

Análisis de tecnologías de virtualización de redes y su aplicación en NRENs

30 Diciembre, 2011

David Rodríguez Penas

Natalia Costas Lago

Fundación Centro de Supercomputación de Galicia



Control de Cambios

Versión	Modificaciones	Data
V 3.0	Refinamiento del documento, aplicación de formato e inclusión de capítulos relativos a la introducción e a las conclusiones .	30/12/2011 David Rodríguez Penas Natalia Costas Lago
V 2.0	Refinamiento del documento e inclusión de los apartados correspondientes a las herramientas AutoBAHN e Internet2 ION .	23/12/2011 David Rodríguez Penas Natalia Costas Lago
V 1.0	Creación de los apartados correspondientes a las herramientas DRAGON, OSCARS e Mantychore .	16/12/2011 David Rodríguez Penas Natalia Costas Lago

Contido

1. Introducción.....	4
2. MantyChore.....	5
3. OSCARS.....	9
4. DRAGON.....	12
5. AutoBAHN.....	15
6. Internet2 ION.....	18
7. Conclusiones.....	21
8. Referencias.....	23

1. Introducción

El propósito del actual documento es hacer un breve análisis sobre las diferentes tecnologías utilizadas por las **NREN** (*Redes Nacionales de Investigación y Educación*) para el aprovisionamiento de recursos de red en entornos multidominio con el objetivo final de realizar un transporte de datos con una alta calidad.

En el panorama actual de las NREN hay que tener en cuenta que se da soporte a aplicaciones/experimentos que necesitan de comunicaciones con unos requisitos muy exigentes en cuanto al ancho de banda, latencias y fiabilidad. Existen diversos ejemplos de esto: distribución de datos de experimentos de gran envergadura (*LHC - Large Hadron Collider*) a centros de investigación dispersos geográficamente, videoconferencias de alta definición (telemedicina, reuniones colaborativas, etc), conexiones dedicadas para el transporte de datos en centros que se dedican a la recolección de diversa información (radiotelescopios, sondas meteorológicas, etc) y muchas más.

En las primeras secciones se hablará de sistemas como **MantyCHORE**, **OSCARS** y **DRAGON**, los cuales desde un punto de vista de bajo nivel interactuarán directamente con los diferentes elementos de la infraestructura de red para crear/configurar circuitos y/o reservar recursos dinámicamente. Utilizarán diversas técnicas para lograr este cometido: protocolos de configuración, virtualización de elementos de red, software para centralizar esta configuración, etc.

En las secciones posteriores se describirán tecnologías como **AutoBAHN** o **Internet2 ION**, las cuales tienen una finalidad afín a las anteriores, pero trabajan a un nivel de abstracción superior. Se valen de las primeras tecnologías para interactuar con los diferentes recursos de la infraestructura de red, y se centran en la coordinación entre diversos dominios administrativos (como por ejemplo entre diferentes NREN) para garantizar que la calidad del servicio de la comunicación establecida es de extremo a extremo. Es decir, que se intentará evitar la pérdida de requisitos específicos de calidad que se necesitan en la transmisión de ciertos datos cuando entremos en redes que pertenezcan a un dominio externo del cual no tendremos permisos para controlar los elementos de su infraestructura (firewalls, políticas de ancho de banda, etc.).

Por último, en la sección de conclusiones se expondrán una serie de ideas sobre los beneficios que suponen la utilización de estas tecnologías.

2. MantyChore

El proyecto **MantyChore** (**M**aking **A**rticulated Private Networks **N**etwork **T**opologies on Internet **C**OREs) tiene como finalidad mejorar la utilización y aprovisionamiento de las Redes Nacionales de Educación (NREN) ofreciendo los recursos existentes en estas infraestructuras como servicios a usar bajo demanda.

Se trata de implementar un framework que ayude a gestionar un conjunto heterogéneo de recursos, ofreciendo tanto soluciones de virtualización de la infraestructura de red como mecanismos para la configuración centralizada de los diferentes elementos.

MantyChore es un software multiplataforma, implementado en JAVA y basado en servicios web. Ofrece un servicio completo y flexible para la creación de redes IP, permitiendo así configurar conexiones a diferentes niveles de red:

