

# Monitorización de datos de calidad de aire

Sergio Trilles Oliver<sup>1</sup>, Laura Díaz<sup>1</sup>, Joaquin Huerta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of New Imaging Technologies (INIT)  
Universitat Jaume I, Castellón

{strilles,laura.diaz,huerta}@uji.es

## Resumen (fuente Arial, negrita, tamaño 11)

Cada vez más somos testigos del despliegue de redes de sensores que miden el estado del entorno en el que vivimos. Estas redes aportan grandes volúmenes de información en formatos y escalas muy diversas. Encontramos ejemplos de datos de diversa naturaleza, desde condiciones climáticas, hasta concentraciones de elementos contaminantes debido a la actividad humana como el transporte, y la industria.

En este trabajo describimos como la publicación de estos datos mediante servicios que proporcionen un acceso estructurado y basado en estándares permite una mejor integración de estos datos, tanto para su visualización desde diversas plataformas (web o móvil) como para su consumo mediante procesos de análisis que permitan extraer valor añadido y asistir en la toma de decisiones. Uno de los principales objetivos es incrementar la interoperabilidad de acceso a estos datos y que un usuario a través de diferentes dispositivos pueda conocer en tiempo real las condiciones de una ubicación concreta.

**Palabras clave:** Calidad del aire, sensores, IDEs, dispositivos móviles

## 1 Introducción

Hoy en día existen muchos tipos de sensores que miden gran variedad de valores medioambientales. Alguno de ellos son los sensores de calidad del aire, desplegados en entornos tanto urbanos, rurales como industriales.

El poder acceder a estos datos de forma interoperable y la integración de los mismos en herramientas de visualización y análisis es crucial para la

gestión y atenuación de problemas causados, por ejemplo, por los contaminantes procedentes de industrias o tráfico [1].

En este trabajo describimos un sistema para la adaptación de datos de sensores, su publicación en servicios interoperables y el acceso interoperable desde múltiples plataformas. Como demostración presentamos un prototipo para la monitorización de datos provenientes de sensores de calidad del aire. En concreto los sensores pertenecen a la red valenciana de vigilancia y control de la contaminación atmosférica [2]. Estos son capaces de realizar el análisis del aire en tiempo real y transferir la información a un centro de recepción de datos denominado Centro de Control de la Calidad del Aire.

## **2 Estado del arte**

En la bibliografía son numerosos los trabajos relacionados con la monitorización de la calidad del aire. Existen trabajos de monitorización básica de los datos, y otros que además aplican modelos para obtener información más compleja como por ejemplo, sobre la predicción del estado de un área.

Entre los trabajos que describen la monitorización de diferentes componentes del aire y su posterior seguimiento, mediante visores GIS tenemos, por ejemplo [3], que visualiza el dióxido de nitrógeno y el ozono en la zona de Málaga y [4] en la zona de Córdoba.

En [5] se realiza un estudio de la evolución de los diferentes elementos contaminantes entre 1999 y 2008. [6] propone la creación de un GIS para monitorizar los elementos contaminantes en Estambul.

Entre los trabajos que aplican modelos matemáticos, tenemos [7] que utiliza las mediciones de las industrias, tráfico de coches o la calefacción doméstica para generar mapas de contaminación. Otros ejemplos son [8] donde a partir del nivel de concentración determina la polución en una calle y en [9] [10] [11] utilizan modelos cartográficos de las calles de una ciudad, para calcular la concentración de cada uno de los elementos contaminantes.

El “Air Pollution in the Streets” del proyecto [12] mide las concentraciones de contaminantes a niveles de ppm (partes por millón), junto con las condiciones ambientales tales como temperatura, humedad y velocidad del viento, con una resolución espacial que permite el análisis de la contaminación en distintas calles. El trabajo destaca que la concentración de la contaminación en calles cercanas puede variar considerablemente

debido a la configuración espacial de los edificios de la zona así como los niveles de tráfico.

En [13] se define un modelo de propagación de componentes de calidad del aire a partir de diferentes sensores distribuidos de forma irregular. En [14] también realizan simulaciones de propagación de componentes contaminantes dependiendo del viento que se da en cada momento. También en [15] se indican varios modelos para el CO y el O<sub>3</sub>.

