



Seminario de la conferencia CALMet 1999, celebrado en Helsinki, en Finlandia

tadatos como descriptores sean comunes. Las palabras usadas son específicas de un tema y se tendrá que establecer una taxonomía meteorológica con la que se esté de acuerdo a través de las fronteras nacionales y que pueda relacionarse entre un idioma y otro.

- La creación de metadatos no es una tarea fácil, requiere tiempo y no reporta beneficios inmediatos al autor original. Si se pueden superar estas barreras, entonces nos daremos cuenta del potencial de compartir y reutilizar la formación profesional de forma mundial.

## *Consecuencias de Internet y de otros avances de la tecnología de la información en la investigación climatológica*

Por Nancy N. SOREIDE \*

### Historia e introducción

El crecimiento explosivo de Internet (Figura 1) [1, 2] y la llegada de la Web [3], asociadas a los correspondientes aumentos en la potencia de los ordenadores [4], a disminuciones de los costes de la informática y a avances en la tecnología de la información han revolucionado prácticamente todos los aspectos de la inves-

tigación climatológica. Los medidores medioambientales de la atmósfera y del océano ofrecen datos electrónicos para control de calidad y difusión inmediata en tiempo real por medio de Internet o del Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT) de la OMM [5], en lugar de registrarlos de forma interna para recuperarlos y analizarlos posteriormente e incluso distribuirlos con retraso. El SMT es una red integrada mundial, regional y nacional que permite a los centros meteorológicos operativos de todo el mundo recoger

\* NOAA/PMEL/OD, Seattle, WA, EE.UU. Correo electrónico: Nancy.N.Soreide@noaa.gov

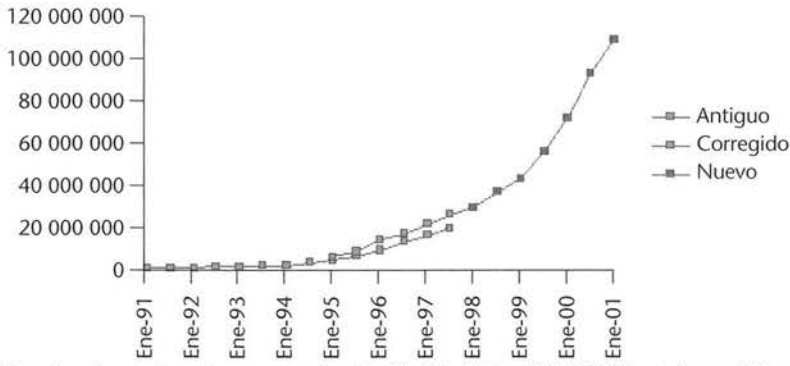


Figura 1 — Recuento de servidores en un estudio sobre el dominio de Internet 1991-2001 (Fuente: Internet Software Consortium ([www.isc.org](http://www.isc.org)))

datos de observaciones y recibir y distribuir información meteorológica. Otra aplicación de las telecomunicaciones es la transmisión de datos desde un sensor por medio de un módem acústico, por ejemplo desde el fondo marino a una boya anclada con un trasmisor de satélite y desde allí a la orilla para que se difunda por la Web en tiempo casi real [6, 7]. Se pueden descargar los datos de forma gratuita y se incorporan inmediatamente y de forma fácil a los artículos de los periódicos, o a estudios científicos, gráficos y animaciones generados de forma dinámica a medida del usuario, hechos en la Web.

Los sitios Web hechos a medida del usuario están ofreciendo información específica de proyectos, tales como especificaciones de sensor, precisión, índices de muestreo de instrumentos, calibración, control de calidad y precisión de datos, además de información educativa sobre los fenómenos climatológicos que se están investigando. Las páginas educativas han causado un importante efecto sobre la disponibilidad de científicos y de investigaciones científicas para los encargados gubernamentales de la toma de decisiones, estudiantes, profesores y público en general.

Los avances en la capacidad informática han dado lugar a modelos más sofisticados, que trabajan a resoluciones mayores para tiempos más largos y en redes más finas, con un incremento exponencial del tamaño y de la complejidad de los resultados del modelo. Los sistemas de modelización y de asimilación de datos de atmósfera y de océano mundiales en tiempo real se están volviendo cada vez más viables. Un ejemplo es el Experimento Mundial de Asimilación de Datos de Océano, GODAE [8]. Ya está lejana la época en que los científicos tenían que ponerse en contacto con quien originaba los datos por carta o por teléfono para pedir los datos, recibirlos en una gran cinta magnética de ordenador, pagar a un programador especializado para que descifrara la cinta y pasar todo un día, o más, elaborando un solo gráfico personalizado o preparando los datos para introducirlos en un modelo informático.