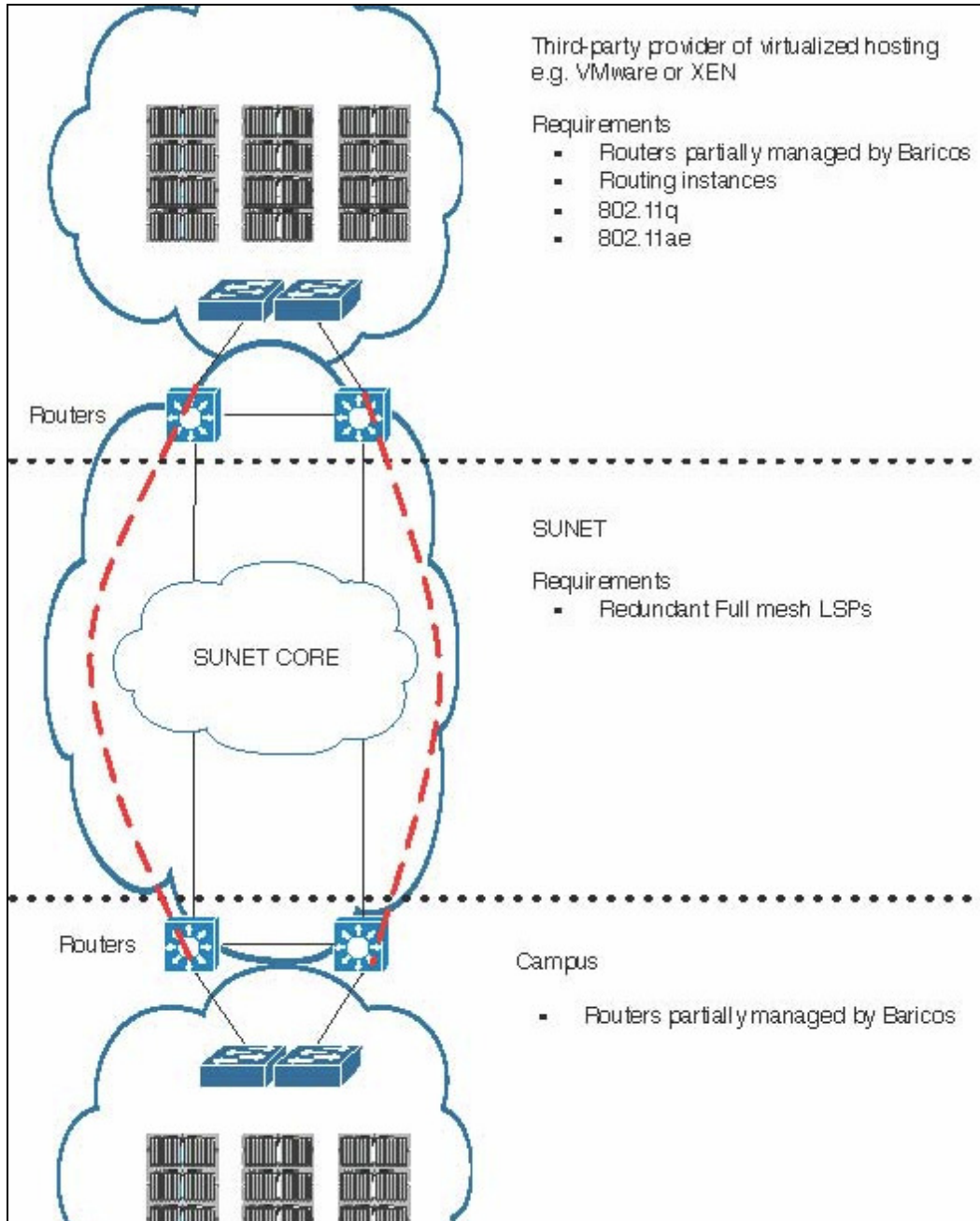
- **Layer 1 – Enlaces Ópticos.** En esta capa se permitirá a los usuarios configurar diferentes propiedades (tarjetas o puertos) de dispositivos ópticos (switches ópticos). *MantyChore* se integra con el framework *Argia*, el cual proporciona un completo control de los recursos ópticos.
- **Layer 2 – Ethernet and MPLS.** En esta capa los usuarios pueden tener acceso para configurar diferentes servicios sobre la infraestructura de red de este nivel (*Ethernet* e *MPLS* switches). *MantyChore* se integra con el proyecto *ETHER*, usando las funcionalidades ofrecidas para gestionar recursos *Ethernet* y *MPLS*.
- **Layer 3 – Suite MantyChore.** En esta capa se proporciona software para la gestión de la infraestructura de red, en la cual se incluyen las siguientes funcionalidades:
 - Compatibilidad con diferentes modelos de routers y con IPv6.
 - Soporte para routers lógicos .
 - Configuración de interfaces de red físicas.
 - Soporte de interfaces lógicas.
 - Gestión de los diferentes recursos virtualizados (redes IP y routers).
 - Creación de redes IP lógicas mediante el uso de routers virtuales.
 - Configuración de red con diferentes protocolos: RIP, OSPF, BGP.

Para desplegar *MantyChore* en un dominio de red determinado no se necesita añadir ningún tipo de recurso adicional en la infraestructura, tan solo hay que configurar un servidor central en el cual desplegar toda la lógica de negocio del proyecto. Actualmente el proyecto está

implementado en tres redes de investigación: *Danish Health Data Network (NORDUnet)*, *British Advance High Quality Media Services* y en *Irish Grid Effort*.

Es interesante explicar como *MantyChore* puede ser de utilidad en contextos reales mediante uno de sus casos de uso : **“Distributed Virtualised Hosting”**.

Tal y como se ve en la figura anterior, se disponen de una serie de hosts residentes en un



cloud privado que bien podría ser perfectamente el de una universidad. Deseamos mover una de estas máquinas virtuales a un dominio de hosting diferente, que como bien se observa en la anterior ilustración, podría ser un proveedor comercial de hosting externo.

Polo tanto deseamos migrar una máquina de un dominio a otro diferente, con lo cal habría que asignar una nueva IP a dicho host. La dificultad que se desprende de esto es que existirán una serie de servicios que apuntarán a antigua IP del host migrado, por lo que habría que reconfigurar toda entidad dependiente para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Esta tarea es muy costosa, por lo que es aquí donde *MantyChore* nos ofrece una solución con el fin de solventar esta problemática.

En primer lugar se desplegarán dos routers virtual (redundancia) en cada una de las puertas de enlace de cada dominio de hosting. Después se crearán entre ambas sedes, circuitos punto a punto mediante *LSPs MPLS* con caudal reservado. El movimiento del tráfico se realizará entre estos routers virtuales en ambos extremos.

Como resultado final de estas operaciones podemos conservar la misma dirección IP que tenía el host que migramos en su dominio original (en este caso en el cloud privado de un campus universitario). Con esto evitamos la tediosa tarea de tener que reconfigurar todos los servicios dependientes de la máquina migrada.

