



Computación Contextual basada en Tecnologías Semánticas en el marco de la Movilidad Humana

Carlos Lamsfus y Aurkene Alzua-Sorzabal, CIC TOURGUNE.

En la actualidad la actividad científica en turismo constituye un campo muy activo dentro de las ciencias de la computación. La evolución de los dispositivos móviles, de las tecnologías de conectividad y la tendencia a generar espacios híbridos (cerca de una simbiosis entre naturaleza y tecnología) provocará un cambio radical en la forma en la que las personas interactúan con su entorno. El trabajo que se presenta en este artículo pretende avanzar en el desarrollo de soluciones asociadas a las personas y sus desplazamientos, visitantes en términos operativos, en un entorno altamente digitalizado. En los espacios futuros, caracterizados por su ubicuidad, la representación y modelado del contexto son fundamentales.

.....
Carlos Lamsfus. Investigador senior de CIC TOURGUNE, ingeniero en Organización Industrial (2000) e Ingeniero Industrial (2005) por la Escuela de Ingenieros de la Universidad de Navarra, Tecnun, en San Sebastián. Miembro del Comité Científico de TTRA (2008 y 2009) y miembro del Comité Ejecutivo de harmonET.



.....
Aurkene Alzua-Sorzabal (PhD), directora general de CIC TOURGUNE; doctora en Outdoor Recreation and International Tourism (Universidad de Purdue, EE.UU., 1999). Ha trabajado en la aplicación de teorías y métodos sociales en el área del patrimonio natural y cultural. Es Profesora Adjunta en la Universidad de Deusto.



Este artículo presenta una aproximación diferente y novedosa al campo de la Computación Contextual porque aborda los fundamentos teóricos del contexto desde una perspectiva dinámica; desde el marco de la movilidad humana y el turismo. En particular, se pretende estudiar el contexto de un visitante con el fin de caracterizar la información relevante para asistirle en su desplazamiento. En base a una revisión profunda de la literatura se ha trabajado en los fundamentos teóricos del contexto y se proponen algunas recomendaciones que pretenden ser vinculantes para los expertos en Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. El caso de uso desarrollado enfatiza la necesidad de seguir profundizando en la modelización y gestión de la información de contexto y la necesidad de superar las aproximaciones al contexto desde la utilización de sensores ya que supone un serio obstáculo en la universalización de este

sistema. Las aplicaciones basadas en el contexto representan no sólo el futuro de los servicios turísticos (Bernardos et al., 2007) sino también la oportunidad para comprender mejor el comportamiento humano en la sociedad digital del futuro. Hacia 2015 más de tres mil millones de personas realizarán un viaje internacional al año y la densidad de los flujos de visitantes regionales e internacionales se triplicará con respecto a las actuales (SITA, 2009). Además, la mayoría de estas personas habrá pasado gran parte de su vida (adulta) en la era digital y su comportamiento con el entorno será radicalmente diferente al actual. El tiempo continuará siendo un recurso cada vez más escaso y, este tipo de visitantes pasajeros requerirán servicios en cualquier momento, adecuada a su contexto personal y ambiental.

Desde que Mark Weiser enunció un nuevo paradigma de interacción con los ordenadores (Weiser, 1991), se han desarrollado multitud de proyectos de investigación sobre sistemas sensibles al contexto o *context-awareness* (Ay, 2007; Vázquez, 2007). Pese al esfuerzo realizado, los prototipos desarrollados no han podido avanzar hacia aplicaciones útiles y sólo existen en algunos laboratorios de centros de investigación (Lamsfus et al., 2009a). Se podría argumentar que son varias las causas de estos resultados escasos. En primer lugar, se carece de consenso concerniente al marco conceptual para los sistemas basados en el contexto (Dey, 2001; Gu et al., 2004) que dé lugar a una definición operativa (Dey, 2000). En segundo lugar, no ha habido una aproximación científica al contexto como objeto de estudio. Al contrario, se ha estudiado como una variable auxiliar en otras disciplinas científicas como, por ejemplo, interacción persona-máquina (Dey, 2000), agentes *software* inteligentes (Chen et al., 2005) o sistemas distribuidos (Strang, 2003). En estos trabajos, las aproximaciones son muy reduccionistas y únicamente mejoran las funcionalidades concretas de unos sistemas, altamente dependientes de entornos sensorizados.