La entrega electrónica de información científica ha tenido importantes consecuencias para la financiación y la publicidad de la ciencia. Los resúmenes y los manuscritos se entregan de forma electrónica, como elementos adjuntos de los correos electrónicos o por medio de formularios de las páginas Web. Los programas y planes de ciencia nacionales e internacionales

(p. ej., el Programa Internacional de Variabilidad y Predictibilidad del Clima [9]) y los anuncios de oportunidades (p. ej., la Fundación Nacional de Ciencia de los EE.UU. (NSF) [10]) se publican de forma rutinaria en la Web y las propuestas y los exámenes de las propuestas se presentan de forma electrónica a través de la Web o también por medio del correo electrónico (p. ej., el FastLane de NSF [11]). Por último, pero no por ello menos importante, se puede disponer cada vez más de forma electrónica de las revistas científicas, los índices de citación, los resúmenes e incluso del texto completo de los artículos de las revistas (p. ej., Elsevier Science [12]).

## El desafío

Nuestra capacidad para comprender estos grandes y complejos conjuntos de datos distribuidos depende del desarrollo de nuevas metodologías para integrarlos con las tecnologías de visualización y de análisis. Toda la comunidad científica ha reconocido este desafío y está formulado de forma clara en el documento de Pasillos de Visualización y de Datos, de 1998 [13]:

*La tecnología actual de gráficos y de visualización no puede hacer frente de forma eficaz ni al volumen ni a la complejidad de los nuevos datos científicos; esto se está convirtiendo en un problema preocupante para numerosas disciplinas porque está aumentando la diferencia entre nuestra capacidad para calcular y nuestra capacidad para descifrar correctamente los datos.*

Numerosos programas nacionales, como las Asociaciones copatrocinadas por NSF para la Infraestructura Computacional Avanzada (PACI) [14], se centran en financiar y desarrollar el uso de máquinas de cómputo de alto rendimiento y en las tecnologías de infraestructura necesarias, tales como acceso y visualización de datos distribuidos. PACI financia dos asociaciones, la Alianza Nacional de Ciencia Computacional [15] y la Asociación Nacional para la Infraestructura Computacional Avanzada [16]. El Departamento de Defensa ha lanzado un Programa de Modernización Informática de Alto Rendi-

miento [17], que incluye una Iniciativa Común de Financiación de Software de Alto Rendimiento (CHSSI) [18]. El programa DOE2000 [19] del Departamento de Energía se creó para ofrecer la infraestructura y las herramientas necesarias para apoyar la informática avanzada y distribuida. El Plan de Tecnología 1999 de la NASA [20] y el programa HPCC [21] tratan temas similares. El mundo de los negocios está admitiendo necesidades similares, como se ve en este ejemplo de una nota de investigación de 1996 "Herramientas de visualización avanzada en el parque" [22]:

*Los principales bancos de inversión están experimentando con la visualización para analizar la gestión de riesgos, la gestión comercial, las oportunidades comerciales, el almacenamiento de datos, y la ingeniería financiera... Los proveedores de conjuntos de herramientas de visualización experimentarán un aumento de sus ingresos a unos ritmos constantes de crecimiento superiores al 30 por ciento anuales durante los próximos cinco años.*

Se reconoce de forma generalizada que se necesita la integración con éxito de redes rápidas y de tecnologías emergentes de software de visualización, análisis y colaboración para un mejor conocimiento de los grandes y complejos conjuntos de datos distribuidos que llegan en línea. Las tecnologías emergentes marcan las tendencias que debemos seguir en nuestra búsqueda de una mejor disponibilidad y comprensión de los conjuntos de datos climáticos y de los resultados de los modelos.