MantyChore tiene múltiples aplicaciones entre las que podemos destacar as siguientes:

- ***MantyChore – GSN*** : El proyecto GSN (*Green Star Network*) está orientado a temáticas de eficiencia energéticas en base a utilización de energías limpias. Un ejemplo de esto sería la utilización de energías renovables (como la solar o eólica) para alimentar un centro de procesamiento de datos. *MantyChore* proporciona a este proyecto soporte para migración de máquinas entre diferentes centros de cálculo o hosting. Esto puede ser interesante para el proyecto GSN para mover máquinas segundo parámetros climáticos con el fin de aumentar la eficiencia energéticas.
- ***Virtualización de CPE (Client Premises Equipament)*** : La infraestructura necesaria para proporcionar servicios IP a el cliente es normalmente el Client Premises Equipment. La virtualización de estos dispositivos tendrá como objetivo alcanzar las siguientes metas:
 1. Eliminar la necesidad de depender de dispositivos físicos para obtener los servicios necesarios, ofreciendo así flexibilidad de cara a el usuario final.
 2. Delegar el control sobre los CPE virtualizados de cara a los usuarios, responsabilidad que actualmente no tienen cuando sus dispositivos físicos están dirigidos por un proveedor (o por un administrador).
- ***Servicios multimedia de alta calidad*** : debido a que *MantyChore* permite a un operador de red trabajar con múltiples redes IP bajo una sola infraestructura, la política de enrutamiento de cada una de estas redes será independiente. Por lo tanto se permitirá que muchas de estas redes lógicas sean aprovisionadas y gestionadas de manera escalable y bajo unos requisitos inmediatos, con el fin de dar servicios avanzados y exigentes, como por ejemplo visualización de datos 3D, videoconferencias en HD, etc.

3. OSCARS

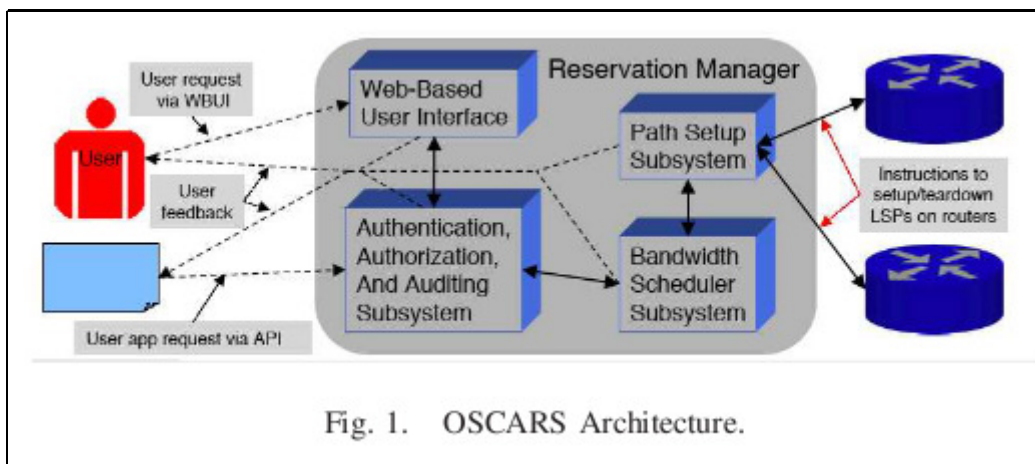
OSCARS (*ESnet's On-Demand Secure Circuits and Advance Reservation System*) es un servicio que proporciona circuitos virtuales multidominio con alto ancho de banda para garantizar rendimiento en la transferencia de datos en redes punto a punto. Es un proyecto estadounidense de la importante Red de Ciencias de la Energía – **Esnet** (Energy Sciences Network).

OSCARS es un software de código abierto ampliamente utilizado por la comunidad científica para la creación dinámica de servicios de circuitos interdominio. Se trata de un framework evolutivo que está en sintonía con estándares de organizaciones de ámbito mundial como *Open Grid Forum* (OGF) o *Global Lambda Integrated Facility* (GLIF).

En la actualidad los circuitos virtuales de OSCARS transportan el 50% de el tráfico anual de *Esnet* (60 Petabytes). Por los que a largo plazo, este servicio dará soporte a diversas áreas científicas como aquellas dentro de la física de altas energías (Large Hadron Collider), en la Astrofísica Computacional, en investigaciones biológicas y genéticas, o en la climatología.

En cuanto a su madurez, han sido creadas entorno a 5000 circuitos virtuales en demos, experimentos y proyectos; aunque no todos ellos siguen operativos. Por tanto, ha sido ampliamente probado en escenarios reales.

En cuanto a su implementación, OSCARS está desarrollado en *JAVA 5.0* y utiliza mecanismos de comunicación basados en *SOAP* , *WSDL* y también *RMI*. Utiliza bases de datos *mysql* para su almacenamiento.



En la siguiente figura se puede observar la interacción entre los diferentes subsistemas que forman parte del componente principal de OSCARS : el **Reservation Manager**.

Como se puede ver en la anterior figura, OSCARS servirá como intermediario entre la infraestructura de red y los programas clientes (o los propios usuarios) que deseen reservar circuitos. El procedimiento para configurar un circuito en OSCARS es :

1. Un usuario hace una petición de reserva de un circuito punto a punto a el componente *Reservation Manager* de OSCARS, ya bien mediante un cliente o directamente a través de la API . Debe especificar el tiempo de comienzo y el tiempo de finalización de la reserva, los requisitos de ancho de banda y los hosts de origen y destino.
2. Los parámetros introducidos son validados por el *Reservation Manager*, el cual verifica si estos están en el formato correcto.
3. Usando la información de los hosts origen y destino, se ejecuta un traceroute para determinar: tanto las posibles rutas que el circuito *LSP MPLS* que atravesará en la red, como la entrada y salida de los routers que están en los extremos de la comunicación.
4. El módulo *Bandwidth Scheduler Subsystem* de el *Reservation Manager* almacena esta información y comienza a consultar periódicamente el *Path Setup Subsystem* por si necesita construir/destruir algún circuito.
5. Cuando llega el momento indicado en el tiempo de inicio de la reserva del circuito que se ha introducido en el paso 1, el módulo *Path Setup Subsystem* de el *Reservation Manager* configurará los *Provider Edge router* de cada extremo para crear el circuito *LSP* con el ancho de banda especificado.
6. El circuito reservado pasará por una serie de routers, los cuales serán configurados mediante el protocolo *RSVP (Reservation Resource Protocol)* y adicionalmente se comprometerá cierto ancho de banda (en la medida de lo posible) creando una conexión punto a punto *LSP*. El protocolo RSVP notificará a el *Reservation Manager* si la conexión punto a punto puede o no ser establecida. Hay que tener en cuenta que para una reserva avanzada de recursos se utilizará complementariamente el protocolo *RSVP-TE (Reservation Resource Protocol Traffic Engineering)* .
7. Los paquetes serán enviados desde el hosts origen, pasando por las redes locales del dominio hasta llegar a el *Provider Edge router*. Una vez allí los paquetes serán identificados y filtrados utilizando parámetros de especificación de flujos y también políticas de especificación de ancho de banda. Tras esto los paquetes serán inyectados en los *LSP* y se conmutarán través de la red a su destino (utilizando o protocolo *MPLS*).
8. Se notificará del éxito o del fallo de la configuración de la conexión *LSP* a el *Reservation Manager*.
9. Una vez finalizado el tiempo reservado para el circuito se liberarán las conexión *LSP* realizadas.