A esta situación claramente insuficiente se le debe añadir la significativa permeabilidad social de terminales móviles de última generación, tanto desde el punto de vista de capacidad de cómputo como de capacidad de conectividad a fuentes de información. La rápida progresión en la adopción social de estas herramientas móviles provoca nuevos comportamientos y demandas difícilmente realizables desde el grado de desarrollo científico y tecnológico actual. Existen importantes barreras tecnológicas y retos científicos entre los que destacan las capacidades y tecnologías semánticas, aprendizaje automático, interoperabilidad entre tecnologías de conectividad, algoritmos de optimización, interacción persona dispositivo, computación persuasiva, etc.



Articulado dentro de este marco, el presente artículo se centra en proporcionar algunas mejoras conseguidas en la investigación asociada a la semántica y la computación contextual en el ámbito de las personas en movilidad (visitantes de entornos).

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera: en el apartado 1 se menciona parte de la revisión de la literatura más relevante. En el apartado 2 se muestran las contribuciones de este trabajo de investigación, en el apartado 3 se muestra un caso de uso o escenario de aplicación y, finalmente, en el apartado 4, se presentan las conclusiones e implicaciones del trabajo.

1- REVISIÓN DE LA LITERATURA

El análisis de la investigación en sistemas basados en contexto, comenzada ya hace cerca de 20 años, puede enmarcarse dentro de dos corrientes principales:

La primera es la que cubre la última década del siglo pasado. El trabajo que se desarrolló durante esos años se centró, principalmente, en estudiar los fundamentos teóricos y conceptuales de las aplicaciones sensibles al contexto. De esta manera, se desarrollaron diversas aplicaciones que gestionaban la información originada en el contexto de sus usuarios, sobre todo, para asistirles en su interacción con los dispositivos electrónicos. El trabajo teórico llevado a cabo fue tan significativo, que las definiciones más importantes de «contexto» pertenecen a esta época (Want et al., 1992) (Schilit y Theimer, 1994) (Dey, 2000).

Sin embargo, esta primera generación de investigadores no llegó a un consenso sobre la delimitación del campo de estudio, ni tampoco acordó una única metodología o modelo para gestionar la información de contexto. Además, ninguno de los métodos de gestión de la información contextual propuestos inicialmente (década de los 90), anticipó el uso de tecnologías semánticas debido, en gran medida, al temprano desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) como disciplina. Aún en los 90 no se tenía una idea clara del potencial de las ontologías (Gruber, 1993) y las tecnologías semánticas y, en consecuencia, los investigadores ni siquiera las consideraban como aproximaciones alternativas para modelar el contexto. Hacia finales de los años 90 y principios del nuevo siglo, el trabajo que la comunidad científica de IA había estado llevando a cabo desde los años 70 sobre formas de representación de conocimiento (Newell, 1980; Musen, 1982), mostró que las ontologías formales sirven para especificar acuerdos sobre conocimiento concreto que permiten compartirlo y reutilizarlo entre diferentes entidades SW (Gruber, 1994). En la actualidad, las ontologías se utilizan de manera casi generalizada en el ámbito de las TIC en aplicaciones de diferentes campos como el eComercio, integración inteligente de información, búsquedas y recuperación de información, etc. Una de las grandes diferencias en la investigación del contexto categorizada en las dos corrientes citadas previamente, se corresponde precisamente a la integración de las ontologías en el estudio del contexto. Esta segunda corriente abarca el decenio en el que nos encontramos. En este período, las ontologías se han utilizado de manera intensiva en aplicaciones de Computación Ubicua como herramienta para desarrollar sistemas basados en contexto (Chen et al., 2003; Strang, 2003; Gu et al., 2004). Si bien, los trabajos realizados han sido fructíferos en el ámbito del desarrollo de sistemas alternativos para la gestión de la información de contexto, adolecen de avances en los fundamentos teóricos. Prueba de ello es que ninguno de los autores conocidos ha propuesto una nueva definición de contexto trabajando sobre la originalmente dada por Dey (Dey, 2000). →

