

METSÄHOVI, EL PRIMER RADIO OBSERVATORIO CONECTADO A 10 GBPS AL MUNDO EXTERIOR

Recibido: 06/06/07
Aceptado: 23/07/07

METSÄHOVI, THE FIRST RADIUS CONNECTED OBSERVATORY TO 10 GBPS TO THE OUTER WORLD

Guifré Molera Calvés

Ingeniero Superior de
Telecomunicaciones
Observatorio de Radio
Metsähovi

Universidad de Tecnología de
Helsinki

RESUMEN

En los últimos años, Finlandia se ha convertido en un referente mundial en el tema de nuevas tecnologías en Telecomunicaciones e Ingenierías. El Radio-Observatorio Metsähovi situado a 35 km de la capital, en medio de lagos y zona boscosa, se convirtió el pasado verano en el primer Centro de investigación finlandés en contar con un enlace a 10 Gbps superando a grandes Universidades y Compañías internacionales, pasando a ser el primer radio-observatorio mundial.

Palabras clave: Radio-observatorio, Metsähovi, PlayStation 3, VLBI.

ABSTRACT

Finland is one of the leading countries in the world in communications and networking technologies. Surprisingly last summer the radioastronomy institute of Helsinki University of Technology, Metsähovi Radio-Observatory, located 35 km from the capital and outskirted by lakes and forests, became the first Finnish research center to install a 10 Gbps fiber optic connection. At the same time, Metsähovi was the first radio-observatory in the world to acquire a 10 Gbit connection.

Key words: Radio-observatory, Metsähovi, PlayStation 3, VLBI.

Un nuevo mundo para los astrónomos con redes de alta capacidad

El radio-observatorio Metsähovi es el único Centro de Finlandia dedicado a la observación astronómica a frecuencias de microondas. Es un laboratorio de investigación adscrito a la **Universidad Tecnológica de Helsinki** (TKK), la principal Universidad de Ingenierías finlandesa.

El Centro cuenta con una antena de 14 m de diámetro que permite trabajar en un amplio rango de frecuencias de observación. Dependiendo del sistema receptor instalado, varía desde cientos de MHz hasta 90 GHz. Actualmente se desarrollan diversos proyectos internacionales entre los cuales destacan: monitorización a largo plazo de Núcleos Galácticos Activos (AGN), seguimiento del resplandor y regiones activas del Sol (dirigidos ambos por la directora del Centro y miembro del Comité astronómico asesor de **ESA**¹, la Dra. **Merja Tornikoski**), soporte de *software* en proyectos espaciales como AMS-02² o *Planck* y colaboración en las observaciones vinculadas al proyecto *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI) [1].

Precisamente es en este proyecto donde es necesario un amplio ancho de banda. La principal premisa en VLBI es que los radio-observatorios de todo el mundo trabajen conjuntamente para simular una antena telescópica de dimensiones gigantescas. Por eso, las grabaciones efectuadas por cada radio-observatorio de modo si-

multáneo sobre una misma fuente luminosa, situada en el espacio, son procesadas para obtener la correlación resultante entre ellas [2]. Esto implica que los datos obtenidos en cada Centro sean almacenados localmente y enviados manual o electrónicamente al Centro neurálgico donde se procesen conjuntamente.

Según la teoría de VLBI, mayor distancia equivale a mayor apertura en el radio telescopio sintético, obteniendo representaciones de objetos astronómicos más precisas y con mayor resolución. Evidentemente, para obtener resultados coherentes es necesaria la digitalización del ancho de banda utilizado con elevado número de muestras por segundo lo que implica trabajar con una magnitud de volúmenes de datos superior a Terabytes.

Actualmente se requiere en la mayoría de las observaciones trabajar con cuotas de grabación entre 256 Mbps³ a 1.024 Mbps, pues a mayor digitalización de la banda de frecuencias, mayor resolución obtenida. Pero, mirando al futuro, se advierte la necesidad de alcanzar cuanto antes los 4 Gbps. “*La constante demanda de mejoras en el ancho de banda hace VLBI como una de las aplicaciones más interesantes y precursoras de las líneas multi-Gbps*” según **Ari Muju-nen**, manager en el Proyecto VLBI).

