] se refiere a aplicaciones interactivas en tiempo real donde se visualiza la realidad con elementos sintéticos agregados (objetos 3D, sonidos, texto, etc.). Existen diversos proyectos que incorporan el uso de RA en aplicaciones militares, ya que con su uso podría producir mejoras dramáticas en el rendimiento del soldado y proporcionar una gran ventaja en el combate.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: la sección 2 introduce definiciones como Conciencia Situacional, Conocimiento del Contexto, Cognición Aumentada, Realidad Aumentada y Guerra Centrada en Redes. La sección 3 presenta una revisión de diferentes proyectos militares que utilizan la RA para mejorar la CS en el campo de batalla. La sección 4 se propone un framework de software de RA. Por último la sección 5 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

2 Definiciones

2.1 Conciencia Situacional

Brown, David Wm [2] menciona que la CS (en inglés, situation awareness o también situational awareness) se refiere a la percepción, la comprensión, y la previsión de los elementos dentro de un entorno operacional requerido para actuar con eficacia dentro de ese ambiente.

Tremblay, Sébastien et al [22] definen que la CS es un requisito previo para la oportuna y correcta toma de decisiones en el rápido y altamente estresante contexto de los entornos operativos de infantería. Se espera que la introducción de las tecnologías de soporte electrónico en el campo de batalla mejore la CS, proporcionando la información correcta, en el momento adecuado y en el formato correcto.

Por otra parte Endsley, M. R [7], [8] menciona que la CS es la percepción de los elementos en el medio ambiente dentro de un volumen de tiempo y espacio, la comprensión de su significado y la proyección de su situación en un futuro próximo.

En la figura 1 se grafica el modelo de la CS en la toma de decisión dinámica.

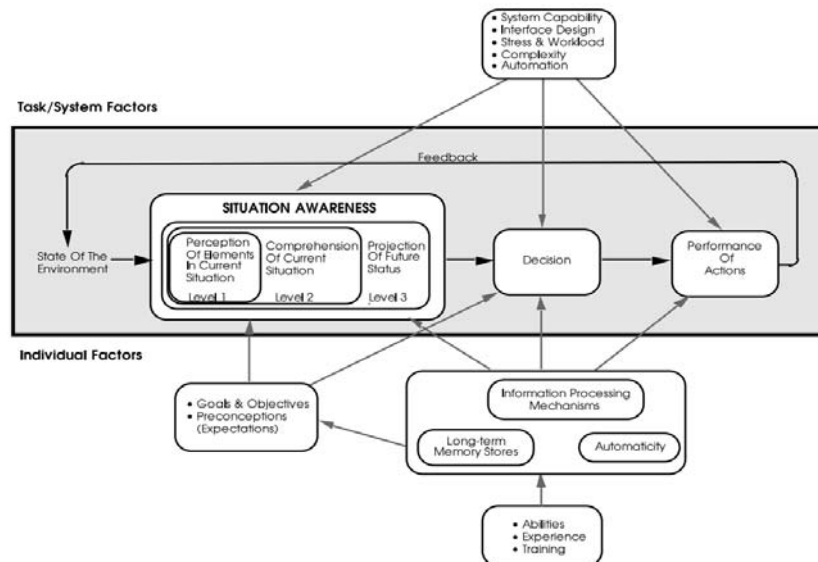


Fig. 1 – Modelo de la CS en la toma de decisión dinámica (Endsley, 1955)

Endsley, M. R. et al [9] determinan que uno de los factores más importantes que subyacen en el desarrollo de una adecuada CS es la presencia de los modelos mentales y esquemas de situaciones prototípicas. Proporcionan una construcción mental fundamental para dirigir la forma de asignar la atención y destacar los temas críticos.

2.2 Conocimiento del Contexto

La definición formal del Conocimiento del Contexto (en inglés, context-aware) más ampliamente aceptada ha sido proporcionada por Dey, A. y Abowd, G. D. [6]: "El contexto es cualquier información que se puede utilizar para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad puede ser una persona, un lugar o un objeto que se considera relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluido el usuario y las propias aplicaciones".

Para Dey, Anind K. et al [5] el contexto puede ser considerado como un conjunto de información que incluye la actividad del usuario, ubicación, preferencias personales y el estado actual. La movilidad crea situaciones en las que el contexto del usuario, tales como la ubicación de un usuario y las personas y objetos a su alrededor, es dinámico y se va modificando. El contexto se define mejor como estados o configuraciones ambientales, tales como: ubicación, orientación, tiempo, objetos cercanos o personas, nivel de luz ambiental, ruido y temperatura.

