

grid y ciencia

Importancia del GRID en física experimental de altas energías



Por José F. Salt Cairols
IFIC

Cuando comencé a trabajar en temas de computación GRID he de reconocer que mi mentalidad de físico experimental de Altas Energías me llevaba a pensar que era muy difícil - sino imposible - llegar al objetivo que se había propuesto: de forma muy simplista pero no por ello impactante, se decía que el GRID nos iba a posibilitar a los científicos en general, y a los físicos en particular, ejecutar nuestros programas en un gran número de ordenadores distribuidos geográficamente, que el sistema se encargaría de enviar a ejecutar los trabajos a aquellos ordenadores que estuvieran disponibles en la red, y que íbamos a obtener los resultados de dichos programas en un tiempo menor que utilizando solamente nuestros recursos locales con la percepción de estar trabajando con

'un solo ordenador' o más bien deberíamos decir 'superordenador'.

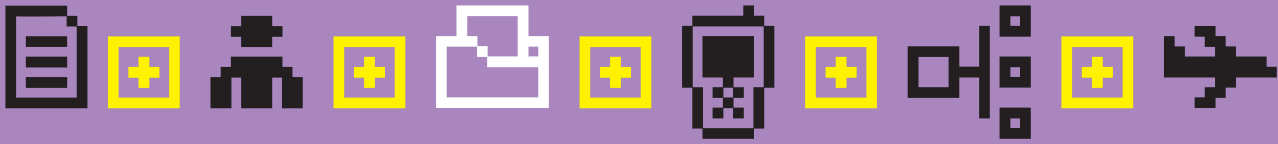
He de decir que después de varios años dedicados a este tema y viendo la situación actual en la que nos encontramos, creo que sí será posible ya que varios problemas de gran calado han sido resueltos quedando aspectos de eficacia y estabilidad por resolver. En este artículo pretendo darles detalles de dicha situación referente a los experimentos del LHC (*Larga Hadron Collider*) que comenzarán a funcionar hacia 2007-2008 en el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas, Ginebra).

La avalancha de datos del LHC

En este apartado voy a intentar explicar por qué tenemos un problema con los datos procedentes de los experi-

mentos del LHC. En primer lugar veamos qué son los experimentos del LHC: el programa de experimentos del LHC buscan la investigación en Física de Partículas o de Altas Energías y uno de los aspectos fundamentales que se han de resolver es la existencia del bosón de Higgs, que es la partícula responsable de que todas las partículas existentes tengan masa. Esta partícula no se ha encontrado en el programa experimental del LEP (período 1989-2001) y se espera que pueda detectarse en los experimentos ATLAS y CMS del LHC. Ahora bien, para poder producir esta partícula u otras posibles partículas que implique nueva física, hemos de conseguir haces de protones de muy altas energías y hacerlos colisionar con otro haz de protones pero que vaya en sentido inverso.





El resultado de las colisiones es la producción de sucesos con una emisión de una gran cantidad de partículas (de 200 partículas de media) que atraviesan los detectores que forman los experimentos. El problema que se plantea es el volumen de estos datos ya que se recolectará del orden de 1 PetaByte/año en datos reales procedentes de los detectores de ATLAS. Por otro lado se ha estimado que será necesario hacer producciones de datos simulados con el fin de realizar los análisis de física y que puede llegar a suponer también un volumen de 1 PB/año. Además el programa del LHC durará en torno a los 12 años, con lo que la disponibilidad de almacenamiento en disco y en cinta tendrá que ser del orden 100 PB. Este volumen de datos y su procesamiento no será posible almacenarlos y procesarlos totalmente con los recursos informáticos ubicados en el CERN y tampoco implicándose los centros computacionales importantes de países de la colaboración tales como Alemania, Gran Bretaña o Francia como sucedió con la anterior generación de experimentos que se desarrollaron para el acelerador LEP (*Large Electron Positron Collider*). Para que se hagan una idea, la capacidad de computación que se estima necesaria es la correspondiente a un total de 200000 PC's (estimación realizada hace 3 años).