OSCARS garante una alta calidad de servicio, ancho de banda y rendimiento punto a punto a sus usuarios. Es usado en múltiples aplicaciones científicas como :

- **The Large Hadron Collider at CERN:** diariamente llegan entorno 100 Terabytes de información a las infraestructuras de computación de Estados Unidos procedentes del CERN. OSCARS se encarga de distribuir esta información mediante sus circuitos a los diferentes laboratorios y centros de investigación.
- **National Oceanic and Atmospheric Administration:** OSCARS da soporte a el intercambio de históricos de datos y de modelos climáticos que se ejecutarán en diferentes centros de supercomputación.
- **The U.C.'s Joint Genome Institute (JGI):** dicho instituto de investigación se dedica al análisis de datos genómicos y al almacenamiento de estos. Los circuitos de OSCARS se utilizan aquí para redireccionar datos críticos en momentos donde hay fallo de equipo.

OSCARS está desplegado en múltiples redes y soporta varias plataformas hardware. Actualmente OSCARS da soporte a alrededor de 40 instituciones, y fue adoptado por redes de R&E (investigación e educación) como *Internet2* para conectar universidades en California con el fin de garantizar mejoras en la difusión investigadora y educativa, *CalTech* para conectar entidades de investigación en el entorno de la física de partículas alrededor del mundo, y también en muchas otras redes de investigación y educativas de otros países como Brasil y de los países escandinavos (*NORDUnet*) .

En canto a la interoperabilidad de los circuitos de OSCARS, hay que decir que estos son compatibles con múltiples marcas de recursos de red: *Juniper, Cisco, Ciena, Brocade, Adva/Movaz* and *Force10*.

Para finalizar, hay que mencionar que el objetivo principal de OSCARS es el de crear un framework para el transporte de información innovadora por la red. A partir de esta idea, OSCARS fue desarrollado como código abierto por una gran comunidad técnica y académica. Por ejemplo, la universidad *UC Davis*, está desarrollando un OSCARS personalizado para aplicar en sus redes de investigación con el objetivo de mejorar la eficiencia de las NREN.

4. DRAGON

El proyecto **DRAGON** (**D**ynamic **R**esource **A**llocation vía **G**MPLS **O**ptical **N**etworks) se dirige al desarrollo e investigación de tecnologías para permitir aprovisionamiento dinámico de recursos de red sobre un entorno interdominio a través de tecnologías de red heterogéneas.

Para esto se utilizará el protocolo **GMPLS** (*Generalized Multi-Protocol Label Switching*) el cual es una generalización del protocolo *MPLS* que permite actuar sobre los niveles 1, 2 y 3 de red; por lo que se podrá reservar dinámicamente recursos de equipos ópticos, switches y routers.

El propósito del proyecto es la creación de servicios de transporte de red extremo a extremo de manera dinámica, determinista y gestionable enfocado para redes de conexión de alta gama de aplicaciones e-Science. El objetivo es solucionar problemas no resueltos tanto en el punto final de las comunicaciones como en el propio protocolo IP. Para lograr esta meta DRAGON se aprovechará de la infraestructura IP, complementándola con servicios multiprotocolo de extremo a extremo deterministas. A mayores también se otorga capacidad de supervivencia en los datos transmitidos y se incluyen potentes técnicas de codificación en la transmisión de la información.

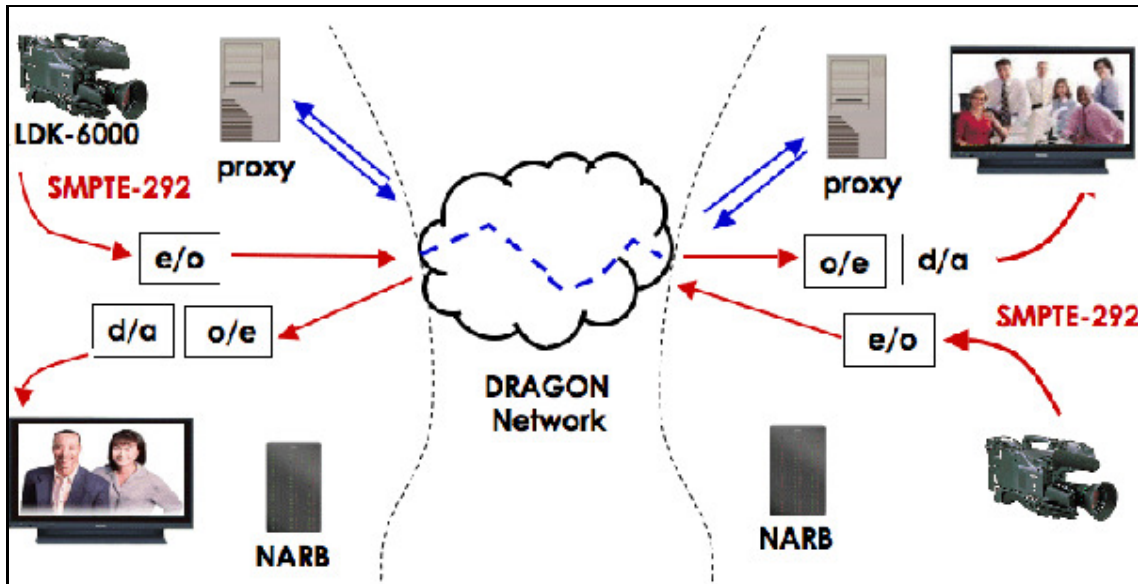
En el proyecto DRAGON colaboran diversas organizaciones: *Mid-Atlantic Crossroads, University of Southern California Information Sciences Institute, George Mason University, University of Maryland, NASA Goddard Space Flight Center e Massachusetts Institute of Technology Haystack Observatory.*