Otros proyectos, en los que se han estudiado los resultados de los sensores de calidad del aire son, por ejemplo [16], que investiga un método para analizar los datos extraídos por 71 sensores distribuidos en Taiwán.

En términos de integración de datos, el proyecto APPETISE [15] tiene como objetivo producir una base de datos compartida que contenga la contaminación y los datos relacionados, tales como las estadísticas de tráfico y los registros meteorológicos, y desarrollar herramientas para el análisis, la minería y la visualización de estos datos. Esto es parecido a la integración de datos que queremos realizar en nuestro proyecto.

En [18] se investiga el uso de métodos de telemedicina para estudiar la correlación entre la contaminación urbana y el asma.

También existen trabajos que intentan modelar un objetivo más cercano al que nuestro proyecto pretende. El primero de ellos [19] propone un servicio de alertas para dispositivos móviles. En él, se definen los umbrales para cada componente a medir. Tras cada medida de un sensor el sistema comprueba en qué umbral está la medición. Si ésta se encuentra en un umbral de alto peligro saltaría una alerta a los móviles que estén suscritos a ese sensor.

En [20] se define un sistema en que las observaciones de los sensores se insertan en una base de datos. Estos datos son servidos mediante un servidor SOS (Sensor Observation Service) [21] para posteriormente pintar un mapa en tiempo real. El mapa utiliza la cartografía de Google y está dividido por regiones. Estas regiones toman un color dependiendo del nivel de contaminación que exista.

Otro trabajo parecido al anterior es [22], pero éste utiliza una PDA (Personal Digital Assistan) para la visualización final. Además, no emplea un SOS sino que genera un WMS (Web Map Service) para la visualización de los sensores. También utiliza un módulo PHP (Personal Home Page Tools) para comunicar el cliente con la base de datos.

El último trabajo relacionado [23], propone una red de sensores en cuadrícula, de esta forma se obtienen unos mapas de contaminación de mucha más calidad. Mediante un visor de datos geográficos, en el artículo

se identifican los puntos con más contaminación y los relacionan con su causa.

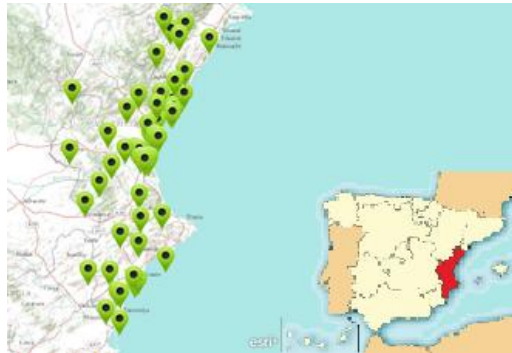
Existen trabajos que intentan integrar datos multidisciplinarios como de calidad del aire y meteorológicos. Además de esto, nuestro trabajo quiere construir un punto de acceso único que devuelva los datos de una forma interoperable y eficiente. Para el desarrollo de nuestro sistema contamos con componentes implementados de acuerdo a estándares, que nos permiten ofrecer un grado extra de conectividad con las diferentes soluciones que existen actualmente. Además nuestros componentes son adaptables implementando diferentes interfaces como son los protocolos de comunicación RESTful [24] para mejorar el consumo desde dispositivos móviles, ya que nos ofrecen una mayor eficiencia y ligereza. Todo el sistema está pensado para trabajar en el contexto de las IDEs (Infraestructura de Datos Espaciales), publicando datos en los diferentes servicios y ofrecer los diferentes puntos de entrada a través de servicios IDE.

### **3 Área y datos de estudio**

Actualmente nuestro sistema trabaja con una fuente de datos, que es la red de calidad del aire de la Generalitat Valenciana. La Comunidad Valenciana cuenta con una red de estaciones que permite realizar un seguimiento de los niveles de los más importantes contaminantes atmosféricos en las principales áreas urbanas e industriales, extendiéndose dicho control a la totalidad de la Comunidad Valenciana.

