

Tunel de Viento Virtual

Manuel Garcia¹, Pierre Boulanger², Pablo Figueroa³, Helmut Trefftz⁴,

Juan Duque¹, Santiago Giraldo¹, Omar Gomez⁴

¹Grupo de Mecánica Aplicada, Universidad EAFIT Cr 49 No 7 sur 50, Medellín,

²AMMI Laboratory, Universidad de Alberta, ATH 411, T6G 2R3, Edmonton, Alberta Canadá,

³Grupo Imagine, Universidad de los Andes, Carrera 1 N°18A 10, Bogotá

⁴Grupo Realidad Virtual, Universidad EAFIT, Cr 49 No 7 sur 50, Medellín

Resumen

Los avances en la potencia y velocidad de computadores y redes de computación en los últimos años han producido un cambio significativo en la forma de hacer simulación y modelado de fenómenos complejos. Problemas que anteriormente solo podían ser corridos en modo “batch” y sus resultados visualizados posteriormente pueden ahora ser monitoreados mientras se ejecutan con interfaces gráficas amigables. En algunos casos, a criterio del usuario, es posible alterar los parámetros de la simulación mientras esta se ejecuta. Esta habilidad de monitorear y cambiar parámetros del proceso computacional en cualquier momento y desde cualquier lugar se denomina Manipulación Computacional (Computational Steering) combinando esta capacidad con herramientas avanzadas de comunicación, como la nueva generación de redes de comunicación con aseguramiento de calidad, es posible para un grupo de científicos e ingenieros localizados en diferentes continentes, trabajar colaborativamente en simulaciones. Esto les permite comparar ideas y compartir su experiencia. En este artículo se presenta un sistema de este tipo en el contexto de simulaciones de Mecánica de Fluidos e ilustra algunos resultados obtenidos hasta ahora.

Palabras Claves: Mecánica de Fluidos, Computación en Malla, HPC, Manipulación Computacional.

Abstract

Advances in computer processing power and networking over the past few years have brought a

significant change to the modelling and simulation of complex phenomena. Problems that formerly could only be tackled in batch mode, with their results visualized afterwards, can now be monitored whilst in progress using graphical means, in certain cases it is even possible to alter parameters of the computation whilst it is running, depending on what the scientist sees in the current visual output. This ability to monitor and change parameters of the computational process at any time and from anywhere is called computational steering. By combining this capability with advanced communications tools, like the Access Grid, over high-speed network it is now possible for a group of scientists located across various continents to work collaboratively on simulations allowing them to compare ideas and to share their experience. In this paper, we present such an advanced collaborative computational steering environment specialized to solve CFD problems.

Key words: Fluid Dynamics, Grid Computing, HPC, Computational Steering

Introducción.

Los túneles de viento se han utilizado desde hace bastante tiempo para estudiar y corroborar el desempeño de prototipos a través de modelos a escala. Su aplicación varía desde el estudio del flujo alrededor de objetos diseñados con forma aerodinámica (como aviones, coches y otros) hasta objetos de forma obtusa (como edificios, personas, terrenos y cualquier tipo de estructura civil). Dependiendo de la aplicación el túnel debe cumplir con determinadas características para poder predecir adecuadamente el desempeño de los prototipos. Este hecho implica en la práctica que se deban construir túneles con diferentes características dependiendo su aplicación, por ejemplo: túneles de baja velocidad, supersónicos, o presurizados, entre otros. Por mucho tiempo los túneles fueron la única forma de modelar la física de muchos fenómenos. Sin embargo, tienen diversas desventajas, el costo elevado de adquisición y mantenimiento, gran demanda de espacio físico, alto costo de los instrumentos de medición. Adicionalmente, en muchos casos son sub-utilizados debido a su limitada aplicación.