De acuerdo a Schilit, B. et al [21] al proveer acceso al contexto se incrementa la riqueza de la comunicación hombre-máquina y la efectividad de la elaboración de la tarea.

Hull, R. et al [12] las define como los sistemas de cómputo capaces de sentir, interpretar y responder de acuerdo con el entorno en que se encuentra el usuario.

2.3 Cognición Aumentada

Para desarrollar un sistema de visualización de información se debe examinar cuáles son las necesidades de información y determinar cuál es la mejor modalidad o combinación de modalidades que consistiría en presentar esa información con el fin de que el sistema sea robusto, utilizable y eficaz. La capacidad de procesamiento de información de los seres humanos se ha convertido rápidamente en un factor limitante en la interacción hombre-máquina. Este problema ha motivado el desarrollo de una nueva disciplina científica mencionada en [15] llamada Cognición Aumentada (CA). Métodos para detectar y mitigar las limitaciones de procesamiento humano de la información y el diseño de soluciones para mejorar el intercambio y uso de la información en los sistemas hombre-máquina son las preocupaciones específicas de la CA.

2.4 La Realidad Aumentada

De acuerdo a Hicks, Jeffrey et al [10] la RA proporciona al usuario información superpuesta que se puede visualizar en el mundo real, es decir, complementa al mundo real con información virtual. La RA mejora la percepción del mundo natural mediante el agregado de información a los sentidos, ya sean visuales, sonidos, olores o sensaciones táctiles. La RA se refiere a la mezcla de las señales virtuales a partir del entorno tridimensional real en la percepción del usuario. Denota la fusión 3D de imágenes sintéticas en la visión natural del usuario del mundo circundante, utilizando gafas o un HMD (en inglés, head-mounted display). A través de la capacidad de presentar la información superpuesta, integrados en el entorno del usuario, la RA tiene el potencial de proporcionar beneficios significativos en muchas áreas de aplicación. Muchos de estos beneficios surgen del hecho de que las señales virtuales presentadas por un sistema de RA pueden ir más allá de lo que es físicamente visible.

2.5 Guerra Centrada en Redes

De acuerdo al DoD [4] la guerra centrada en redes (en inglés, Network-centric warfare) es una doctrina militar que apunta a convertir una ventaja informativa en una ventaja competitiva mediante una sólida red de fuerzas, geográficamente dispersas, pero bien conectadas e informadas.

Moffat, J. y Atkinson, S. R. [17] describen que se está dirigiendo hacia una estructura organizacional de Guerra Centrada en Redes que es plana, rápida y está basada en la información, en contraste con la estructura jerárquica de movimiento lento, basado en el modelo de comando y control que ha definido los sistemas de gestión del siglo 20. En la Guerra Centrada en Redes, las computadoras integran la información adquirida a partir de múltiples fuentes, para aumentar la CS del espacio de batalla en tres dimensiones y crear una imagen que proporciona información crítica y relevante para todos los niveles de mando y control, que incluyen al soldado. Las redes se forman a través de nodos con la información transmitida a través de los puestos de mando, vehículos, y computadoras portátiles de los soldados.

3 Revisión de proyectos militares

3.1 Antecedentes

Zieniewicz, Matthew J. et al [24] mencionan que en el año 1989, el Ejército de EE.UU. utilizó una pequeña computadora portátil para ayudar a los soldados en las tareas de campo de batalla.

James Schoening, analista de investigación que trabajó en el CECOM (Communications Electronics Command) del Ejército de EE.UU., es quien comienza a utilizar computadoras portátiles. Trabajando con Matt Zieniewicz, Schoening transformó su idea en una arquitectura de sistema con tecnologías específicas, tales como la transmisión inalámbrica de datos, captura de imágenes y Sistema integrado de Posicionamiento Global (GPS). En 1990, Schoening y Zieniewicz se asociaron con John Flatt, Sal Barone y Almon Gillette para demostrar el sistema *Soldier's Computer*. Más tarde, basándose en el proyecto *Soldier's Computer*, dio origen al proyecto SIPE (Soldier Integrated Protective Ensemble). El proyecto SIPE, dirigido por Carol Fitzgerald, fue el primero en que el Ejército de EE.UU trató a los diversos componentes de los equipos de combate como un sistema integrado.