Los contaminantes analizados son el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno totales (NO<sub>x</sub>) el monóxido de carbono (CO), el ozono (O<sub>3</sub>), el benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) y otros hidrocarburos, como el Tolueno y Xileno; respecto del material particulado se analizan las concentraciones de las partículas en suspensión con diámetro inferior a 10 micras (PM<sub>10</sub>), a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>), y a 1 micra (PM<sub>1</sub>). También se lleva a cabo el análisis de metales como el arsénico, níquel, cadmio, plomo e hidrocarburos aromáticos policíclicos sobre la fracción PM<sub>10</sub>.

En algunas estaciones también se dispone de sensores para diferentes parámetros meteorológicos, como velocidad y dirección del viento, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica y precipitación. Estos parámetros son útiles para la interpretación de los datos y un mejor conocimiento de la dinámica de los contaminantes en el seno de la atmósfera.



*Figura 1. Mapa con las 61 estaciones de la red de calidad del aire de la Generalitat Valenciana*

En la actualidad, se encuentran operativas en la Comunidad Valenciana un total de 61 estaciones: 24 en Castellón, 24 en Valencia y 13 en Alicante (Figura 1).

Estos datos son publicados en un portal web, de forma que se actualiza cada hora con los datos obtenidos de 2 a 3 horas anteriores. Por lo que se están obteniendo datos con una diferencia de 2 a 3 horas a la actual.

#### **4 Arquitectura conceptual**

Actualmente son muchas las fuentes de datos que pueden proporcionar información necesaria para controlar nuestro entorno y bienestar. Estas fuentes van desde los índices de contaminación (calidad del aire); índices meteorológicos como temperaturas, humedad, presión, viento, etc; hay otras fuentes que también intervienen, como pueden ser los gases de efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub>.

Nosotros pretendemos integrar este tipo de fuentes en un mismo sistema, para interrelacionar fuentes, visualizarlas y generar índices o predicciones de concentraciones contaminante en una zona. Además el sistema permite el acceso a estos servicios desde cualquier dispositivo que tenga acceso a Internet, ya sea una aplicación de escritorio, página web o mediante clientes móviles.

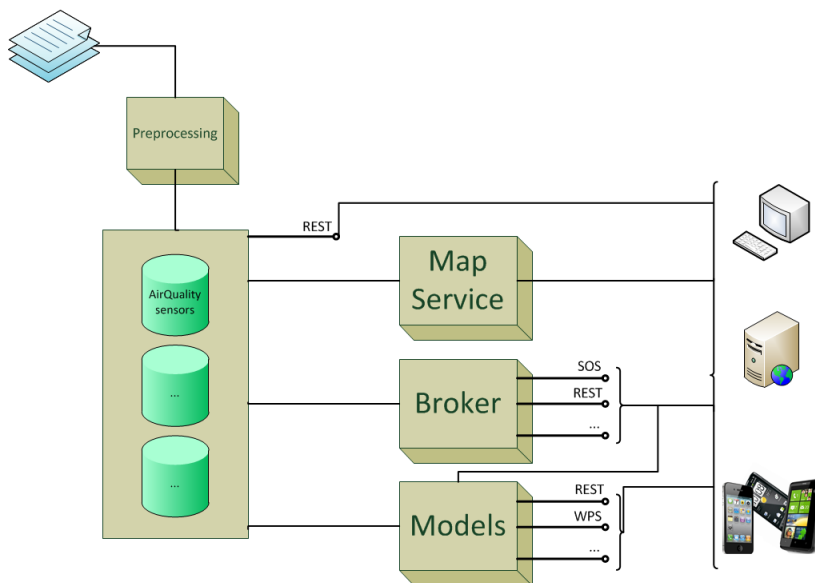


Figura 2. Arquitectura del sistema propuesto

La Figura 2 muestra la arquitectura conceptual del sistema propuesto. En primer lugar tendríamos una parte de pre procesamiento e integración de la información en diferentes estructuras como pueden ser bases de datos y su publicación en servicios basados en interfaces estándares como SOS y además implementan otros interfaces más ligeros, como RESTful. Seguidamente tenemos la fase de procesamiento de la información y servicio de ella. Ésta contempla gran parte de los formatos y conectores posibles para el consumo de esta información.