Científicos nucleares y radio-astrónomos, los grandes necesitados de la banda ancha

Actualmente los científicos nucleares y los radio-astrónomos son con mucho los usuarios que requieren un

¹ European Space Agency

² Alpha Magnetic Spectrometer-02

³ Mbps= Megabits por segundo



El observatorio de Metsähovi se encuentra situado a unos 35 km al N.O. de Helsinki en medio de una zona forestal. La estación se encuentra cubierta de nieve la mitad del año.

ancho de banda mayor. Los experimentos que se llevan a cabo generan gran cantidad de datos que normalmente requieren ser procesados en otras localizaciones distintas a aquellas donde se generan.

Según la directora de Metsähovi, la Dra. **Merja Tornikoski**, “VLBI puede fácilmente multiplicar el resultado de satélites espaciales como el Hubble en un factor miles de veces mayor”. Ello exige que tengan que manipularse gran cantidad de datos.

En VLBI, el Centro de computación se encuentra en Holanda, **Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE)**. El Instituto se encarga de reunir todos los datos de los radio observatorios

participantes en las sesiones astronómicas y procesar las cintas.

Hasta ahora, para procesar tres o cuatro días de observaciones (que se traduce en decenas de Terabytes de información) se utilizaba el método tradicional de organizar las cintas magnéticas (o más recientemente, los discos duros) y confiar los datos a una empresa de reparto para llevarlo a su destino. Esto implicaba varios días de retraso entre las observaciones y la obtención de las gráficas correspondientes de las correlaciones.

Todo esto cambiará con la transferencia de los datos de VLBI vía red, bajo el nombre de eVLBI⁴. donde los datos obtenidos en las estaciones

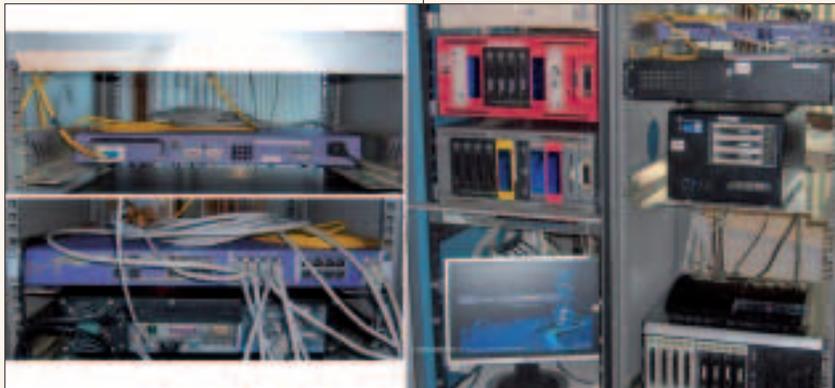
son transferidos a su destino en tiempo real o, incluso, justo al final de las mismas observaciones mediante conexiones de fibra óptica a alta velocidad.

La luz llegó con la fibra oscura

El científico *senior* **Jouko Ritakari** afirma: “Hemos estado esperando esta conexión durante años, pero hasta ahora suponía un desembolso demasiado elevado para un pequeño laboratorio de apenas 15 trabajadores. Las Compañías de telecomunicaciones sólo estaban interesadas en alquilar conexiones de baja capacidad y que no saturasen las actuales líneas existentes”.

⁴ www.evlbi.org

Todo cambió a finales de 2005 cuando Metsähovi recibió el apoyo económico de la Universidad para alquilar una conexión de fibra óptica oscura desde nuestra ubicación hacia la boca de FUNET⁵ en Otaniemi (ubicación de la Universidad). Suponía un total de 30 km de cable óptico. Debi-



A la izquierda, el switch modelo Summit-X450 de Extreme Networks instalado el pasado verano 2006. A la derecha, prototipos usados como unidades receptoras y transmisoras para los experimentos de eVLBI.

do a la enorme cantidad de datos que pueden ser gestionados desde nuestro laboratorio, se ha preferido separarlo del tráfico generado por el propio campus universitario.

Jouko continúa afirmando: “En principio, nuestro objetivo era conseguir una o dos líneas de conexiones de red a 1 Gbps, pero, hablando con los subministradores, vimos que el coste de aumentar la capacidad a una línea de 10 Gbps era minúsculo y decidimos actualizarlo sin pensarlo demasiado. Gracias a esto, estamos en una posición realmente ventajosa para cumplir con nuestros objetivos internacionales en materia de eVLBI.”