Ciertamente, el análisis exhaustivo sobre diferentes metodologías de gestión de información de contexto revela que las tecnologías semánticas, y en concreto, las ontologías constituyen la manera más adecuada para tratar el contexto (Strang y Linnhoff-Popien, 2003). En este sentido, las ontologías permiten comprobar su propia robustez además de inferir, a través de técnicas de razonamiento basado en lógica descriptiva, conocimiento implícito. En referencia al uso de estos avances en el campo de la movilidad humana, si bien existen algunas aproximaciones, ninguna de las ontologías desarrolladas recoge los requerimientos de un escenario de movilidad de manera completa ya que, entre los objetivos de los proyectos en los que fueron desarrolladas, no se contemplaba el de asistir a las personas en movilidad (Chen et al., 2004; Gu et al., 2004; Chen et al., 2005; Strimpakou et al., 2006; Preuveneers et al., 2006). Ninguna de las ontologías de contexto ha incorporado hasta el momento progresos realizados en los fundamentos teóricos en las ciencias sociales en materia de movilidad y turismo. Un análisis de las guías turísticas móviles más representativas (Grün et al., 2008) demuestra que las guías (analizadas) proporcionan, bien servicios basados en la localización o bien servicios personalizados de acuerdo a las preferencias de los usuarios finales. En ningún caso se han visto ejemplos de guías que proporcionen servicios *push* basados en el contexto, como propone este artículo. Los servicios de tipo *push* aportan un gran valor añadido para los turistas puesto que les libera de tener que buscar de manera activa la información en internet a través de su dispositivo.

2- CONTRIBUCIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo que se presenta en este artículo pretende avanzar en el desarrollo de soluciones asociadas a la persona y sus desplazamientos, visitantes en términos operativos, en un entorno altamente digitalizado. Se anticipa que las sociedades del futuro se caracterizarán por su alta permeabilidad tecnológica creando espacios híbridos, llegando a darse una simbiosis entre naturaleza y tecnología.

Se ha elaborado una aproximación diferente y novedosa al campo del contexto. En el marco de la movilidad humana, y del turismo en particular, el objetivo es estudiar el contexto de un visitante como tal con el fin de determinar con más precisión su contexto, en otras palabras, información discreta del visitante. El contexto se considera una entidad principal, no una variable auxiliar. La dificultad reside en determinar qué información es necesaria para definir el contexto de un visitante, cuál es la información mínima necesaria para definir el contexto del visitante, dónde se encuentra y cómo se puede extraer. A este primer proceso se le añade la complejidad de transferirlo a un modelo de cómputo consistente, inferirlo y redireccionarlo a los visitantes con el fin de mejorar su experiencia turística.

Para abordar el problema descrito y diseñar un escenario operativo de trabajo, se puede anticipar que instalar sensores en ciudades o regiones enteras no sería viable. Por ello, en este artículo, se presenta una aproximación al contexto desde fuentes agregadas, que residen ya en el entorno digital y que no requieren en desarrollo de infraestructuras específicas, es decir, internet. Además, se anticipa que esta información se complementa con datos provenientes de los sensores que están incorporados en los propios dispositivos móviles. El modelo de contexto sitúa al visitante en su centro y lo caracteriza de acuerdo a parámetros estándares ya definidos y consensuados por la comunidad científica en turismo. De esta manera se corrigen algunas de las restricciones que evitan la adopción masiva de sistemas basados en contexto: en primer lugar, el foco se pone en el

visitante en lugar de en un sistema externo a la persona con requerimientos particulares. En segundo lugar, los visitantes se modelan con arreglo a una serie de parámetros establecidos y aceptados mundialmente. En tercer y último lugar, los sensores no obligan a utilizar este prototipo en una ubicación concreta: la cobertura de la radio digital terrestre es mucho mayor que la que proporcionaría una red de sensores.

Al mismo tiempo, y con referencia a los canales de conectividad, cabe señalar que se intenta llevar este desarrollo a un entorno de aplicación no común y más allá de las tecnologías de conectividad convencionales tales como 3G, GPRS, UMTS, HSDPA, Wi-Fi y Bluetooth, por citar sólo algunas de ellas. En los últimos años se está prestando una atención particular a las tecnologías de radio frecuencia de corto alcance, como RFID, sobre todo, para entornos cerrados. Concerniente a entornos abiertos, existen sin embargo, otras alternativas que se han utilizado en diversos ámbitos, como por ejemplo, la gestión del tráfico o la meteorología, en los que la información se difunde a través de radio digital terrestre.