La solución al problema tenía que venir de plantear la colaboración de todos los países implicados en los experimentos que aportarían sus recursos computacionales que, al estar conectados por la red, podrían ser compartidos por toda la comunidad de físicos haciendo los análisis de los datos. La cuestión principal era ahora conseguir que dicha comunidad de físicos percibieran esta red de recursos computacionales distribuidos como un superordenador virtual de forma que el físico usuario no tuviera que preocuparse de las colas de ejecución y de la ubicación y movimiento de los datos (por ejemplo). Es paralela a esta situación en la que aparecen las ideas

de la computación GRID de I. Foster y C. Kesselman

¿Es el GRID la solución al reto de los datos?

El paradigma GRID es demasiado amplio y extenso para poder resumirlo en un apartado de un artículo de una revista así que me centraré en aquellos aspectos que han tenido más implicaciones relacionadas con el problema creado en el LHC. En el año 2001 se lanzó el proyecto DATAGRID para intentar suministrar un *middleware* basado en GLOBUS y que incluyera aquellos aspectos esenciales y necesarios para varias aplicaciones científicas entre las que se encontraba la de Física de Altas Energías muy focalizada en la participación en el LHC. Como principal producto de este proyecto se suministró el *middleware* EDG (*European Data Grid*).

A principios de 2004 el proyecto LCG (*LHC Computing GRID*) del CERN tomó EDG y añadiendo ciertas utilidades del *middleware* VDT (*Virtual Data Toolkit*) del proyecto Griphyn (USA) consiguió ensamblar el paquete LCG cuya versión 2 es la que existe ahora como oficial y de producción en muchos centros e institutos de investigación de las colaboraciones del LHC. A partir de aquí voy a centrarme en el experimento en el que participo personalmente aunque la situación en los otros experimentos es aproximadamente parecida.

Abordando la situación del experimento ATLAS, podemos decir que la situación no es uniforme para toda la colaboración en cuanto al *middleware*. Las primeras colisiones se esperan que tengan lugar en ATLAS hacia verano-otoño de 2007 y comenzarán las tomas de datos reales procedentes de los detectores. Ahora bien, durante estos años previos a dicho comienzo, los físicos de ATLAS estamos preparando los programas de análisis de los diferentes temas de física a partir de datos de sucesos simulados. Poseemos generadores de procesos que dan lugar a sucesos que creemos se van a



El establecimiento de una organización de las infraestructuras GRID para los experimentos del LHC va a dar lugar a centros de aglutinación de actividades de e-Ciencia en España



producir en las colisiones, posteriormente hacemos pasar dichos sucesos a través de la simulación del detector obteniendo los sucesos en un formato aproximadamente al que tendrán los datos en bruto procedentes de los detectores. A partir de este momento aplicamos nuestras cadenas de reconstrucción a dichos sucesos como si fueran reales.

Concretamente se han establecido 3 'sabores' GRID : LCG-2 que agrupa a una lista de centros de Europa tales como institutos de investigación italianos del INFN, franceses, españoles, del Reino Unido, de Alemania, ; por otro lado se encuentra el sabor Nordugrid, que agrupa esencialmente a centros de los países escandinavos , de Holanda, de Australia , de Ginebra,... y , por último, el grid de los Estados Unidos (GRID3), que agrupa al BNL, FermiLab,... Esta división en diferentes grids tiene su origen en que los grupos que se asocian desean utilizar middle-ware diferentes aunque realmente las diferencias entre los mismos son muy pequeñas pero que recogen los aspectos específicos de los centros asociados.

Yendo a la pregunta que da título a la sección, podemos decir que el GRID, en la forma que conocemos en la actualidad, está funcionando y, por tanto, resolviendo bastantes problemas que no eran de fácil solución. Muestra de esto es el resultado del llamado *Data Challenge 2* (DC2) de ATLAS. Los Data Challenges son ejercicios de puesta a prueba del modelo de computación establecido por los experimentos y abarcan desarrollos de sistemas de producción de datos simulados, manejo de dichos datos, verificación de la capacidad de la red en la transferencia de dichos datos, etc.