Finalmente, tenemos las aplicaciones cliente (web o móvil) para consumo de la información.

Además en la Figura 2 se muestra la capa de servicios de nuestro sistema está formado por tres módulos diferentes, el servicio de visualización (mapas), servicio de acceso (el bróker de acceso) y el servicio de procesamiento (generador de modelos).

El primero de ellos, servidor de mapas, se encarga de ofrecer puntos de acceso a los mapas que se generen directamente de las bases de datos, ya que éstas están georeferenciadas, o de los modelos que se implementen en el módulo de modelos.

El segundo es el bróker, este actuará como “middleware” y se encarga de interrelacionar las diferentes bases de datos para ofrecer la información

que el usuario pida. Éste será capaz de a partir de la entrada de diferentes criterios de búsqueda devolver la información solicitada en varios formatos. Finalmente el último es el generador de modelos. Éste tiene como función la generación de modelos de propagación, predicción o simplemente de visualización. Este módulo podrá obtener información directamente de las fuentes de datos o utilizar el bróker como entrada. También ofrecerá el resultados en varios formatos al igual que se comunicará con el servidor de mapas.

Finalmente la última etapa de nuestro trabajo es la visualización en dispositivos o capa de aplicaciones/clientes. Sabemos la influencia que están teniendo los dispositivos móviles, por eso creemos que es principal consumidor de este tipo de servicios. Por eso, hemos priorizado este tipo de dispositivos.

El dispositivo final va desde los nombrados dispositivos móviles (smartphones, tablets, etc.), páginas web hasta aplicaciones de escritorio. Por eso es importante escoger interfaces de conexiones a estos dispositivos correctas y encaradas al uso que se quiera dar.

## **5 Implementación**

Como primer paso al sistema propuesto hemos preparado las bases de datos, realizando varios procesos de integración de las diferentes fuentes de datos. Para obtener la información de la red de calidad del aire de la Generalitat Valencia, hemos implementado un pre proceso capaz de conectarse a estas páginas web, para obtener los datos de las mediciones y almacenarlos en nuestra base de datos georeferenciada. Hemos utilizado PostgreSQL con PostGis para la implementación de la base de datos. En ella almacenamos todo la información de cada sensor, como puede ser: la localización, dirección, código, etc. También almacenamos todas las observaciones con los componentes que mide cada sensor, que son diferentes en cada uno de ellos. El proceso está ejecutándose interrumpidamente consultando un sensor con una frecuencia de 20 segundos.

El primer paso que hemos realizado es la implementación del servicio o bróker de acceso a los datos, este servicio implementa una interfaz RESTful para mejorar la interoperabilidad y el acceso desde dispositivo, incluso los más ligeros, como móviles, y poder consultar la base de datos de calidad de datos. Hemos implementado diferentes operaciones que van desde listar todos los sensores y sus características, otra operación devuelve los componentes que mide el sensor que se le indica, otra

devuelve los valores de todos los componentes para un día y un sensor, etc.

Para poder explotar estas operaciones hemos implementado una aplicación móvil (Figuras [3-10]) capaz de visualizar toda la información que hemos enumerado.

La aplicación tiene dos modos. El primero lista todos los sensores y podemos consultar las mediciones actuales e históricas. Y el otro modo sitúa a los sensores en el mapa y visualiza los últimos valores para cada sensor, pudiendo seleccionar los componentes a mostrar.



Figura 3. Listado de estaciones



Figura 4. Información detallada de una estación



Figura 5. Observaciones de una hora en una estación

Las siguientes figuras describen el cliente implementado. La Figura 3 muestra el listado de todos los sensores de la red de calidad de la Generalitat Valenciana. Por cada sensor vemos su nombre, la ciudad en que está situado y si la última conexión ha sido buena se marcará como verde y si no ha sido satisfactoria como roja.

Cuando pulsamos en un sensor de la lista se abre otra pantalla con la información del sensor (Figura 4), como el nombre, la ciudad, la dirección, el código de la estación, la altura, la última medición encontrada y los componentes que ha medido este sensor.