## Tecnologías emergentes

### Visualización en 3 dimensiones

Los avances en tecnología barata de estaciones de trabajo, junto con buenas tarjetas gráficas en 3 dimensiones, tales como las desarrolladas para los juegos de los ordenadores personales, han hecho que los científicos puedan disponer de gráficos en 3 dimensiones en sus escritorios. En la actualidad las visualizaciones en 3 dimensiones se pueden generar fácilmente y permiten a los científicos adquirir percepciones, mediante los datos, imposibles con los antiguos cortes en 2 dimensiones (Figura 2). Aunque se pueda disponer fácilmente de estas herramientas, a veces de forma gratuita, y se estén volviendo cada vez más importantes, la comunidad internacional no las ha aceptado de forma universal. Se espera que un desarrollo de herramientas de software más avanzado necesite un esfuerzo adicional e incluya una mezcla de software comercial, académico y gubernamental ya hecho, y desarrollo de software personalizado.

### Visualización interactiva y de inmersión

Las tecnologías emergentes, tales como las herramientas de visualización interactiva y de inmersión [23], se están convirtiendo en una parte integral del

proceso científico porque ofrecen una capacidad sin precedentes para explotar conjuntos de datos y para comunicar lo que aprendemos de formas distintas. Las técnicas de realidad virtual permiten que el científico no solo visualice grandes conjuntos de datos complejos, sino también que interactúe con ellos. Una herramienta de visualización interactiva sencilla es el lenguaje de modelización de realidad virtual (VRML), con el cual un científico puede ver animaciones en tres dimensiones de los datos, rotar la imagen, ampliarla o disminuirla para ver más detalles y mostrar u ocultar la presentación de distintos parámetros de datos (Figura 3). El VRML se puede presentar y ver en una página Web [24, 25]. Con una tarjeta gráfica en 3 dimensiones y gafas de cristal, se puede ver el VRML estereográfico en 3 dimensiones en un ordenador personal no muy caro [26]. Además, se pueden usar las visualizaciones VRML de modo compartido por medio de la red, de forma que los científicos en distintas localizaciones geográficas puedan compartir datos en el mismo entorno de realidad virtual, interactuando con los objetos virtuales y discutiendo lo que ven y entienden.

Dispositivos más avanzados de realidad virtual [27, 28, 29, 30], tales como el ImmersaDesk, CAVE, el InfinityWall y otros [31], proporcionan realidad virtual interactiva y de inmersión. Los dispositivos de inmersión ofrecen la ilusión gráfica de estar en un espacio tridimensional mostrando las salidas visuales en estéreo y en una perspectiva tridimensional según la posición de la cabeza, y permitiendo la navegación por el espacio [32]. La capacidad que ofrecen dichos sistemas para navegar por entornos virtuales y ver los datos desde distintos puntos panorámicos incrementa en gran medida la capacidad de realizar un análisis de datos científicos complejos. El efecto de dichas visualizaciones es asombroso, y hay que vivirlo para comprenderlo del todo. Los usuarios de estas tecnologías avanzadas de inmersión afirman que ninguna otra técnica ofrece una sensación parecida de presencia en el interior de sus conjuntos de datos. Además, el efecto de los entornos virtuales en la ciencia, la enseñanza y la formación profesional aumenta enormemente si se puede compartir la experiencia con otros. Aunque estas técnicas pueden parecer lejanas en el tiempo, en febrero de 2000 se estaban usando más de 195 dispositivos de nueve proveedores distintos.

### Uso de redes para acceso a, e integración de, conjuntos de datos distribuidos

La llegada de redes de alta velocidad, tales como la Internet de Nueva Generación (NGI), Internet 2 y Abilene [34], con anchos de banda de 100 megabits por segundo y superiores, junto con el creciente volumen de los datos que circulan en línea, ha creado la necesidad