Aunque varios radio-observatorios disponían ya de líneas de fibra óptica a 1 Gbps o incluso a 2,5 Gbps, Metsähovi se convirtió durante el verano de 2006 en el primer Radio-observatorio conectado a Internet a 10 Gbps. En la actualidad, muy pocas

estaciones de radio-observación cuentan con líneas multi-gigabit.

La instalación de la nueva línea se desarrolló de una manera inesperada, destacada por su simplicidad y eficacia. El material llegó a mediodía del 29 de julio de 2006 y solamente tres horas más tarde ya estaba conectan-

do los ordenadores del laboratorio con el mundo exterior.

La prueba de fuego llegó pocos días después cuando Metsähovi participó en un experimento de eVLBI para seguir la posición de la nave espacial de la ESA *Smart-1* [3]. Los datos obtenidos fueron capturados y transferidos en tiempo real y comparados con los datos obtenidos en Italia y Holanda para determinar la trayectoria exacta del satélite antes de que impactara sobre la superficie lunar el 3 de septiembre de 2006.

La velocidad sin control no es suficiente

Pero la fibra óptica, un amplio ancho de banda y equipos informáticos costosos no son suficientes para alcanzar rápidas transmisiones de datos. Esto es con lo que nos encontramos ya en 2002 cuando las primeras transmisiones desde la Universidad

hacia Holanda tan sólo nos permitían alcanzar velocidades de 2 a 10 Mbps⁶.

Un acontecimiento similar se produjo cinco años después durante la instalación de la línea cuando descargas y transferencias de datos a través de Internet basado en FTP⁷ y TCP⁸ estaban limitadas a unos 35 MBytes/s. “Los actuales protocolos de Internet basados en TCP no son compatibles con transmisiones a altas capacidades” resalta **Jouko Rita-kari**.

El control de congestión de paquetes es el encargado de gestionar el sistema de retransmisiones de paquetes. Estos se pierden principalmente a causa del denso tráfico en la red o de los equipos receptores. TCP obliga a que el sistema disminuya su velocidad de transferencia hasta la décima parte debido a la espera de los paquetes retransmitidos antes de aceptar los nuevos para mantener un correcto orden.

Evidentemente, esto nos obligó a cambiar nuestra estrategia de utilizar protocolos TCP para transmitir los datos de las observaciones. Desde 2002, el equipo de ingenieros de Metsähovi ha estado trabajando en desarrollar *software* para transmisiones a alta velocidad basado en UDP (*Universal Data Packet*). El *software* se encuentra dentro de las normas de **Open Source** [4] y el código fuente está totalmente abierto a los usuarios sobre plataforma **Linux** y puede ser descargado desde la página Web sourceforge.net, con el nombre Tsunami-UDP [5].

Los resultados hasta ahora no han podido ser más satisfactorios, simples transferencias usando ordenadores de sobremesa (COTS⁹) garantizan un aprovechamiento casi integral de la capacidad de la línea y del ordenador. Los experimentos realizados conjuntamente con el observatorio inglés **Jodrell Bank**, perteneciente a la **Universidad de Manchester** y

⁵ Finnish University and Research Network

⁶ Mega Bytes por segundo

⁷ FTP Fast Transfer Protocol

⁸ TCP Transmission Control Protocol

⁹ Computer Off-The Shelf

Onsala Observatory, el Instituto astronómico de Suecia [6], han permitido obtener con relativa facilidad, cuotas de transferencia alrededor de 940 MBps sobre líneas de Internet convencionales. Las limitaciones al posible uso total de la capacidad de la línea vienen determinadas por el uso de *bus* interno entre tarjetas de red y CPU¹⁰ y por las escasas capacidades de *buffering* y distribución en los *switches* utilizados para adaptar la fibra óptica con los cables RJ-42.

Futuros retos para el uso total de la conexión

Desde principios de año, el equipo de ingenieros de Metsähovi ha venido trabajando intensamente en dos proyectos para explotar las nuevas tecnologías emergentes y, además, hacer un uso extensivo de la conexión de fibra óptica. Estos son el nuevo procesador *Cell* integrado en la consola de juegos *PlayStation 3* y microcomputadores basados en placas electrónicas con chip FPGA¹¹ e interfaz de 10 Gbps integrados.

La llegada de la nueva PS3 no sólo ha sido un deleite para los jugadores de consolas con el objetivo de mejorar calidad, prestaciones y diversión de los juegos, sino también para los creadores de *software* y otras aplicaciones que han visto en el nuevo procesador *Cell* una fuente de procesamiento inexplorado y más poderoso que el actual **Intel** [7].