Si movemos a la derecha pasaremos a las observaciones del sensor. Se mostrarán las últimas mediciones del día actual agrupadas por horas. Si pulsamos en una hora se desplegarán todos los componentes registrados



(Figura 5). También podemos mostrar días anteriores desde el menú inferior, que nos abre un selector de temporal (Figura 6).



Figura 6. Filtro temporal



Figura 7. Últimas observaciones de una estación en el mapa de Bing

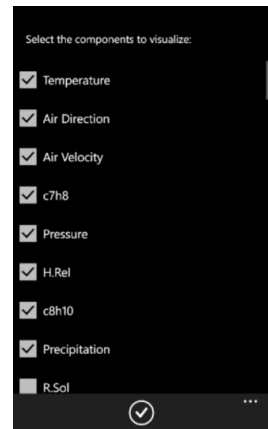


Figura 8. Selección de componentes a mostrar



Figura 9. Últimas observaciones de una estación en el mapa de ESRI

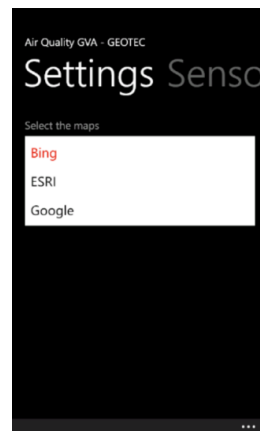


Figura 10. Selección de la cartografía

Otra opción, como hemos dicho, es mostrar los sensores ubicados en un mapa (Figura 7). Esta figura muestra los sensores con una chincheta y cuando la pulsamos se despliega una ventana pop-up con la información de la última observación del sensor y con los componentes que hayamos indicado en la ventana de selección (Figura 8) que se activa del menú inferior (Figura 7). Los mapas que se han mostrado son los de la cartografía de Bing, pero también podemos utilizar los de ESRI (Figura 9). Para ello hemos creado un menú de selección de cartografía (Figura 10).

## 6 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo hemos propuesto un flujo de trabajo para la gestión de diferentes fuentes sensoriales, aunque actualmente únicamente hemos añadido una, ofrecemos la capacidad para nuevas fuentes.

Además, añadimos un módulo, llamado bróker, este actúa como un "middleware" entre el componente cliente y el servidor y nos ayudará a obtener información mucho más refinada para el uso que queramos dar. También el módulo de modelos nos permitirá añadir modelos que nos ayuden a visualizar correctamente el nivel de contaminación en cada una de las zonas que tengamos datos.

Como trabajo futuro, como vemos hemos realizado una primera aproximación al sistema propuesto. Por lo que en un futuro queda por implementar el bróker y añadir los modelos de visualización, propagación y predicción que deseemos. Además de añadir nuevas fuentes de información.

## Referencias

[1] G. Gualtieri, M. Tartaglia, Predicting urban traffic air pollution: A gis framework, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 3, Issue 5, September 1998, Pages 329-336, ISSN 1361-9209

[2] <http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=4581&idioma=C>

[3] Antonio Lozano, José Usero, Eva Vanderlinden, Juan Raez, Juan Contreras, Benito Navarrete, Air quality monitoring network design to control nitrogen dioxide and ozone, applied in Malaga, Spain, Microchemical Journal, Volume 93, Issue 2, November 2009, Pages 164-172, ISSN 0026-265X

[4] A. Lozano, J. Usero, E. Vanderlinden, J. Raez, Juan Contreras, Benito Navarrete, Hicham El Bakouri, Design of air quality monitoring networks and its application to NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in Cordova, Spain, Microchemical Journal, Volume 93, Issue 2, November 2009, Pages 211-219, ISSN 0026-265X