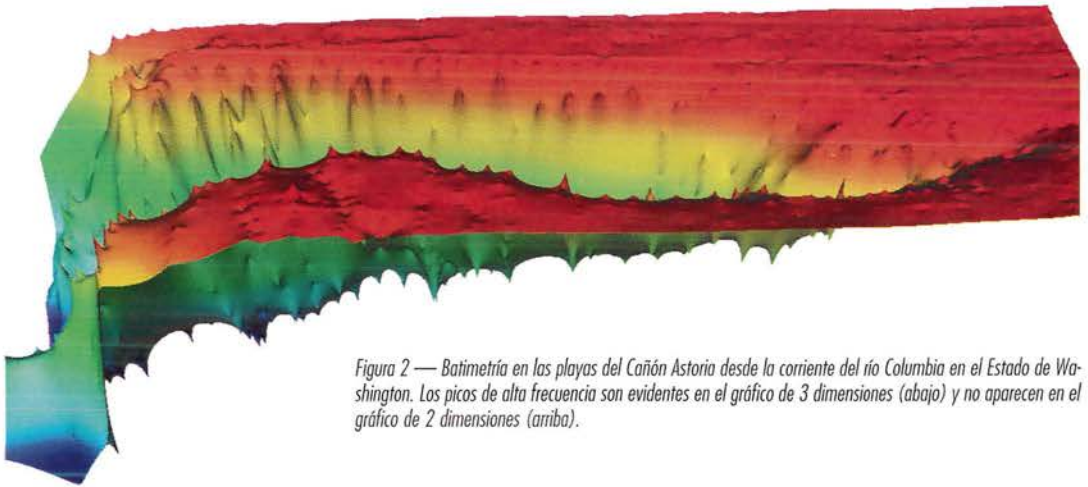
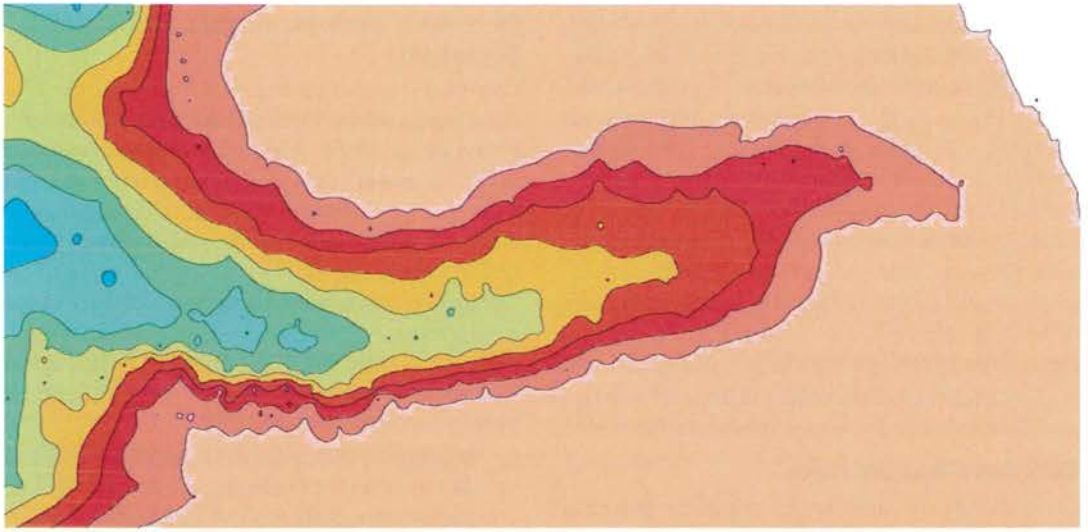


Figura 2 — Batimetría en las playas del Cañon Astoria desde la corriente del río Columbia en el Estado de Washington. Los picos de alta frecuencia son evidentes en el gráfico de 3 dimensiones (abajo) y no aparecen en el gráfico de 2 dimensiones (arriba).

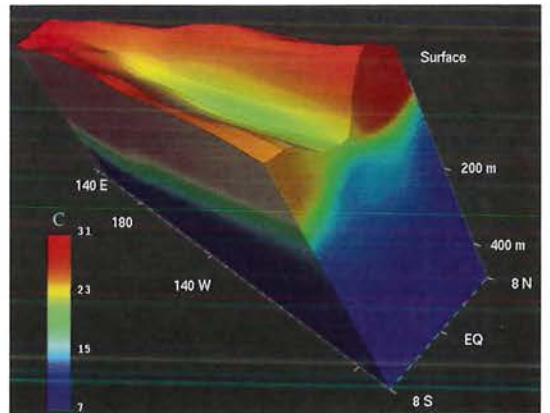
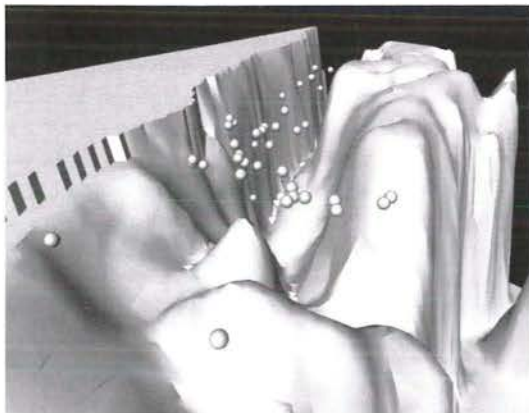