Pero, ¿por qué puede estar interesado un radio observatorio en adquirir PS3 y desarrollar *software*? **Jouko Ritakari** lo explica: “*La correlación de señales de radio requiere enorme capacidad computacional y hasta la actualidad se ha venido usando hardware especializado, con escasas remodelaciones durante los últimos 15 años de funcionamiento.*” Evidentemente, en los últimos años el poder normal de las CPU ha incrementado de forma exponencial y ahora es cuanto ha llegado el momento de

sustituir la vieja maquinaria por super-computadoras o *clúster* de PCS.

Una de las metas de Metsähovi es diseñar una alternativa a los costosos equipos construidos hasta ahora y utilizados en el Centro de computación a un sistema basado en 16 PS3 conectadas vía Internet y líneas ópticas (a 1 Gbps) para emular un macrocomputador con capacidades de procesamiento superiores a 100 Giga-flops¹².

El citado procesador *Cell* incorporado a la PS3 resulta especialmente adecuado por materias de correlación ya que contiene hasta ocho procesadores vectoriales permitiendo trabajar en paralelo y obtener una potencia varias veces superior a la conseguida con computadoras basadas en Intel. El correlador de *software* empleado hasta ahora ha sido diseñado por **Adam Deller** [8] de la Universidad Tecnológica de *Swinburne, DiFX*. *Nuestras necesidades nos han obligado a exportar el núcleo del software* basado en librerías Intel a las usadas por *powerpc*, como *Cell* usa, y vectores de 64-bits.

Por otro lado, el diseño de pequeñas y compactas placas para sustituir a los actuales grandes y complejos sistemas existentes en los actuales radio-observatorios es otro de los principales objetivos para el futuro. La captación de señales intergalácticas a través de la antena, el posterior muestreo de éstas y la transmisión binaria de los datos vía redes de fibra óptica es un modo muy simple de comprender el futuro de las observaciones en VLBI.

La digitalización de la mayoría de los sistemas electrónicos es un hecho que nos está afectando cotidianamente y los antiguos sistemas analógicos de recepción no son un caso aparte. El muestreo digital del ancho de banda captado, el procesado de los datos utilizando chips programables como los FPGA, de *Xilinx*, y adaptadores de fibra óptica integra-

dos de alta capacidad demuestra ser una vía óptima de emular las necesidades de las estaciones de observación.

Este prototipo, integrado por un chip programable basado en FPGA, memoria RAM¹³ e interfaz de 10 Gbps, está siendo desarrollado por la **Universidad de Haystack** bajo el nombre de iBOB [9]. Con simples modificaciones y con el debido *firmware*, puede emular fácilmente a un sistema receptor-transmisor de datos imposible de alcanzar con los actuales procesadores.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la colaboración prestada por **Ari Mujunen, Jouko Ritakari y Jan Wagner**.

BIBLIOGRAFÍA

[1] FELI, Marcello y SPENCER, Ralph E. *Very Long Baseline Interferometry: Techniques and Applications*, London 1989.

[2] ROMNEY Jonathan D. “*Very Long Baseline Interferometry and the VLBA*”, *ASP conferences serie*, June 1995, Vol. 82, páginas 18-36.

[3] http://www.esa.int/esaCP/SEM2N58ZMRE_index_0.html, http://www.esa.int/SPECIALS/SMART-1/SEMW58BUQPE_0.html

[4] <http://www.opensource.org>

[5] <http://tsunami-udp.sourceforge.net/>

[6] CONWAY J. *et al.*, “Report FABRIC Month 7 Demonstration `eVLBI Fringes with PC-EVN” Fabric wiki EU deliverables, October 2006.

[7] WILLIAMS, S., SHALF, J., OLKER, L., KAMIL, S. K., HUSBANDS, P., YELICK, K.. “*The Potential of the Cell Processor for Scientific Computing*”, IBM news report, 2006.

[8] DELLER A.T., *et al.* DiFX: “*A Software Correlator for Very Long Baseline Interferometry Using Multiprocessor Computing Environments*”, 2006.

[9] <http://bee2.eecs.berkeley.edu/> ■

¹⁰ Central Processing Unit

¹¹ Field Programmable Gate-Array

¹² 15 Gigaflops en operaciones con doble precisión para una PS3 y los cálculos estiman para un clúster de PS3 se puede incrementar ésta hasta 100 Gigaflops.

¹³ Random Access Memory