La arquitectura de DRAGON consiste en una serie de dominios de red autónomos, los cuales son capaces de definir políticas internas para la gestión de su tráfico, además de realizar acuerdos bilaterales para la interconexión con otros dominios externos cuando sea conveniente. A diferencia de otras arquitecturas, DRAGON se basa en la conmutación y transmisión de nodos que soportan jerarquía de etiquetas GMPLS. Por lo tanto existe el objetivo de crear una arquitectura para transporte de datos GMPLS de extremo a extremo e interdominio.

La infraestructura DRAGON está formada por los siguientes componentes:

- **NARB (Aware Resource Broker):** será un agente que representará un dominio autónomo e intercambiará información con otros agentes NARB que representan otros dominios. Por lo tanto habrá intercambio de información entre diferentes dominios.
- **VLSR (Virtual Label Switch Router):** concepto que sirve para traducir el protocolo GMPLS estándar a otros protocolos específicos de otros dispositivos, permitiendo así una reconfiguración dinámica de los dispositivos de alerta no-MPLS.

- **ASTDL (Application Specific Topology Definition Language):** el cual ayudará a formalizar las definiciones de servicios de red y a simplificar la descripción de topologías complejas.



Esta arquitectura será desplegada en la red metropolitana de Washington DC sobre la experiencia previa de los experimentos MAX GigaPOP y otras redes testbed regionales.

Dos ejemplos de aplicaciones que actualmente están siendo integradas en la red DRAGON son: *Very Long Baseling Interferometry (eVLBI)* y *High Definition Collaboration and Visual Area Networking (HD-CVAN)*. La primera de ellas está orientada a la radio-astronomía; y la segunda está más orientada a sistemas telemáticos de alta calidad.

- **Radio Astronomy: e-VLBI.** *Very-Long-Baseline Interferometry* es usada por los astrónomos desde hace más de treinta años como una de las más potentes técnicas para estudiar objetos en el universo tanto a través de imágenes de ultra-alta resolución, como mediante la medición de movimientos ultra precisos. Tradicionalmente los datos de *VLBI* se recogen en tasas de entorno 1Gbps, y se almacenan en cintas magnéticas que se envían a un centro de procesado de datos. En la actualidad se comienza a utilizar redes específicas de alta velocidad y dedicadas para facilitar este proceso. La infraestructura DRAGON se utiliza en este escenario tanto para aumentar la calidad y el ancho de banda de estas transmisiones, como para disminuir la latencia. En la red DRAGON se incluyen conexiones con organismos como la *NASA GSFC Goddard Geophysical and Astronomical Observatory (GGAO)*, U.S. Naval Observatory (USNO) y el *MIT Haystack Observatory*.

- **High Definition Video Applications: HD-CVAN.** Los objetivos de la aplicación HD-CVAN son: por un lado utilizar la red DRAGON para realizar conferencias de alta definición mediante el uso de las funciones específicas de esta arquitectura, garantizando así el aprovisionamiento de recursos para topologías específicas de aplicaciones; y por el otro lado, obtener la capacidad de transmitir datos de una manera independiente a el protocolo. Estas características permitirán la creación de redes de latencia mínima, perfectas para el uso de aplicaciones interactivas.

5. AutoBAHN

Autobahn (Automated Bandwidth Allocation across Heterogeneous Networks) es una herramienta de aprovisionamiento de circuitos dinámicos proporcionada por *GEANT* que está integrada en los propios sistemas NREN de la red paneuropea de investigación para facilitar servicios de “*multidomain bandwidth-on-demand*” (*BoD*). Este último concepto (ancho de banda bajo demanda) tienen una serie de beneficios asociados :