Figura 3 — Representaciones VRML animadas e interactivas: (arriba) salida del modelo de oceanografía de pesquerías que muestra la batimetría y las trayectorias de deriva de larvas en las superficies de desove del Estrecho de Shelikof. La posición, la orientación y el color de las esferas se pueden manipular para mostrar el movimiento modelizado de los peces en esta región costera. (Cortesía de D. A. Hermann, Investigaciones Coordinadas de Oceanografía de Pesquerías de NOAA y PMEL); (abajo) temperatura oceánica, hacia el oeste a través del ecuador en el Océano Pacífico desde un punto panorámico de los Andes en América del Sur bajo condiciones de La Niña. La forma de la superficie del mar está determinada por los datos de Altura Dinámica TAO (Cortesía de Dai McClurg, de la Oficina de Proyecto NOAA/PMEL/TAO y de Michael J. McPhaden, Director. <http://www.pmel.noaa.gov/vrml>).

de sistemas de acceso y de gestión de datos climatológicos modernos, integrados y en red. Esto se ha considerado un tema crítico en varios planes científicos, tales como el Plan de EE.UU. para un Sistema de Observación Integrado y Sostenido de los Océanos [35]. Algunos ejemplos de proyectos que utilizan distintas tecnologías enfocadas a la integración de datos de archivos de datos distribuidos geográficamente incluyen la empresa EOSDIS de la NASA [36], la Biblioteca Medioambiental Maser de la Armada [37], el proyecto de Servidor NOAA de la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional de los EE.UU. [38], el proyecto del Sistema de Datos Oceanográficos Distribuidos (DODS) [39] y el Proyecto Alexandria de Prototipo Digital de la Tierra [40].

### Tecnologías de colaboración

Las tecnologías de colaboración emergentes permiten a los científicos utilizar de forma creciente redes rápidas para compartir una visualización de datos, una animación o un documento electrónico, incluso si los científicos están separados geográficamente en distintos puntos del mundo. Con estas nuevas tecnologías emergentes, los científicos pueden utilizar para colaboración las redes en lugar de los aviones. Los ahorros en costes de tiempo y viajes son evidentes, y la calidad de la interacción entre científicos ha avanzado mucho desde los antiguos métodos de trabajar juntos con discusiones estáticas de datos, análisis y visualizaciones en papel o gráficos. Entre los ejemplos de las tecnologías emergentes de colaboración se encuentra la videoconferencia, como PictureTel [41], MBONE, NetMeeting de Microsoft [42], Habanero [43], Tango [44] y CORBA [45].

### Entornos virtuales de colaboración

Se han definido los entornos virtuales de colaboración [46, 47, 48] (EVC) como una llave que permite la tecnología del proyecto NGL. Los EVC permiten que colaboren numerosos participantes utilizando redes de alta velocidad que conectan recursos informáticos heterogéneos y grandes bases de datos. El Programa de Modernización DoD HPC [49] identificó el acople natural de las redes rápidas con los EVC:

*... una gran conectividad aumentará la demanda de acceso a distancia, por parte de los científicos, a sesiones de visualización en 3 dimensiones completamente interactivas y a sesiones de visualización de colaboración entre grupos de investigadores distribuidos.*

Como los científicos exploran datos con herramientas de visualización interactiva y de inmersión y comparten datos, análisis e interpretaciones en un marco distribuido, participan en la definición y el diseño de la infraestructura computacional del futuro.

### Dirección o coproceso computacional de salidas de modelos

Una nueva y apasionante tecnología emergente la constituye el software que permite la explotación interactiva de las salidas de modelos, incluso mientras el modelo se está ejecutando, e incluye características de 3 dimensiones interactivas, fusión de datos, vistas de datos múltiples, manipulación directa, colaboración y realidad virtual. El análisis y la computación están integrados con la visualización para apoyar la dirección computacional y otros modos complejos de interacción. La necesidad para la dirección computacional de un modelo informático se describió en 1987 en un informe preparado por la NSF [50]:

*El potencial más apasionante de las herramientas de visualización lo constituye... la capacidad de probar y desarrollar códigos de forma interactiva. Los científicos podrán señalar anomalías visuales mientras se computa e, inmediatamente, dirigir o modificar los cálculos para probar nuevas teorías... la computación interactiva puede aumentar de forma increíble el ritmo del progreso científico y de la ingeniería.*