Este artículo presenta una aproximación diferente y novedosa al concepto de «contexto». El objetivo, como se comentaba anteriormente, es estudiar el contexto de un visitante como tal con el fin de determinar la información que (formalmente) describe con más precisión su contexto. El contexto se considera como una entidad principal, no como una variable auxiliar en el estudio de otra disciplina. En estas circunstancias, se tiene que determinar qué información es necesaria para definir el contexto de un visitante, cuál es la información mínima necesaria para definir el contexto del visitante, dónde se encuentra (la información) y cómo se puede conseguir y, finalmente, cómo se transfiere esa información a un modelo de cómputo consistente para asistir a los visitantes en su movilidad, mejorando su experiencia turística.

Considerando todo lo anterior, se hace necesaria una nueva definición de «contexto» que recoja los requerimientos de los visitantes. El objetivo es adaptar e integrar las definiciones de contexto que existen y proporcionar una nueva que se ajuste mejor al dominio del turismo. Así, con base en la definición de Dey (Dey, 2000) se propone la siguiente definición: «contexto es cualquier información que caracteriza la situación de un visitante. Un visitante es un viajero que está fuera de su entorno habitual y su situación está caracterizada por (a) información sobre el visitante mismo, (b) información sobre su entorno y (c) información sobre su intención en un momento dado. Esta información será procesada por una aplicación computacional para asistir al visitante en su movilidad» (Lamsfus et al., 2009a).

La definición dada implica un acercamiento al contexto desde una red de ontologías. Los trabajos realizados en el campo de las tecnologías semánticas apoyan la premisa de que los avances en el campo de las TIC requerirán un tratamiento semántico. Por lo tanto, las aplicaciones de contexto se caracterizarán por utilizar un gran número de ontologías que estarán embebidas en redes de ontologías (Suárez-Figueroa et al. 08). Así, en este trabajo se plantea la utilización de una red de ontologías para modelar y gestionar la información de contexto en lugar de utilizar una sola ontología o una combinación de doble ontología, una *core* de contexto y otra ontología de dominio (Chen et al. 04; Gu et al. 04). Una red de ontologías es un conjunto de ontologías que están relacionadas unas con otras a través de diferentes tipos de relaciones como *mapping*, modularización, versionado y relaciones de dependencia (Haase, 2006). La red de ontologías ContOlogy (Lamsfus et al., 2009b) se ha construido siguiendo la metodología NeOn (Suárez-Figueroa et al. 08) para el de-

sarrollo de redes de ontologías. Se han reutilizado algunas ontologías existentes y se han añadido clases y relaciones en función de las necesidades concretas de este trabajo. Siguiendo la metodología mencionada, el desarrollo de la ontología se va a realizar siguiendo un ciclo de vida iterativo incremental con tres iteraciones previstas. Una vez acabada la primera iteración, la red de ontologías ContOlogy está compuesta por once ontologías modulares que contienen 86 clases, 5 de las cuales son definidas, 41 propiedades de objeto, 22 propiedades de dato y 43 restricciones. La siguiente ilustración muestra la red de ontologías ContOlogy. La ontología se ha desarrollado en el lenguaje de representación de ontologías OWL (<http://www.w3c.org/owl>). Las ontologías que configuran la red de ontologías ContOlogy son las siguientes: *Visitor* (conocimiento sobre la persona, construida reutilizando parcialmente las ontologías CoDaMoS (Preuveneers et al. 04) y FOAF (<http://www.foaf.org>), así como tomando en consideración las especificaciones de la OMT); *Role* (modelo de conocimiento sobre la tipología de visitante en un momento dado modelado de acuerdo a la OMT); *Environment* (donde se tiene en cuenta los diferentes entornos en los que puede estar un visitante, construida reutilizando parcialmente la ontología CoDaMoS); *Location* (la localización de los entornos, construida reutilizando parcialmente la ontología SOUPA (Chen et al. 04)); *Time* (donde se modeliza el conocimiento sobre tiempo en el que ocurren los eventos, construida a partir de la ontología OWL – Time); *Tourism Services* (la ontología de servicios turísticos modela el conocimiento de los servicios que están disponibles en el entorno en el que está el usuario), *Network* (modelado del conocimiento de la red a la que se conecta el dispositivo móvil, parcialmente tomada de la ontología mIO!); *Device* (modelado del conocimiento del dispositivo, se ha reutilizado parcialmente información de la ontología CoDaMoS); *Motivation* (modelado del conocimiento sobre las causas del viaje, tomado de la OMET); *Preferences* (ontología que modela el conocimiento relativo a las características del visitante); *Activity* (ontología que modela el conocimiento sobre lo que un visitante está haciendo en un momento dado). La siguiente figura muestra un ejemplo de la red de ontologías y cómo se relaciona cada una de ellas.