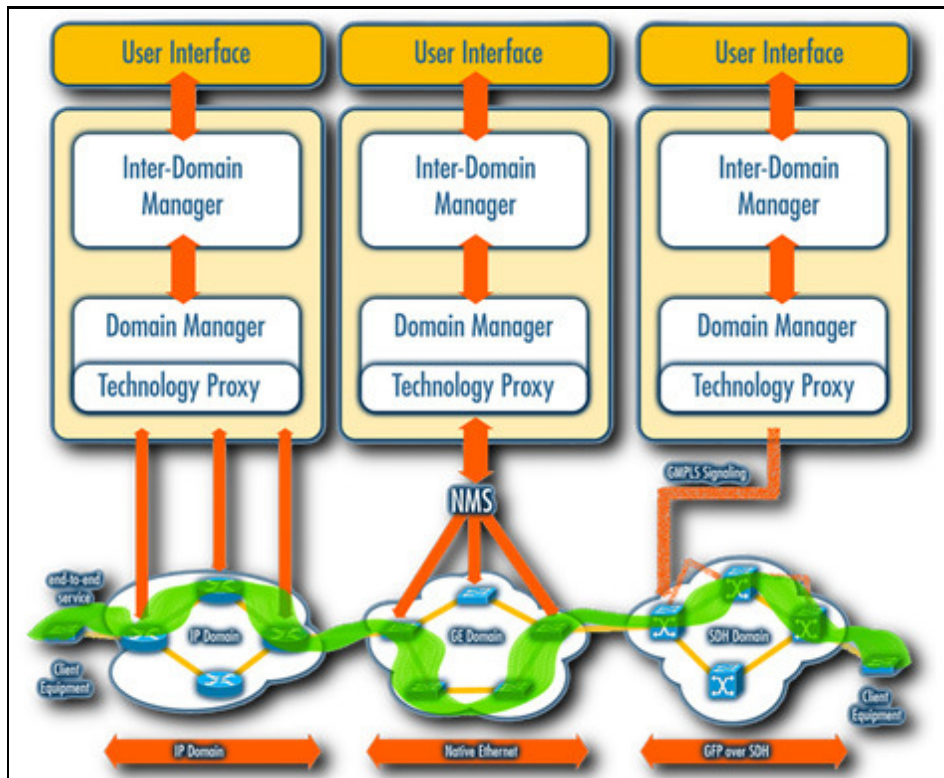
- Reducción de costes debido a la automatización de tareas de aprovisionamiento de procesos multidominio, y también debido a la capacidad de añadir requisitos de usuarios a las redes (bajo múltiples dominios) de una manera rápida y flexible.
- Fácil configuración de circuitos multidominio (en segundos).
- Estudio de datos (como la disponibilidad) bajo la integración en el sistema de herramientas de monitorización.
- Reserva de ancho de banda para eventos o experimentos futuros.
- Rápido aprovisionamiento de ancho de banda en cortos períodos de tiempo que se ajustan a los patrones de intercambio de datos de muchos proyectos.
- Alta calidad de servicio, que ellos mismos la definen como una combinación entre la rapidez y eficiencia de un servicio comercial con la seguridad y soporte técnico que solo una NREN puede proporcionar.

Para lograr dar un servicio de ancho de banda bajo demanda en un entorno multidominio es característica indispensable proporcionar una federación entre diferentes dominios administrativos.

Es por eso que el componente fundamental del proyecto es el **Inter-Domain Manager**. Este módulo es el encargado de realizar diversas operaciones (comunicaciones interdominio, negociación de recursos con dominios adyacentes, intercambio de información topológica, gestión de peticiones) para garantizar la reserva de circuitos.

Para construir un circuito de extremo a extremo requeriremos también el módulo **Domain Manger** para gestionar los recursos de el propio dominio donde estará desplegado. Por encima de él tendremos el anteriormente citado *Inter-Domain Manager*, actuando como una interfaz con la que cada dominio se compromete a tener capacidad para realizar ciertas operaciones: devolver información topológica, planificación y reserva de los recursos, monitorización, etc.

Bajo el *Domain Manager* tenemos la interfaz que en la ilustración siguiente se llama **Technology Proxy**. Este componente es la parte de AutoBAHN que necesitará ser adaptada atendiendo a las características especiales de el dominio donde está desplegado. Es decir, por ejemplo en un determinado dominio la forma de configurar y reservar los recursos puede hacerse mediante *MantyChore*, y en otros dominios puede ser a través de *OSCARS*. Lo único que importa es que se cumplan las operaciones tal y como se definen en la interfaz, para que así el *Domain Manager* pueda realizar su cometido sin problemas.



Por lo tanto, podemos resumir que realmente **AutoBAHN** proporciona federación entre los diferentes dominios, característica mediante la cual la infraestructura puede proporcionar mecanismos de negociado para la reserva de recursos entre los diferentes dominios que atravesará nuestro circuito. Actualmente proporciona las siguientes funcionalidades :

- Aprovisionamiento automático de circuitos dinámicos de nivel 1 y 2 de red en contornos multidominio.
- Soporte para tecnologías como *Ethernet*, *SDH* (*Synchronous Digital Hierarchy*), o *Ethernet* bajo el protocolo *MPLS*.

- Interoperabilidad con otros servicios de ancho de banda bajo demanda como *IDC Protocol* (utilizado por la siguiente tecnología de la que vamos a hablar: *Internet2 ION*).
- Interfaz usable de cara el usuario y con una API bien definida con la finalidad de permitir implementar clientes personalizados sin dificultades.

6. Internet2 ION

Internet2 ION (Interoperable **O**n-demand **N**etwork) es un servicio que aprovisiona a los usuarios de circuitos dedicados a través de la red de investigación americana *Internet2* (y también en otras NREN regionales e internacionales). Este aprovisionamiento de circuitos punto a punto, que puede ser realizado mediante reserva a largo plazo o bien en tiempo real, trabaja sobre la capa de nivel 2 de la infraestructura de red a través de conexiones **Ethernet VLAN framed**.

Internet2 ION está desplegado en múltiples dominios y aprovisiona servicios en entornos multidominio. Además bajo su capa software trabajarán tecnologías como *OSCARS* y *DRAGON* con la finalidad de usar dichas utilidades para la reserva dinámica de circuitos, y para su creación/configuración. Adicionalmente también se hará uso del framework *perfSONAR* para obtener servicios de topología, de monitorización y de búsqueda de otros servicios.