3.2 Proyecto Eyekon

Hicks, Jeffrey et al [10] definen al proyecto EyeKon como un sistema de soporte a la toma de decisiones basado en agentes inteligentes instalados en una computadora portátil que transporta el soldado. El soldado visualiza información de objetivos y otra información en su armamento. El proyecto tiene como objetivo desarrollar iconos inteligentes y descripciones que se superponen en el video del arma del soldado. Las funciones básicas de Eyekon se encuentran en una computadora portátil conectada vía una red inalámbrica segura a una base de datos local y remota. Incorpora sensores que brindan información en tiempo real (por ejemplo sensor inercial, GPS, IR, etc). El software está compuesto por agentes que realizan consultas a la red a fin de monitorear información de amenazas y otros tipo de información estratégica para el soldado (por ejemplo misión, estados, etc). Sobre la pantalla del arma se superimprime información utilizando técnicas de RA.

3.3 Proyecto BARS

El Naval Research Laboratory (NRL) desarrolló un sistema prototipo de realidad aumentada conocido como BARS (en inglés, Battlefield Augmented Reality System) [16]. Este sistema conecta a múltiples usuarios móviles junto con un centro de mando. BARS se centró en el desarrollo de un sistema digital para ayudar a resolver el creciente énfasis en las operaciones militares en terreno urbano. BARS realiza el seguimiento (tracking) de la posición y orientación de la cabeza del usuario y superpone gráficos junto con anotaciones que se alinean con los objetos reales en el campo visual del usuario. Varias unidades compartían una base de datos común, donde las personas podían optar por unirse a un canal determinado para acceder a los datos gráficos.

3.4 Proyecto iARM

En el año 2009, el Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) contrató a la empresa Tanagram Partners para desarrollar el proyecto Intelligent Augmented Reality Model (iARM) [14]. Básicamente, el objetivo de iARM es desarrollar un sistema digital integrado que podría mejorar significativamente la toma de decisiones del personal militar en entornos complejos a través de un sistema operativo integrado, un modelo de servicios de datos, y un HMD mejorado. El objetivo es que todos estos componentes trabajen juntos de una manera transparente permitiendo a los soldados percibir, comprender y, lo más importante, proyectar el mejor curso de acción para un mayor rendimiento para alcanzar los objetivos tácticos. El proyecto iARM abarca muchos de los atributos de la inteligencia artificial. En la figura 2 se muestra el diseño conceptual del HMD y la visión del soldado a través de las gafas.

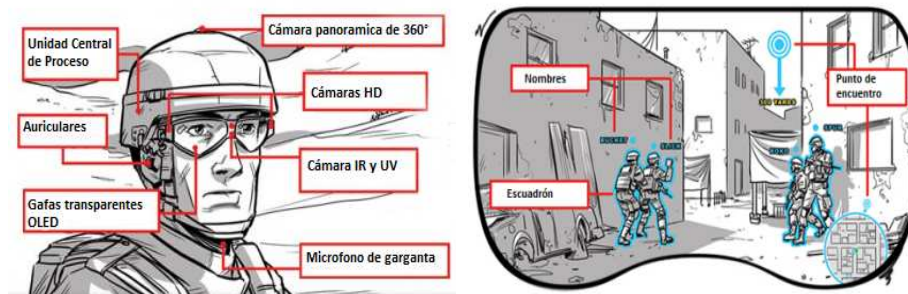


Fig. 2 – Diseño conceptual del proyecto iARM

3.5 Proyecto ULTRA-Vis

En [23] se detalla que el programa Urban Leader Tactical Response, Awareness and Visualization (ULTRA-Vis), soportado por el DARPA en su fase 1, ha desarrollado un prototipo de un sistema de RA para los soldados en el campo de batalla. El sistema ULTRA-Vis superpone iconografía gráfica a todo color en la escena local observada por el soldado. El programa desarrolló e integró un sistema de poco peso, una pantalla *see-through* holográfica de bajo consumo con un sistema de visión de tracking de posición y orientación. Usando el sistema ULTRA-Vis, un soldado puede visualizar la ubicación de otras fuerzas, los vehículos, los peligros y las aeronaves en el medio ambiente local, incluso cuando éstos no son visibles para el soldado. Además, el sistema puede ser utilizado para comunicar al soldado de una variedad de información tácticamente significativa incluyendo imágenes, rutas de navegación y alertas. El prototipo estará dotado para el reconocimiento gestual mediante el uso de un guante. Permitirá superimprimir símbolos en el campo de batalla en 3D, localizar objetivos enemigos y ubicar a las fuerzas aliadas. ULTRA-Vis provee a los escuadrones una ventaja táctica muy clara permitiendo la colaboración entre los integrantes del escuadrón. Posibilitará una alta conciencia situacional y la habilidad de tomar decisiones mientras se está en movimiento en el campo de operaciones. En la figura 3 se muestra el diseño conceptual del proyecto ULTRA-Vis.