Los avances en la potencia y velocidad de computadores y redes de computación en los últimos años sumado al gran número de investigaciones en el área de la Mecánica de Fluidos Computacional han producido un cambio significativo en la forma de hacer diseño, simulación y modelado de fenómenos complejos. En los sistemas más recientes es posible alterar los parámetros de la simulación mientras ésta se ejecuta (Manipulación Computacional o en Inglés Computational Steering). El sistema presentado en este artículo combina esta capacidad con

herramientas avanzadas de comunicación de video conferencias con el objeto de permitir a un grupo de científicos e ingenieros, localizados geográficamente aparte, trabajar colaborativamente en simulaciones, comparando ideas y compartiendo experiencia. Esto es un avance importante dado que la noción de un científico y un ingeniero trabajando solo en su laboratorio tiende a desaparecer cuando los problemas se vuelven grandes y complicados. Como se ha demostrado en muchas instancias en el pasado, nuevos grupos multidisciplinarios de expertos trabajando colaborativamente es la única forma de resolver los problemas complejos de ciencia e ingeniería.

Revisión Bibliográfica

Proyectos anteriores con el mismo enfoque se remontan a principios de los noventas con el proyecto Virtual Wind Tunnel de la NASA, (Bryson and Levit,1992). En este proyecto simulaciones de flujo de aire a través de objetos eran visualizados con la ayuda de un equipo de Realidad Virtual. El sistema utiliza datos precomputados de la simulación transitoria y permite a los usuarios navegar en el ambiente simulado usando dispositivos 3D y táctiles entre otros. Proyectos mas recientes y con un enfoque parecido es el sistema de Manipulación de Computación en CFD desarrollado por Rank et al (2008). Su sistema permite a ingenieros simular interactivamente climas de recintos cerrados y evaluar el confort. El ambiente soporta diseño cooperativo y permite interactivamente cambiar la geometría y las condiciones de frontera durante la simulación. El solucionador utiliza una versión paralela del método de Lattice–Boltzmann para la solución del problema de fluidos (Wenisch et al, 2006). El principal problema es la latencia a la respuesta de acciones del usuario. El sistema se encuentra en desarrollo en la actualidad. Otros modelos incluyen el uso de FPGA (Field Programable Gate Array) para programar el solucionador de fluidos (Kentaro, 2008).

Ambiente Colaborativo de Manipulación Computacional.

Una de las metas del proyecto es explorar como las tecnologías avanzadas de colaboración permiten a los científicos e ingenieros colaborar entre ellos fácil, efectiva y eficientemente en el contexto de una simulación de CFD. Mas específicamente, el interés es explorar cómo maximizar la Calidad de la experiencia (CdE) del usuario final sobre un rango amplio de plataformas tecnológicas. Critico a este trabajo es el hecho que la CdE es una medida centrada en el ser humano y no en la tecnología. Por tal razón se desea mejorar la percepción humana basado en un conjunto rico y diverso de factores. Estos factores incluyen (pero no se limitan):

redes de datos (banda ancha, cable e inalámbrico) interacción (dispositivos inmersivos, paredes, mesas proyectoras, computadores de escritorio, portátiles, PDA y otros). Fundamental a este proyecto es la creación de una arquitectura que soporte ambientes colaborativos avanzados en el contexto de visualización colaborativa y Manipulación Computacional de grandes simulaciones en problemas de CFD. Esta nueva arquitectura del software es abierta, permite extenderse para crear servicios de colaboración y tiene la habilidad de desplegar estos servicios en un rango heterogéneo de tecnologías. Las Figura 1 muestra un ejemplo de un ambientes de visualización y Manipulación Computacional localizado en la universidad de Alberta en Edmonton, Canada.

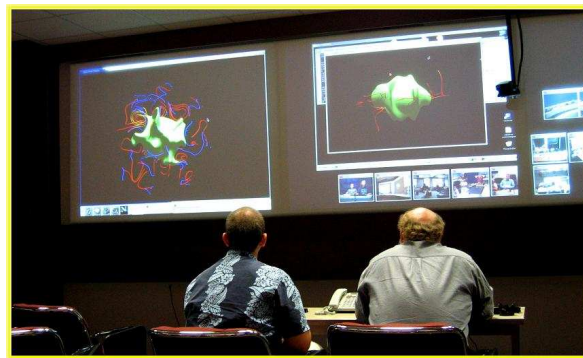


Figura 1: Ambiente de manipulación computacional usando AccesGrid en la Universidad de Alberta.