El Programa de Modernización DoD HPC se refiere a la dirección computacional como “coproceso” (mejor que “post-proceso”) de las salidas de los modelos informáticos [49]:

*Verdaderamente, para problemas con muchos datos, el coproceso podría ser la única forma posible de analizar visualmente los datos, ya que el post-proceso de dichos conjuntos grandes de datos es, en el mejor de los casos, una tarea abrumadora.*

El software emergente de entorno de computación distribuido, como VisAD [51] y DICE [52], permite la exploración interactiva de las salidas del modelo mientras éste se ejecuta, lo que ofrece ventajas sin igual en el desarrollo y diagnóstico del modelo. Se ha demostrado la capacidad, y la mejora en el análisis, desarrollo y dinámica del modelo es sobrecogedora. La funcionalidad adicional, ya identificada en documentos como el informe de Modernización DoD HPC, incluye análisis común y visualización de salidas simuladas mientras se ejecuta el modelo y algoritmos de malla que pueden adaptarse para ajustar las rejillas durante la ejecución del modelo.

### El futuro

Las tecnologías emergentes nos ofrecen una visión de un potencial futuro para mejorar de forma importante nuestra capacidad para procesar y comprender datos medioambientales. Nuestra experiencia con estas tecnologías valida su potencial. De todas formas, para realizar este potencial se necesitarán inversiones sos-

tenidas en redes rápidas, desarrollo de software y de hardware y para adoptar la tecnología muchos científicos tendrán que cambiar su esquema mental y sus hábitos de trabajo [13]:

*Para la exploración de datos de bases de datos se necesitará el desarrollo de la tecnología y nuevos esquemas de trabajo en científicos e ingenieros.*

El surgimiento de Internet, la Web y otras tecnologías de información rivaliza con los efectos de la televisión, el teléfono o la radio para la difusión de información, y el potencial de estas tecnologías en la comunidad de investigadores climáticos está lejos de verse realizado completamente.