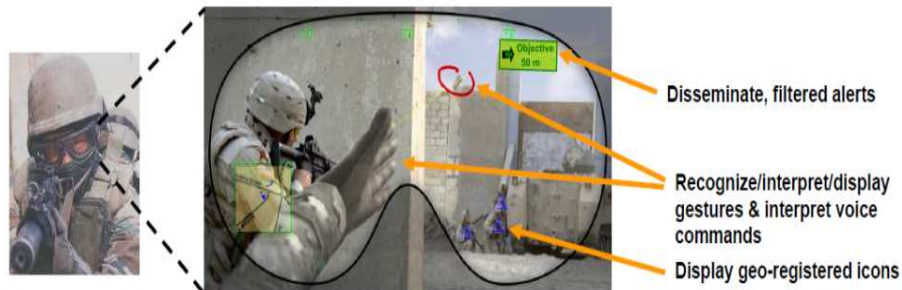


Fig. 3 – Diseño conceptual del prototipo ULTRA-Vis

4 Framework de RA propuesto

En esta sección se presenta el framework RAIOM (Realidad Aumentada para la Identificación de Objetivos Militares). La subsección 4.1 detalla el denominado Modelo de Información - desde la obtención de la información, su procesamiento, hasta su visualización. La subsección 4.2 explica la importancia del filtrado y representación de la información obtenida del contexto a través de la transformación que va teniendo la información hasta la representación visual final. Teniendo en cuenta lo antes mencionado y luego de haber analizado los proyectos militares detallados en la sección anterior, la subsección 4.3 describe el framework RAIOM, el cual utiliza a la RA como tecnología de representación visual y cuyo fin será mejorar la CS de los soldados en operaciones militares.

4.1 Modelo de Información

Al proceso de transformación de la información obtenida del contexto para representarla visualmente de una manera natural la hemos denominado *Modelo de Información* (Fig. 4). Dicho modelo define como la información pasa por diferentes etapas hasta la representación visual de la misma. Estas etapas se centran en *Adquirir*, *Enviar*, *Procesar* y *Representar* la información del contexto. La etapa de *Adquirir* denota la obtención de información del contexto, principalmente, a través de sensores dispersos geográficamente. La etapa de *Enviar* corresponde al envío de la información adquirida en la etapa anterior por medio de componentes de comunicación. La etapa de *Procesar* se encarga de computar la información obtenida del contexto para luego enviarla a un dispositivo móvil que se encargará de tratar a la información mediante técnicas de pre-procesamiento, detección, extracción, clasificación, reconocimiento, identificación, etc. La última etapa del modelo se refiere a *Representar* la información que fue procesada en la etapa anterior. La representación de la información es visual y se utilizan técnicas como la RA para enriquecer la percepción del usuario del mundo real.

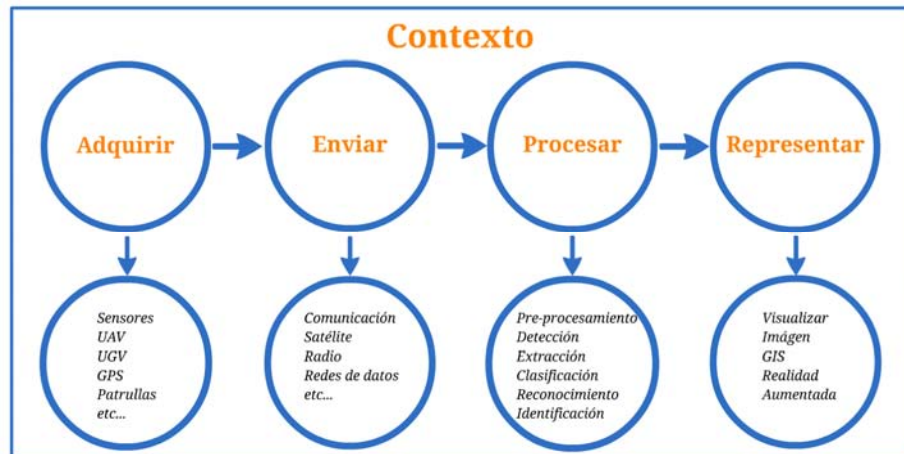


Fig. 4 – Etapas del Modelo de Información

4.2 Representación y filtrado de la información

Julier, S. et al [13] han presentado la idea de utilizar el contexto del mundo real para obtener información, implementando un sistema que filtra la información basada en la ubicación física, superponiendo información mediante el uso de la RA. El objetivo principal de filtrar información es priorizar y reducir la cantidad de información que se presenta con el fin de mostrar sólo lo que es relevante para el usuario.