Este modelo de contexto necesita apoyarse en una arquitectura en la que se establecen los términos en los que los componentes que la configuran con capacidad de relacionarse unos con otros. La arquitectura de la figura 1 muestra el gestor centralizado de contexto donde se monitoriza al visitante y se realizan razonamientos semánticos basados en la red de ontologías para poder asistir al visitante en su movilidad.

3- CASO DE USO

Se considera una persona que está en una ciudad de la costa. Por simplicidad, se supone que la persona es un visitante cuyo rol es el de ocio. Está buscando una playa en la que pasar un rato y enciende su dispositivo electrónico. La información sobre su ubicación se puede conseguir de manera sencilla a través de dispositivos de localización tipo GPS, A-GPS, etc. incorporados en el dispositivo móvil.

El gestor de contexto consulta el fichero de ubicaciones y determina que la persona se encuentra en las cercanías de la playa de La Concha, en San Sebastián. A través del receptor de radio digital, el gestor de contexto recibe gran cantidad de información turística tanto de San Sebastián como de otros lugares de interés turístico. Sin embargo, debido a que la ubicación es conocida, el gestor de contexto sólo recupera, de toda la información recibida, la relativa a San Sebastián.

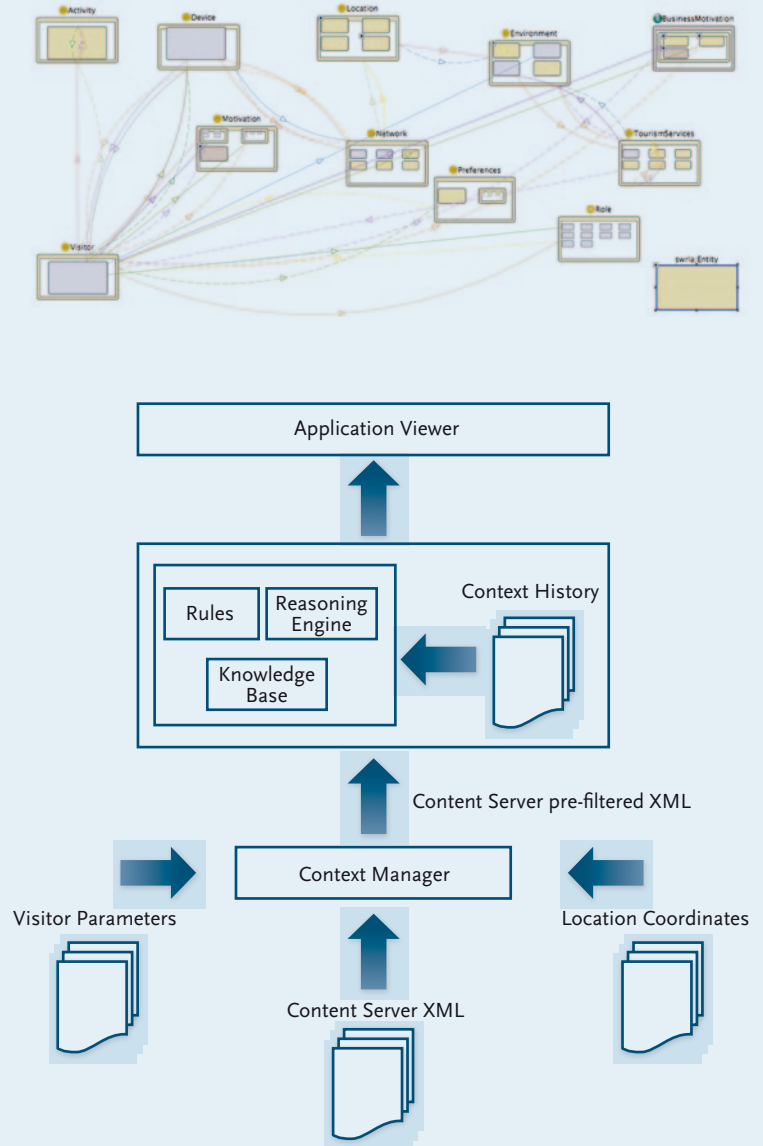


Figura 1: Red de ontologías ContOlogy y arquitectura del sistema.