## Referencias

- [1] Informe del Dominio de Internet, del Internet Software Consortium, <http://www.isc.org/ds/hosts.html>
- [2] Gráficos de conectividad internacional a Internet de 1997 (<http://navigators.com/globe16b.gif> o [ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity\\_table/Connectivity\\_Map.color.bmp](ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity_table/Connectivity_Map.color.bmp)) y de 1991 ([ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity\\_table/\\_version\\_2.bmp](ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity_table/_version_2.bmp)). Desarrollado por Larry Leandweber y la Sociedad de Internet y disponible directamente en [ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity\\_table](ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity_table)
- [3] <http://www.netcraft.com/Survey/Reports/current/graphs.html>
- [4] Sitio Web de Intel que describe la Ley de Moore, según la cual la capacidad de computación se dobla cada 18-24 meses <http://www.intel.com/intel/museum/25anniv/hof/moore.htm>
- [5] Sistema Mundial de Telecomunicaciones <http://www.wmo.ch/web/www/TEM/gts.html>
- [6] El sistema de amarre de la Valoración en Océano Abierto e Informes de Tsunamis (DART) del Programa Nacional de Mitigación de Peligros por Tsunamis de los EE.UU. <http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/Dart/>
- [7] El Observatorio para el Nuevo Milenio (NeMO), un observatorio de los fondos marinos en un volcán submarino activo <http://www.pmel.noaa.gov/vents/nemo/realtime/>
- [8] Página inicial del Experimento Mundial de Asimilación de Datos de Océano (GODAE) <http://www.bom.gov.au/bmrc/ocean/GODAE/>
- [9] Página inicial del Programa Internacional de Investigación de la Variabilidad y la Predictibilidad del Clima (CLIVAR) <http://www.clivar.org/>
- [10] Oportunidades de Financiación de la Fundación Nacional de Ciencia (NSF), <http://www.nsf.gov/home/programs/start.htm>
- [11] Sistema FastLane de la Fundación Nacional de Ciencia (NSF) para la entrega electrónica de propuestas y de exámenes de propuestas <http://www.fastlane.nsf.gov/fastlane.htm>
- [12] Página de inicio de Elsevier Science <http://www.elsevier.nl/>
- [13] Pasillos de Datos y de Visualización (DVC), Informe sobre la Serie de Seminarios DVC. Editado por Paul H. Smith y John van Rosendale. Patrocinado por el Departamento de Energía y la Fundación Nacional de Ciencia, 1998 <http://www.cacr.caltech.edu/Publications/DVC/>
- [14] <http://www.interact.nsf.gov/cise/descriptions.nsf/4614682edb4ce9118525665900483e39/c35975a518730127852565d90077e112?OpenDocument>
- [15] <http://access.ncsa.uiuc.edu/>
- [16] [http://www.npaci.edu/npaci\\_home.html](http://www.npaci.edu/npaci_home.html)
- [17] <http://www.hpcm.dren.net/>
- [18] <http://www.hpcm.dren.net/Htdocs/CHSSI/index.html>
- [19] <http://www-unix.mcs.anl.gov/DOE2000/>
- [20] <http://www.hq.nasa.gov/office/codec/codeci/activiti/plan9899.htm>
- [21] <http://hpcc.arc.nasa.gov/>
- [22] Herramientas de Visualización Avanzada en el Parque, Notas Destacadas del Grupo de Investigación Tower, 31 de mayo de 1996.
- [23] Ejemplos que incluyen Vis5D, VisAD, Iris Explorer, AVS, Lenguaje de Modelización de la Realidad Virtual (VRML), VRML estereográfico, ImmersaDesk y CAVE.
- [24] MOORE, C. W., D. C. MCCLURG, N. N. SOREIDE, A. J. HERMANN, C. M. LASCARA, y G. H. WHELESS, 1999: Exploring 3-dimensional oceanographic data sets on the Web using Virtual Reality modelling Language. Actas de la Conferencia Oceans'99 MTS/IEEE, del 13 al 16 de septiembre, Seattle, WA.
- [25] Véase algunos ejemplos en <http://www.pmel.noaa.gov/vrml>.
- [26] Se puede encontrar una excelente discusión del valor científico de la imagen estereó en 3 dimensiones y de técnicas baratas para utilizarla en la Web en <http://www.pmel.noaa.gov/~hermann/vrml/stereo.html>, realizado por Al Hermann, de NOAA/PMEL.
- [27] <http://www.evl.uic.edu/pape/CAVE/idesk/paper/>
- [28] <http://www.pyramidsystems.com>
- [29] <http://www.ncsa.uiuc.edu/VR/cavernus/users2.html>
- [30] <http://www.ncsa.uiuc.edu/VR/cavernus/users.html>
- [31] El sitio Web del Centro Nacional de Aplicaciones de Supercomputación describe las tecnologías de visualización y de entorno virtual <http://www.ncsa.uiuc.edu/SCD/Vis/Facilities/>
- [32] MOORE, C. W. y N. N. SOREIDE, 2001: Using immersive virtual reality to study oceanographic and atmospheric models and in situ data. 17.ª Conferencia sobre Información Interactiva y Sistemas de Proceso (IIPS) para la Meteorología, la Oceanografía y la Hidrología, AMS, del 14 al 19 de enero de 2001, Albuquerque, NM, 343-346.
- [33] Del sitio Web de la Sociedad de Usuarios de CAVERN del Centro Nacional de Aplicaciones de Supercomputación <http://www.ncsa.uiuc.edu/VR/cavernus/>
- [34] [Abilene-traffic-from1999.gif] Instantánea de la pantalla que muestra el crecimiento de la red de investigación de alta velocidad Abilene desde abril de 1999. <http://hydra.uits.iu.edu/~abilene/trafficchart.html>

Información protegida por los derechos de autor: la Universidad de Indiana pediría a los usuarios que utilicen de forma productiva los materiales que encuentren en esta página Web, en especial si se van a usar para fines educativos sin ánimo de lucro. <http://www.indiana.edu/copy-right.html>