Sestito, S. et al [20] mencionan que debido a la movilidad del soldado a través del medio ambiente, el contexto puede cambiar drásticamente dependiendo de su posición. La cantidad de información que se puede mostrar a un usuario en un mundo virtual puede ser abrumadora. Para paliar este problema, el sistema debe ordenar y priorizar la información de modo tal que se deben mostrar las características que son "más relevantes" para el soldado, como por ejemplo amenazas.

4.3 Proyecto RAIOM

Habiendo analizado los proyectos militares que utilizan la RA para mejorar la CS de los soldados en los campos de batalla, proponemos el diseño de un framework de software que contemple las mejores características de los mencionados proyectos y se ajusten a las necesidades concretas del personal militar. El objetivo del proyecto RAIOM, es mejorar la CS del combatiente tomando información del contexto y representarla visualmente mediante el uso de la RA para ayudar al soldado a tomar decisiones bajo presión. El proyecto RAIOM se basa en una comprensión del estado actual de la tecnología digital, la naturaleza cambiante del combate, la evolución del papel del soldado y la creciente importancia de la CS.

Capacidades Operativas:

- Interacción mediante reconocimiento gestual y vocal para la toma de datos
- Tracking múltiples (GPS, sensores, visión, etc.)
- Detección y reconocimiento de objetos tridimensionales
- Reconocimiento facial

- Identificación de aliados y enemigos
- Filtrado de información prioritaria
- Implementación e integración del prototipo en dispositivos móviles

Características:

- Autónomo (poca dependencia de acceso a la red externa)
- Omnidireccional (comunicación entre los integrantes de la patrulla y el centro de Comando y Control)
- Liviano (reconocimiento Gestual/Vocal) y componentes de bajo consumo.
- Seguro (cifrado a Canal + Datos –Proyecto C-RAIOM-)
- Código abierto (Framework + SO)
- Móvil (Smartphones, tabletas y gafas)

5 Conclusión y trabajos futuros

En este artículo se ha descrito como se puede mejorar la CS utilizando la RA como una técnica avanzada de representación de la información contextual en un entorno bélico. Para un mejor entendimiento se definió el significado de términos como Conciencia Situacional, Conocimiento del Contexto, Realidad Aumentada, Cognición Aumentada y Guerra Centrada en Redes. Se hizo una revisión histórica de los sistemas digitales militares que utilizan la RA para mejorar la CS. Se describió el Modelo de Información para explicar cómo la información va pasando por diferentes etapas hasta llegar al último eslabón del modelo que es la representación visual de la información. Se detalló la importancia del filtrado de la información ya que dicta qué se debe mostrar al soldado y cuándo hacerlo. La investigación presentada sirve para reunir y analizar el estado del arte de los proyectos militares de cara a realizar el diseño del framework de software denominado RAIOM. Dicho framework será diseñado para brindar soporte para la toma de decisiones del personal militar en ambientes desconocidos utilizando la RA.

Referencias

1. Azuma R. (1997). A survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, no. 4, pp. 355-385
2. Brown, David Wm. (2012). A Survey of Mobile Augmented Reality Technologies for Combat Identification Applications. MSc thesis. Athabasca University.
3. Bryant, D.; Smith, D. (2009). Comparison of Identify-Friend-Foe and Blue-Force Tracking Decision Support for Combat Identification. DRDC: Toronto, Rep. 2009-214
4. Department of Defense of USA –DoD- (2005). The Implementation of Network-Centric Warfare. Washington, D.C.. p. 7
5. Dey, Anind K.; Abowd, Gregory D.; Brown, Peter J.; Davies, Nigel; Smith, Mark; Steggles, Pete (1999). Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Pages 304-307.
6. Dey, A.; Abowd G. D. (2000). Towards a better understanding of context and context-awareness. En: CHIA'00 workshop on Context-Awareness.