Fig. 2: Pantallas de la aplicación de computación contextual en turismo.

Esa información, junto con la ubicación de la persona y sus características de perfil, se incorporan a la red de ontologías que, posteriormente, se encarga de procesar la información e inferir información de más alto nivel. Por ejemplo, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, la hora del día y, sabiendo que el visitante es vegetariano, el gestor de contexto enviaría la información sobre el restaurante vegetariano.

4- CONCLUSIÓN

En la actualidad, la actividad científica en turismo constituye un campo muy activo dentro de las ciencias de la computación. Este artículo presenta una aproximación novedosa al concepto de contexto que es particularmente interesante para el ámbito del turismo. Se ha hecho una revisión a fondo de la literatura relevante y se ha determinado que (I) se carece de trabajos en fundamentos teóricos de contexto; (II) los trabajos de contexto realizados hasta el momento no satisfacen los requerimientos de las aplicaciones de la personas en movilidad y en turismo; (III) la conveniencia de tratar el contexto como objeto de estudio frente a aquellos que lo introducen como variable auxiliar; (IV) la necesidad de seguir profundizando en la modelización y gestión de la información de contexto; y (V) la necesidad de superar las aproximaciones al contexto desde la utilización de sensores ya que supone un serio obstáculo en la universalización de este sistema.

La contribución del trabajo realizado se articula, por lo tanto, en los ámbitos ya señalados. Se ha proporcionado una nueva definición del concepto de contexto con unas recomendaciones que se pretende sean vinculantes para los expertos en ciencias de la computación e inteligencia artificial que trabajan en este campo. Además, se ha intentado particularizar a la realidad de las personas en movilidad. Identifica el contexto dentro de una dinámica condicionada por la naturaleza de la movilidad humana y explora nuevas vías para el estudio de escenarios complejos.

Más aún, esta aproximación no utiliza sensores para recoger información de contexto, además de los que ya están presentes en el dispositivo móvil. Se argumenta cómo un visitante puede ser contextualizado de acuerdo a parámetros definidos por la OMT e información Web distribuida y heterogénea. Esta concepción supone un paso firme hacia la adopción generalizada de sistemas basados en contexto.

La utilización de redes de ontologías para modelar el contexto supone una contribución al campo de las tecnologías semánticas y también establece un marco para la interoperabilidad con otro tipo de sistemas, ya que se ha probado que las ontologías constituyen una herramienta adecuada para la integración y el intercambio de información heterogénea. Al mismo tiempo, las ontologías elaboradas disponen de capacidad para razonar lo que las hace particularmente interesantes ya que no sólo permiten evaluar la consistencia de la propia ontología y detectar duplicidad de información, sino que también permiten inferir información implícita en el modelo.

Finalmente y concerniente a las restricciones relativas a las tecnologías de conectividad, se ha optado por explorar sobre la utilización de radio digital. Esta tecnología es relativamente adecuada para proporcionar información *push* basada en el contexto y evita que el visitante tenga que buscar la información activamente, por sí mismo, en un dispositivo con claras restricciones desde la perspectiva de la usabilidad. Si bien la tecnología adoptada conlleva una serie de restricciones como que el volumen de información es bajo, la capacidad de inferencia de las redes de ontologías asegura poder proporcionar la información relevante en todo momento a través de reglas establecidas. ■