Se han producido un total de 10 millones de sucesos mediante el sistema de producción de ATLAS y concretamente los laboratorios españoles (el IFIC de Valencia, el IFAE de Barcelona y la UAM de Madrid) han contribuido en un 4,5%

Problemas a menos de 3 años del comienzo del LHC

Aunque lo recorrido es mucho y es fruto del esfuerzo de un gran número de personas, existen una serie de problemas en el sistema de producción GRID que han de resolverse, tales como la pérdida de producción de sucesos o la coordinación de producciones en centros que tienen responsabilidades de producción de diferentes experimentos (por ejemplo LHCb y ATLAS).

Concretamente el sistema tiene que acometer mejoras de eficacia y coordinación siendo una de las pruebas durante este año la llamada Producción para el *workshop* de Física de Roma que tendrá lugar en Junio. Los equipos de análisis físicos necesitan una extensa producción de determinados canales de física para poder hacer sus estudios y presentar sus resultados a tiempo para el Workshop de Roma.

Ahora bien, uno de los aspectos en los que se necesita realizar mayor esfuerzo es en el establecimiento de un sistema de Análisis Distribuido basado en GRID que sea utilizado por la comunidad de físicos de LHC. Concretamente ATLAS está siguiendo las especificaciones de ARDA (*Architectural Roadmap for Distributed Analysis*) y ha incorporado varias herramientas que permiten realizar transformaciones de datos hasta llegar a ficheros de datos muy abreviados con el máximo de información necesaria para extraer resultados que son los ficheros de tipo DPD (Datos de Física Derivados) . El proceso de filtrado de datos parte de los datos en bruto (*Raw Data*) que son transformados en ESD (*Event Summary Data*) que son datos ya reconstruidos. Posteriormente se realiza otra transformación: de ESD a AOD (*Analysys Object Data*) y el paso final es la realización de los análisis directamente sobre los AOD's o bien sobre otros ficheros derivados (DPD).

Al mismo tiempo y desde la comisión de computación del experimento,

se ha lanzado la reestructuración del área de Operación y Data Challenges en GRID con el fin de incrementar los recursos humanos dedicados a las actividades de producción: habrá una sección de proyecto de 'Servicios y Herramientas GRID' y otra dedicada a las 'Operaciones de Computación'.

Modelo de computación e infraestructuras

De extraordinaria importancia es la discusión y actualización continua del modelo de computación a utilizar en ATLAS. Inicialmente se estableció un sistema jerárquico de TIERS. Se trataba de un sistema en el que se establece un sistema de tipo piramidal en donde el vértice superior de dicha pirámide es el llamado TIER-0, que es un centro de cálculo de gran importancia física-mente ubicado en el CERN y que tendrá una gran capacidad de almacenamiento y de computación; el siguiente nivel es el correspondiente a los TIER-1, estos centros tendrán la responsabilidad de almacenar fragmentos considerables de *Raw Data*- por tanto dispondrán de grandes silos de cintas para almacenar de forma masiva los datos del experimento-, procederán a la reconstrucción de los sucesos y su almacenamiento para que puedan ser utilizados por los físicos de la colaboración. El siguiente nivel es el correspondiente al TIER-2: se trata también de un centro de recursos computacionales y de almacenamiento de datos cuya funcionalidad consiste en el almacenamiento del 25% de las datos AOD. También pueden almacenar datos llamados TAG que incluyen datos sobre los ficheros que deben utilizarse cuando se quiere realizar un determinado análisis. Estos datos, que estarán distribuidos entre diferentes TIER-2, deberán ser analizados por un Sistema de Análisis Distribuido basado en Grid de forma que puedan ser transformados y procesados. Otra de las tareas que tienen encomendadas los TIER-2 es la realización de producciones de simulación en un sistema coordinado a partir de las necesidades





que plantean los grupos de física a la vista de los resultados obtenidos con los datos reales. El nivel de TIER-3 corresponde a lo que podíamos llamar la infraestructura básica de computación y almacenamiento de los llamados 'análisis privados' de un departamento o centro que agrupe un conjunto de físicos, y cuyos datos de entrada serán aquellos que se obtengan utilizando el sistema de Análisis Distribuido que hemos comentado anteriormente. Vemos, por tanto, que esta distribución de centros TIER intenta cubrir las diferentes etapas del procesado y filtrado de datos.