7. *Endsley, M. R.* (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. In *Proceeding of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting* (pp. 97-101). Santa Mónica, CA: Human Factors Society.
8. *Endsley, M. R.* (1995). A taxonomy of situation awareness errors. In R. Fuller, N. Johnston & N. McDonald (Eds.), *Human Factors in Aviation Operations* (pp. 287-292). Aldershot, England; Averbury Aviation, Ashgate Publishing Ltd.
9. *Endsley, M. R.; Bolstad, Cheryl A.; Jones, Debra G.; Riley, Jennifer M.* (2003). Situation Awareness Oriented Design: From User's Cognitive Requirements to Creating Effective Supporting Technologies. *Human Factors and Ergonomics 47th Annual Meeting*, Denver, Colorado, EEUU.
10. *Hicks, Jeffrey; Flanagan, Richard; Dr. Petrov, Plamen; Dr. Stoyen, Alexander* (2003). *EyeKon: Distributed Augmented Reality for Soldier Teams*. © Copyright 21st Century Systems, Inc.
11. *Holmquist, J.; Barnett, J.* (2001). Digitally Enhanced Situation Awareness: An Aid to Military Decision-Making. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 45 no. 4 542-546
12. *Hull, R.; Neaves, P.; Bedford-Roberts, J.* (1997). Towards situated computing. En: *1st International Symposium on Wearable Computers*, pp. 146–15
13. *Julier, S.; Lanzagorta, M.; Baillot, Y.; Rosenblum, L.; Feiner, S.; Hollerer, T.; Sestito S.* (2000). Information filtering for mobile augmented reality. In: *Augmented Reality. (ISAR 2000)*. *Proceedings. IEEE and ACM International Symposium*.
14. *Juhnke, Joseph; Kallish, Adam; Delaney, Dan; Dziedzic, Kim; Chou, Rudy; Chapel, Tim.* (2010). *Tanagram Partners. Final Project Report. Aiding Complex Decision Making through Augmented Reality: iARM, an Intelligent Augmented Reality Model*.
15. *Kobus, D. A.; Brown C. M.* (2006). *DARPA Improving Warfighter Information Intake Under Stress—Augmented Cognition*. Pacific Science & Engineering Group, Inc. SSC San Diego.
16. *Livingston, Mark A.; Rosenblum, Lawrence J.; Julier, Simon J.; Brown, Dennis; Baillot, Yohan; Swan II, J. Edward; Gabbard, Joseph L.; Hix, Deborah* (2002). *An Augmented Reality System for Military Operations in Urban Terrain*. *Proceedings of Interservice / Industry Training, Simulation & Education Conference (I/ITSEC)*, December 2 -5, Orlando, Florida, page 89 (abstract only).
17. *Moffat, J.; Atkinson, S. R.* (2002). *Libro: The Agile Organization: From Informal Networks to Complex Effects & Agility*.
18. *Moon, Yong-Woon; Jung, Hae-Sun; Jeong, Chang-Sung* (2010). *Context-awareness in Battlefield using Ubiquitous Computing. Network Centric Warfare. 2010 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT 2010)*
19. *Saarelainen, Tapio; Jormakka, Jorma* (2010). *C4I2-Tools for the Future Battlefield Warriors. IEEE - Fifth International Conference on Digital Telecommunications*.
20. *Sestito, Sabrina; Julier, Simon, Lanzagorta, Marco; Rosenblum, Larry* (2000). *Intelligent Filtering for Augmented Reality*. In: *Proceedings of SimTecT 2000*, Sydney, Australia.
21. *Schilit, B.; Adams, N.; Want R.* (1994). *Context-aware computing applications*. En: *1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 85-90.
22. *Tremblay, Sébastien; Jeuniaux, Patrick; Romano, Paul; Lowe, Jacques; Grenier, Richard* (2011). *A Multi-Perspective Approach to the Evaluation of a Portable Situation Awareness Support System in a Simulated Infantry Operation*. *IEEE - International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA)*, Miami Beach, FL.
23. *ULTRA-Vis* (2008). BAA 08-36. *Broad Agency Announcement for Information Processing Techniques Office and Defense Advanced Research Projects Agency*.
24. *Zieniewicz, Matthew J.; Johnson, Douglas C.; Wong, Douglas C.; Flatt, John D.* (2002). *The Evolution of Army Wearable Computers*. *PERVASIVE Computing*.