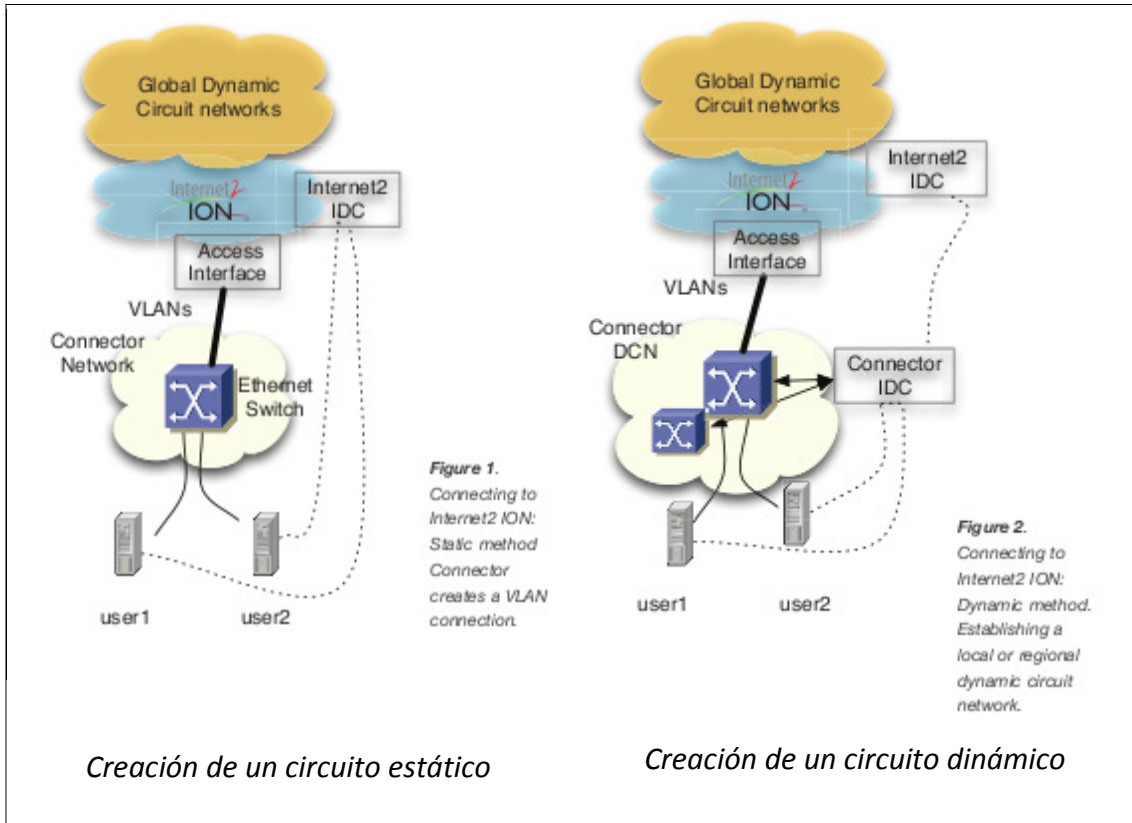
Por lo tanto, de manera análoga a *AutoBAHN*, Internet2 ION es una herramienta que nos proporciona federación entre múltiples dominios administrativos con la finalidad de que estos cooperen entre si en el proceso de reserva dinámica de recursos y en la creación/configuración de circuitos. Para aportar la citada federación, esta infraestructura utilizará o protocolo **IDCP** (*InterDomain Controller Protocol*).

Cualquiera aplicación que necesite alta disponibilidad y una capacidad asegurada se beneficiará de esta infraestructura. Pero *Internet2 ION* no solo estará recomendada para aplicaciones científicas con grandes transferencias de datos y/o necesidades de un amplio ancho de banda; si no que su uso también estará recomendado para medios de comunicación avanzados como las videoconferencias.

Actualmente Internet2 ION ten una serie de funcionalidades implementadas entre as que se destacan:

- **Construcción de conexiones virtuales dedicadas:** Construcción de conexiones virtuales en tiempo real o bajo reserva anticipada en el dominio de Internet2 (o en otras redes que tengan desplegado Internet2 ION). Por lo tanto, se pueden crear un circuito con origen y destino situado en cualquier nodo dentro de dicha red de investigación.
- **Construcción de circuitos persistentes o permanentes:** Posibilidad de crear circuitos que tengan un tempo de vida de hasta dos años. Si estos circuitos son necesarios para un período de tempo mayor se puede configurar manualmente la fecha de finalización para renovar así el circuito. Antes de que acabe la reserva, el sistema enviará una notificación para informar de que el tiempo de esta se agota.
- **Capacidad para escoger las características del circuito:** se permite escoger la capacidad del circuito a crear dentro de las limitaciones de la infraestructura.

- **Interfaz web para configuración de circuitos:** Internet2 ION nos proporciona una aplicación web ya desplegada para la creación, configuración y reserva de circuitos por parte de los usuarios. Además disponen de servicio técnico por si fuera necesario solventar alguna incidencia.



El primer paso para implantar esta infraestructura es interconectar un dominio local con la infraestructura de *Internet2 ION* a través de enlaces de 1 o 10 Gigabit Ethernet. Una vez establecida la conexión, los *Internet2 Connectors* (organizaciones de educación e investigación americanas que se conectan directamente a la red Internet2) deben definir dos métodos para el aprovisionamiento de servicios:

- **Servicios estáticos** en equipos locales, en los cuales debe incluirse en la red de el *Internet2 Connector* un switch Ethernet que se conecte directamente a la infraestructura Internet2 ION. Dicho elemento será utilizado para crear una VLAN que conecte diferentes usuarios dentro de un dominio de *Internet2 ION Access Interface*. El usuario solicitará circuitos dinámicos a el IDC de Internet2.
- **Servicios dinámicos** (en el caso en que o número de usuarios de un dominio se vaya expandiendo) para la creación de circuitos dinámicos permitiendo que el *Internet2 Connector* pueda proporcionar control dinámico de los elementos existentes entre los