REFERENCIAS

- [1] Ay, F., 2007. *Context Modelling and Reasoning using ontologies*.
- [2] Bernardos, A. B., 2007. *Servicios y aplicaciones en movilidad para el sector turístico*. CITIC 2007.
- [3] Buhalis, D., Pistidda, L., 2008. *The impact of WiMAX on Tourist Destinations*. In Proceedings of the ENTER 2008 Conference. Innsbruck, Austria, pp. 383 – 394.
- [4] Chen, H. L., 2004. *An Intelligent Broker Architecture for Pervasive Context-Aware Systems*. Department of Computer Science and Electrical Engineering, University of Baltimore, PhD Thesis.
- [5] Chen, H., Finin, T., Joshi, A., 2003. *An ontology for Context-Aware Pervasive Computing Environments*.
- [6] Chen, H., Finin, T., Joshi, A., 2004. *A Context Broker for Building Smart Meeting Rooms*.
- [7] Chen, H., Finin, T. and Josh, A. 2005. *The SOUPA Ontology for Pervasive Computing*. In *Ontologies for Agents: Theory and Experiences*, pp. 233-258.
- [8] Dey, A. K., 2000. *Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications*. Georgia Institute of Technology, Ph.D. Thesis.
- [9] Dey, A.K., Abowd, G.D., 2000. *Towards a better understanding of context and context awareness*. Proceedings of the workshop on the What, Who, Where, When and how of Context Awareness, ACM Press, New York. 2000.
- [10] Gruber, T. R., 1993. *A transaction approach to portable ontology specifications*. Knowledge Acquisition, Vol. 5, pp. 199 – 220.
- [11] Gruber, T. R., 1994. *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*. In *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*. Kluwer Academic Publishers. 1994
- [12] Grün, C., Pöll, B., Werthner, H., Retschitzegger, W., Schwinger, W., 2008. *Assisting Tourists on the Move: An evaluation of Mobile Tourist Guides*. 7th International Conference on Mobile Business, pp. 171 – 180.
- [13] Gu, T., Pung, H. K., Zhang, D. Q., 2004b. *A service oriented middleware for building context-aware services*. Journal of Network and Computer Applications, pp. 1 – 18.
- [14] Haase, P., Rudolph, S., Wang, Y., Brockmans, S., Palma, R., Euzenat, J. and d'Aquin, M., 2006. *NeOn Deliverable D1.1.1 Networked Ontology Model*.
- [15] Lamsfus, C., Alzua-Sorzabal, A., Martín, D., Salvador, Z., Usandizaga, A., 2009. *Contextual computing based Services in Tourism*. Mediterranean Conference on Information Systems. Athens, Greece. September 24-27, 2009a.
- [16] Lamsfus, C., Alzua-Sorzabal, A., Martín, D., Salvador, Z., Usandizaga, A., 2009. *Human-Centric Semantic-based Context Modelling in Tourism*. International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development, KEOD. Madeira, October 5-8 2009b.
- [17] Musen, M. A., 1992. *Dimensions of Knowledge Sharing and Reuse*. Computers and Biomedical research, pp. 435 – 467.
- [18] Newell, A., 1980. *The Knowledge Level*. AI Magazine.
- [19] Preveneers, D., Van den Bergh, J., Wagelaar, D., Georges, A., Rigole, P., Clerckx, T., Berbers, Y., Connix, K., Jonckers, V. and de Bosschere, K., 2004. *Towards an Extensible Context Ontology for Ambient Intelligence*.
- [20] Schilit, B. N.; Adams, N. W. R., Roy, W., 1994. *Context-Aware Computing Applications*.
- [21] SITA, 2009. *Ten technology advances that will change air Travel*.
- [22] Strang, T., 2003. *Service-Interoperabilität in Ubiquitous Computing Umgebungen*. Ph.D. Thesis, TU-München.
- [23] Strang, T., Linnhoff-Popien, C., 2004. *A Context-Modelling survey*. First International Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management. UbiComp.
- [24] Suárez-Figueroa, M. C., Aguado de Cea, G., Buil, C., Dellschaft, K., Fernández-López, M., García, A., Gómez-Pérez, A., Herrero, G., Montiel-Ponsoda, E., Sabou, M., Villazón-Terrazas, B.
- [25] United Nations World Tourism Organization, UNWTO. <http://www.wto.org>
- [26] Vázquez, I., 2007. *A behavioural model for Context-Aware Semantic Devices*. Ph.D Dissertation. Universidad de Deusto.
- [27] Want, R., Hpper, A., Falcao, V., Gibbons, J., 1992. *The Active Badge Location System*. ACM Transactions on Information Systems, pp. 91 – 102
- [28] Weiser, M., 1999. *The Computer of the 21st Century*. SIGMOBILE, Mobile Computing and Communications Review, 3(3):3-11.
- [29] World Travel and Tourism Council. <http://www.wttc.org>
- [30] World Travel and Tourism Council, 2008. *International Recommendations for Tourism Statistics*. ST/ESA/STAT/SER.M/83/Rev.1
- [31] W3C, World Wide Web Consortium, 2004. *Composite/Capability/Preference Profiles (CC/PP): Structures and Vocabularies 1.0*. W3C Recommendation 15 January 2004 <http://www.w3.org/TR/CCPP-struct-vocab/>
- [32] W3C, World Wide Web Consortium, 2008. *Delivery Context ontology*. W3C Working Draft 15 April 2008. <http://www.w3.org/TR/dcontology/>