- [5] P. Salvador, B. Artíñano, M. Viana, A. Alastuey, X. Querol, Evaluation of the changes in the Madrid metropolitan area influencing air quality: Analysis of 1999–2008 temporal trend of particulate matter, *Atmospheric Environment*, Volume 57, September 2012, Pages 175-185, ISSN 1352-2310
- [6] Tolga Elbir, Nizamettin Mangir, Melik Kara, Sedef Simsir, Tuba Eren, Seda Ozdemir, Development of a GIS-based decision support system for urban air quality management in the city of Istanbul, *Atmospheric Environment*, Volume 44, Issue 4, February 2010, Pages 441-454, ISSN 1352-2310
- [7] Tolga Elbir, A GIS based decision support system for estimation, visualization and analysis of air pollution for large Turkish cities, *Atmospheric Environment*, Volume 38, Issue 27, September 2004, Pages 4509-4517, ISSN 1352-2310,
- [8] Steen Solvang Jensen, Ruwim Berkowicz, Henning Sten Hansen, Ole Hertel, A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 6, Issue 4, July 2001, Pages 229-241, ISSN 1361-9209
- [9] Hertel, O. and Berkowicz, R. (1989b) Modelling NO<sub>2</sub> concentrations in a street canyon, *DMU Luft A-131*, 31p.
- [10] Berkowicz, R., Hertel, O., Larsen, S.E., Sørensen, N.N. and Nielsen, M. (1997) Modelling traffic pollution in streets.
- [11] Berkowicz, R. (1998) Street Scale Models, In J. Fenger, O. Hertel, and F. Palmgren (eds.), *Urban Air Pollution - European Aspects*, Kluwer Academic Publishers, pp. 223-251.
- [12] Croxford, et al., 1995. Spatial distribution of urban pollution: civilizing urban traffic. In: *Proceedings of the Fifth Symposium on Highway and Urban Pollution*, Copenhagen, Denmark.
- [13] Paul D. Sampson, Adam A. Szpiro, Lianne Sheppard, Johan Lindström, Joel D. Kaufman, Pragmatic estimation of a spatio-temporal air quality model with irregular monitoring data, *Atmospheric Environment*, Volume 45, Issue 36, November 2011, Pages 6593-6606, ISSN 1352-2310
- [14] X. H. Wang\*, J. Shi, H. X. Huang and J. Huang Traffic-related Air Quality Analysis and Visualization *ENVIRONMENTAL INFORMATICS ARCHIVES* Volume 2 (2004), Pages 972-976 ISSN 1811-023
- [15] G. Jean-Michel, K., Hag-Yeol, Modeling Air Quality in Urban Areas: A Cell-Based Statistical Approach, *Geographical Analysis* Volumen 33, Pages 156-180, 2001, ISSN 1538-4632
- [16] Sheng-Tun Li, Li-Yen Shue, Data mining to aid policy making in air pollution management, *Expert Systems with Applications*, Volume 27, Issue 3, October 2004, Pages 331-340, ISSN 0957-4174
- [17] APPETISE, 2004. <http://www.uea.ac.uk/env/appetise/>.
- [18] H. Crabbe, A. Barber, R. Bayford, R. Hamilton, D. Jarrett, N. Machin, The use of a European telemedicine system to examine the effects of pollutants and allergens on asthmatic respiratory health, *Science of The Total Environment*, Volumes 334–335, 1 December 2004, Pages 417-426, ISSN 0048-9697

- [19] FRANK J. KELLY, GARY W. FULLER, HEATHER A. WALTON AND JULIA C. FUSSELL, Monitoring air pollution: Use of early warning systems for public health Volume 17, Issue 1, pages 7–19, January 2012 Respiratory, ISSN 1440-1843
- [20] Poorazizi, Ebrahim and Alesheikh, Ali Asghar, Monitoring Real-Time Environmental Information Using Web 2.0 and GIServices Technology, Volume 9 , 2011, International Journal of Civil Engineering
- [21] OpenGIS® Sensor Observation Service. OGC 05-088r1. Open Geospatial Consortium. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=12846](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=12846)
- [22] O. Pummakarnchana and N. Tripathi and J. Dutta, Air pollution monitoring and GIS modeling: a new use of nanotechnology based solid state gas sensors, Science and Technology of Advanced Materials, Volume 6, 3-4, 251, 2005
- [23] M. Richards, M. Ghanem, M. Osmond, Y. Guo, J. Hassard, Grid-based analysis of air pollution data, Ecological Modelling, Volume 194, Issues 1–3, 25 March 2006, Pages 274-286, ISSN 0304-3800, 10.1016/j.ecolmodel.2005.10.042.
- [24] L. Richardson, and S. Ruby, RESTful Web Services, O'Reilly, Sebastopol (CA), 2007.