Servidor de Simulación

Un componente crucial que permite simulación colaborativa en red es un sistema de visualización/simulación de forma tal que se ejecute de forma relativamente independiente de la escala de tiempo del código de simulación original. En particular, la arquitectura del sistema debe permitir renderizado tri-dimensional (3D) de campos escalares y vectoriales desligado de el proceso de producción de datos. Esto significa que los posibles retrasos en la producción de datos no debe entorpecer la manipulación de la representación visual, tales como rotación del objeto y exploración de campos vectoriales. Además de esta restricción de tiempo, también es necesario diseñar este sistema de forma tal que permita a los usuarios de una infraestructura de red acceder a visualizaciones avanzadas sin que se requieran cambios radicales en el código.

Los componentes principales de la arquitectura propuesta son (ver Figura 2):

- 1) Un programa de simulación: el código que va a ser manipulado computacionalmente.
- 2) Un controlador de simulación: responsable de controlar los servicios pedidos por los

clientes y por el proceso de simulación

- 3) Un administrador del cliente: es responsable de ofrecer simulación, filtrado y servicios gráficos a cada cliente.
- 4) Un programa para exposición al cliente: responsable de conectarse al servidor y exponer al usuario los datos y resultados de simulación mas recientes.

En este punto el controlador de simulación decide que datos provenientes de la simulación van a ser procesados. Los servicios de simulación convierten los resultados de simulaciones para futuro procesamiento por el programa de visualización incluido en cada maquina cliente. Los sub-sistemas 1), 2) y 3) se ejecutan en maquinas con múltiples procesadores con memoria compartida o en clusters distribuidos a lo largo de la red mientras que el sub-sistema 4) puede ser ejecutado en un PC remoto o estaciones de trabajo de alto desempeño. La transferencia de datos entre la maquina en donde se encuentra el servidor de simulación y los clientes es facilitada con compresión de datos, la cual es llevada a cabo por otro servicio adicional ofrecido por el sistema.