- [35] Plan de EE.UU. del Sistema de Observación Integrado y Sostenido de los Océanos  
<http://core.cast.msstate.edu/outline.html>
- [36] Empresa EOSDIS de la NASA  
[http://www-v0ims.gsfc.nasa.gov/v0ims/about\\_eosdis.html](http://www-v0ims.gsfc.nasa.gov/v0ims/about_eosdis.html)
- [37] Biblioteca Medioambiental Master de la Armada (MEL)  
<http://mel.dmsi.mil/>
- [38] DADDIO, E., S. HANKIN, N. SOREIDE, D. DENBO, W. ZHU, S. ROBERTS, J. SIROTT y S. ROSENBERG, 1999: Unifying access to NOAA's distributed databases with the NOAA Server system. Actas de la 15.ª Conferencia Internacional sobre Información Interactiva y Sistemas de Proceso para la Meteorología, la Oceanografía y la Hidrología, AMS, Dallas, Texas, del 10 al 15 de enero de 1999, 430-433.
- [39] Sitio Web de la Asociación Nacional del Océano "Desarrollo de un Sistema Integrado Regional, Nacional e Internacional de Datos para la Oceanografía"  
<http://core.cast.msstate.edu/nopp00funds.html#corn>. Véase también la página de inicio de DODS  
<http://www.unidata.ucar.edu/packages/dods/>
- [40] Sitio Web de la Biblioteca Digital Alexandria  
<http://www.alexandria.ucsb.edu/adl.html> y lista de publicaciones  
<http://www.alexandria.ucsb.edu/frames3.html>
- [41] <http://www.picturetel.com/>
- [42] <http://www.microsoft.com/netmeeting/>
- [43] <http://havefun.ncsa.uiuc.edu/habanero/> y <http://www.emsl.pnl.gov:2080/docs/collab/>
- [44] <http://trurl.npac.syr.edu/handout/tango.html> y <http://www.ncsa.uiuc.edu/Vis/Publications/collab.html>
- [45] <http://www.corba.org/> y <http://www.omg.org/>
- [46] Asociación de la Unión Europea COVEN: empresa Entornos Virtuales de Colaboración  
<http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/research/cseg/projects/coven> y <http://coven.lancs.ac.uk/> también <http://www.cg.tuwien.ac.at/research/vr/>
- [47] <http://cvw.mit.edu/>
- [48] <http://www.ncsa.uiuc.edu/alliance/partners/EnablingTechnologies/DataAndCollaboration.html>
- [49] Tendencias de los Gráficos y la Visualización, Programa de Modernización DoD HPC, enero de 1998  
<http://www.ncsa.uiuc.edu/Vis/Publications/trends.html>
- [50] Visualization in Scientific Computing: informe preparado por la Sociedad Nacional de Ciencia en 1987.
- [51] VisAD, desarrollado en la Universidad de Wisconsin, aparece descrito en <http://www.ssec.wisc.edu/~billh/visad.html>
- [52] El Entorno de Computación Interactivo Distribuido (DICE), parte del Programa de Modernización DoD HPC, aparece descrito en <http://www.arl.hpc.mil/SciVis/dice/> y en <http://www.ncsa.uiuc.edu/Vis/PET/ARL/SV/Projects/DICEVIS.html>

## Servicios meteorológicos electrónicos de Singapur

Por Wong Chin Ling \*

*Los servicios electrónicos se han convertido en la fuerza motora de muchas actividades empresariales de una economía basada en el conocimiento, que se desarrolla mediante la innovación y los valores añadidos. Esto es así, en especial, en esta era de Internet en la que resulta esencial la velocidad de entrega. Los servicios electrónicos son, por tanto, muy adecuados para la naturaleza sensible al tiempo de la información meteorológica. Este artículo presenta la experiencia de Singapur con los servicios meteorológicos electrónicos en el contexto de los distintos tipos de canales electrónicos empleados, de las tendencias en el acceso de los usuarios a la información a través de estos canales y de la aplicación de tecnología para añadir valor y desarrollar aplicaciones más innovadoras. [Artículo presentado en la Tercera Conferencia Técnica sobre Gestión de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos en la AR V (Sudoeste del Pacífico), Manila, Filipinas, 23-27 de abril de 2001 (véase el informe en las páginas 361-363 de este número).]*

### Introducción

La naturaleza sensible al tiempo de los servicios meteorológicos, con su rico contenido basado en la información, necesita de un medio rápido de entrega a los clientes dondequiera que estén en el mundo. Por ello,

los medios electrónicos de entrega son muy adecuados para dichos servicios.

Una consideración importante al diseñar nuestros sistemas de entrega es la facilidad de obtener una gran cantidad de información en un único punto. La información procesada, en forma de texto, voz, gráficos y vídeo, se origina a partir de distintas fuentes, tales como satélites, radar Doppler, sistemas de detec-

\* Servicio Meteorológico de Singapur.