Las infraestructuras necesarias han de ir estableciéndose atendiendo a las ideas que se han desarrollado y teniendo en cuenta las características de los centros implicados y de los centros que en principio pueden ser los 'clientes' de la utilización de determinadas estructuras. En el caso de ATLAS habrá un TIER-0 en el CERN (que será compartido por los otros tres experimentos del LHC), del orden de 7 u 8 TIER-1 y del orden de 25 TIER-2 distribuidos por todo el mundo. Concretamente, en España nos encaminamos hacia un modelo en el que habrá un TIER-1 - que será el PIC en Barcelona, y 3 TIER-2; uno para ATLAS que será distribuido entre el IFIC , el IFAE y el grupo de la UAM , otro para CMS, cuya responsabilidad recae en el IFCA y en el CIEMAT , y , por último, el de la UAB-USC para el experimento LHCb.

e-Ciencia en Física Experimental de Altas Energías y sus aplicaciones

Hemos visto que se han atacado problemas relacionados con LHC, pero no hemos abordado si el GRID será útil para otros experimentos de Altas Energías que se estén desarrollando en la actualidad o se estén preparando en los próximos años. Podemos decir que los experimentos que están tomando datos actualmente, tal como BaBar (experimento que se desarrolla en SLAC, Estados Unidos) o CDF (experimento en Fermilab, Estados

Unidos), están intentando utilizar los avances a que ha llegado el GRID pero no se ve claro si merece la pena realizar el cambio a tan solo 3 años vista de acabar las tomas de datos. Parece ser que han establecido unas Granjas Dedicadas a Análisis en el caso de CDF pero no están utilizando la potencialidad del GRID.

En general, los experimentos que no son LHC están pendientes de los desarrollos que se están produciendo en el GRID para LHC con el fin de utilizarlos, pero la dinámica de dichos experimentos hace que no les sea rentable, ni científica ni tecnológicamente, la inversión de tiempo siendo que el volumen de datos es bastante más reducido que el volumen de los experimentos del LHC. Por otro lado, están bastante interesados en utilizar los recursos de las granjas de ordenadores de las que hemos hablado anteriormente.

Si pasamos a las aplicaciones de la Física Experimental de Altas Energías, el campo que más está progresando en el establecimiento de un sistema computacional basado en GRID es el de la Física Médica, que podríamos incluir en un escenario más amplio llamado desde la perspectiva del GRID, que es el llamado HealthGrid (Grid de Salud). Dentro del proyecto EGEE (Enabling GRID environment for E-Science in Europe) hay dos áreas fundamentales que se han desarrollado: la correspondiente a las Altas Energías por el tema del LHC y la correspondiente a la Biomedicina y Salud. Concretamente uno de los aspectos más interesantes donde puede aplicarse el avance del GRID es en el tema de las imágenes médicas, su almacenamiento y su procesamiento.

Conclusiones

El desarrollo del GRID no sólo se puede decir que es importante para los experimentos del LHC sino que es esencial para que pueda realizarse el programa científico de los análisis de física. La situación actual es de que podemos decir que el sistema GRID funciona



El desarrollo del GRID no sólo se puede decir que es importante para los experimentos del LHC sino que es esencial para que pueda realizarse el programa científico de los análisis de física

pero no está optimizado y todavía se encuentran ineficacias que se están corrigiendo.

El establecimiento de una organización de las infraestructuras GRID para los experimentos del LHC va a dar lugar a centros de aglutinación de actividades de e-Ciencia en España. En particular el IFIC de Valencia y otros centros dedicados a la Física de Partículas desarrollarán proyectos de e-Ciencia dentro del Area Temática de Física en su especialización de Física Experimental Nuclear y de Altas Energías tanto desde el punto de vista básico como aplicado.