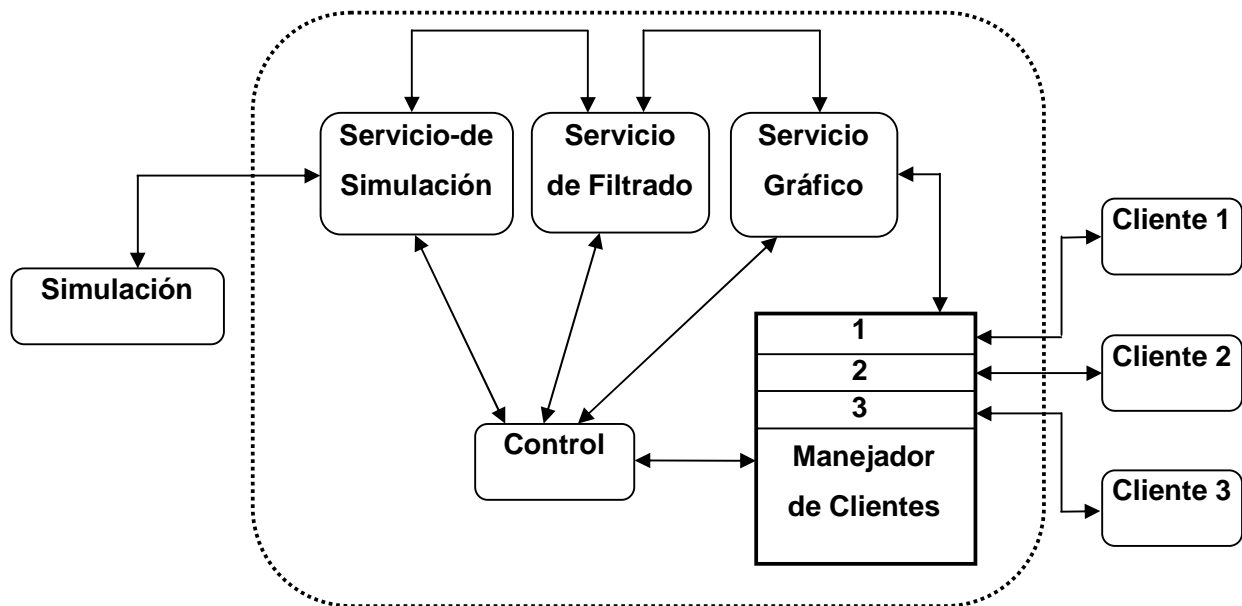


Figura 2: Arquitectura propuesta para cliente/servidor

El solucionador seleccionado en esta etapa es una adaptación de un código de fuente abierta llamado OpenFOAM¹. El software OpenFOAM (Field operation and Manipulation) permite simulación en paralelo de flujo de fluidos que comprendan reacciones químicas, turbulencia y

1 <http://www.openfoam.org>

transferencia de calor, entre otros.

Capa colaborativa para el túnel de viento virtual

Desde el punto de vista computacional el Túnel de Viento Virtual se destaca por depender de modelos numéricos complejos que demandan cómo mínimo capacidades de supercomputación. El hardware necesario para este tipo de procesamiento es especializado y costoso y muchas instituciones no cuentan con un equipo de esta naturaleza. Es por eso que resulta útil tener algún esquema en el que este poder de computó pueda ser aprovechado de manera remota, y mejor aún, que un conjunto de individuos puedan compartir sesiones de trabajo en un ambiente de este tipo. El objetivo principal de esta capa de servicios es dotar a la solución final, de la infraestructura mínima necesaria para permitir que un grupo de dos o más investigadores puedan compartir el mismo espacio de trabajo virtual bajo una sesión de trabajo en el túnel de viento. El objetivo es no sólo crear la capa colaborativa como tal, sino optimizar el uso de la red cuando dicha colaboración sea llevada a cabo. De esta forma se distinguen tres diferentes enfoques:

1. Esquema de despliegue local. En este esquema el servidor de simulación envía los datasets calculados a cada cliente de la sesión colaborativa. En este enfoque es necesario que cada cliente posea un equipo con hardware con aceleración 3D, para poder visualizar, localmente, los datasets enviados por el servidor.
2. Esquema de despliegue remoto. En este esquema tanto la simulación, como su visualización son realizados en el lado del servidor. Un proceso adicional es necesario en el servidor para transmitir la visualización realizada remotamente hacia los clientes. Con el objetivo de optimizar el uso del ancho de banda, esta transmisión puede hacerse codificando las imágenes 3D originales en un formato de compresión de video, mpeg o mp4 son dos alternativas tecnológicas conocidas para llevar a cabo esta compresión. Los clientes no necesitarán hardware de aceleración 3D, ya que recibirían sólo un flujo de imágenes, pero estarían obligados a compartir el mismo punto de vista durante la sesión, afectando de esta manera la calidad de la colaboración.
3. Esquema de despliegue adaptativo. En este esquema la decisión de aplicar un esquema de despliegue local o remoto, dependerá enteramente de la combinación de las capacidades de despliegue del cliente y de ancho de banda existente durante la sesión. Los dos extremos en la banda adaptativa corresponderán a los clientes con aceleración 3D y conexión con buen ancho de banda por un lado y los clientes con pocas capacidades gráficas y con conexiones de bajo ancho de banda por el otro.

Sistema Cliente de Visualización e Interacción

Se está diseñando un sistema con 3 ambientes de visualización, a saber:

- EAFIT: Sistema Geowall de visualización, Laboratorio de Mecánica. Este sistema consta de una pantalla de visualización con estéreo pasivo, y un gamepad para interacción
- UofAlberta: Sistema CAVE de visualización, AMMI Lab (Advanced Man Machine Interface). Este sistema consta de tres pantallas de visualización con estéreo activo, y un sistema de tracking 6DOF Intersense para interacción.
- Uniandes: Pantalla de visualización de gran escala, Colivri Lab (Colaboratorio de Interacción, Visualización y Robótica). Este sistema consta de una gran pantalla de 9m de largo por 3m de alto con estéreo pasivo, y un sistema de tracking 6DOF Phasespace para interacción.

Estos tres clientes van a permitir a científicos en las tres instituciones visualizar e interactuar al mismo tiempo con resultados de una simulación. Inicialmente hemos definido la siguiente funcionalidad del sistema:

- Un cliente puede cambiar el estilo de visualización de los datos actuales, entre isosuperficies, stream lines y streak lines
- Cada usuario puede ver una representación del foco de atención de los otros usuarios, y el tipo de interfaz que están usando
- Se puede salvar el estado de la interacción, para recuperarlo fácilmente en el futuro
- Se puede iniciar o parar el cálculo de una nueva simulación, una vez se hayan definido nuevos valores para los parámetros.
- Un usuario puede cambiar su foco de atención en el modelo.
- Un usuario puede cambiar la posición del objeto en estudio. Dicho cambio implica un nuevo cálculo de la simulación, cuando lo decida el usuario.

Una solución para estos requerimientos implica soluciones en diversos temas, en particular en visualización y comunicaciones. Para visualización se están explorando dos soluciones (Performer² y VTK³), y para comunicaciones Access Grid⁴ y una solución propia hecha a la medida. Cabe anotar que dichas opciones se han elegido de un conjunto amplio de herramientas disponibles como software libre en el mercado.

2 <http://www.sgi.com/products/software/performer/>

3 <http://www.vtk.org/>

4 <http://www.accessgrid.org/>

Conclusiones

La meta última de nuestro proyecto es crear un túnel de viento virtual verdaderamente interactivo con fines educativos, ingenieriles (diseño) y científicos. La arquitectura seleccionada para este ambiente es presentada en este artículo. Para problemas grandes la actual tecnología de computadores no es lo suficientemente rápida para realizar computaciones en tiempo real, aún si se usan los supercomputadores más rápidos. A través de optimización de código, actualización de computadores, y algoritmos paralelos más avanzados, esperamos mover este límite aún más.

Bibliografía

Wenisch, Petra, van Treeck, Christoph, Borrmann, André, Rank, Ernst & Wenisch, Oliver (2007). Computational steering on distributed systems: Indoor comfort simulations as a case study of interactive CFD on supercomputers. *International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems*, 22 (4), 275-291.

Ernst Rank, André Borrmann, Alexander Düster, Christoph van Treeck, Petra Wenisch (2008). Computational Steering: Towards Advanced Interactive High Performance Computing in Engineering Sciences. In (WCCM8) June 30 – July 5, 2008 Venice, Italy

Kentaro Sano and Satoru Yamamoto. Interactive Flow Simulation with FPGA-based acceleration of 2D Lattice Boltzmann Method. In WCCM8 June 30 – July 5, 2008 Venice, Italy

Bryson S. and Levit C. (1992) The Virtual Wind Tunnel. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 12(4):25-34, July 1992.

Boulangier, P., Garcia, M. (2006). An Advanced Collaborative Infrastructure for the Real-Time Computational Steering of Large CFD Simulations. (ECCOMAS CFD 2006). TU Delft, The Netherlands, Egmond aan Zee, September 5-8. <http://www.eccomas CFD 2006.nl/>

A. Borrmann, P. Wenisch, C. van Treeck and E. Rank: Collaborative Computational Steering: Principles and Application in HVAC Layout. *Integrated Computer-Aided Engineering* 13(4), pp. 361-376. 2006.