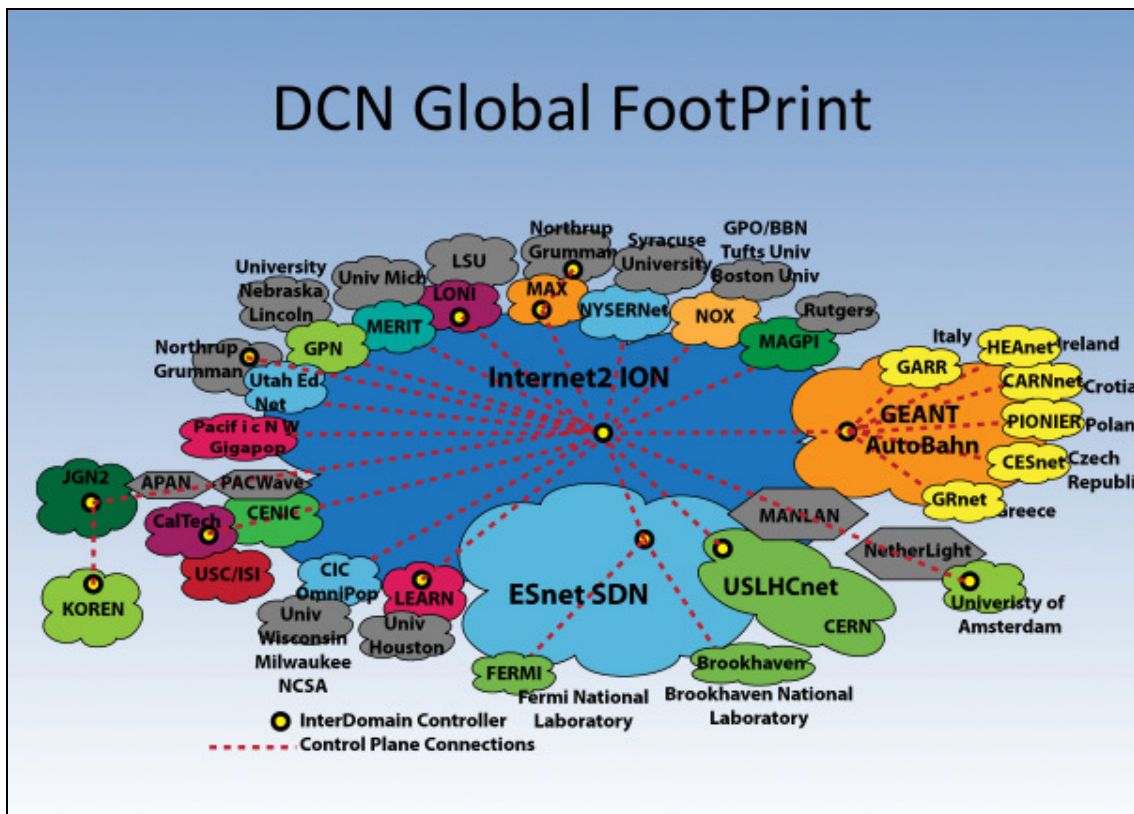
usuarios finales y la infraestructura *Internet2 ION*. En este caso se instalará en la red de el *Internet2 Connector* el componente *Inter-Domain Controller (IDC* - estamos hablando de tecnologías como *OSCARS* o *DRAGON*) para un control dinámico del equipamiento de red local. A diferencia de el caso anterior, el usuario solicitará circuitos dinámicos a el IDC local en vez de pedírselos a el IDC de Internet2.

Para finalizar, mencionar que además de dar soporte a las múltiples redes regionales vinculadas a Internet2, la infraestructura Internet2 ION también está interconectada con diversas instituciones como : *Esnets Science Data Network (SCN)*, *Multiple regional and campus network*, *USLHCNet*, *CalTech*, *JGN2*, *KOREN*, y adicionalmente a múltiples experimentos.

7. Conclusiones

En el presente documento se fueron explicando, en primer lugar una serie de sistemas software que configuran o virtualizan elementos de red para la reserva de recursos y creación de circuitos (**MantyChore**, **OSCARS** y **DRAGON**); y en segundo lugar se describen ciertas tecnologías (**AutoBAHN** e **Internet2 ION**) que mediante el uso de las primeras son capaces de hacer que redes de diferentes dominios administrativos cooperen entre si para establecer circuitos dinámicos para la transferencia de datos.

En la siguiente figura se puede ver la situación global de los DCN (*Dynamic Circuit Network – redes de circuitos dinámicos*). Se puede observar como la infraestructura **Internet2 ION** da soporte a múltiples redes regionales de Estados Unidos y como puede mediar entre ellas para establecer circuitos dinámicos. Lo mismo ocurre en Europa, en la que **AutoBAHN** trabaja sobre la red paneuropea de investigación – **GEANT2** para coordinar el establecimiento de circuitos entre as diferentes NREN.



Es de especial importancia la colaboración entre la institución Americana y Europea en cuanto a interoperabilidad entre sus diferentes sistemas federados, por lo que se puede deducir que

actualmente se trabaja en dirección de proporcionar reserva dinámica de circuitos entre dominios transcontinentales.

Un ejemplo de la importancia entre la colaboración de estas redes de investigación continentales es el experimento **LHC** (*Large Hadron Collider*), en el cual los datos que se van obteniendo se distribuyen mediante redes de alta calidad de servicio por numerosas instituciones, entre las cuales se destacan las diferentes instituciones de investigación estadounidenses.

Además de los aspectos favorables en la federación entre diferentes dominios administrativos, también existen una serie de beneficios tecnológicos a favor de utilizar las infraestructuras de red como un servicio.

Por un lado, establecer circuitos dinámicos mediante estas tecnologías permite separar el tráfico de ciertas comunicaciones que tienen requisitos técnicos más elevados (por ejemplo altas exigencias de ancho de banda). Esto es beneficioso no solo por razones de seguridad, sino que también aumenta la calidad de el servicio que se puede ofrecer.

Hay que tener en cuenta que la mayor parte de las tecnologías analizadas son implementadas y desplegadas por las propias NREN o instituciones investigadoras dependientes de ellas. Es la propia comunidad científico-investigadora la que necesita realizar transferencias de datos con una calidad de servicio muy alta, por lo que es evidente que las diferentes tecnologías de red analizadas están orientada a las necesidades de dicho sector.

Por otro lado, estas tecnologías facilitan la labor de el personal técnico de redes que tenga que gestionar transferencias de datos de estas características:

- Permitiendo mecanismos para centralizar la configuración de las distintas infraestructuras de red (nivel 1, 2 y 3).
- Automatizando tanto los procesos para la reserva de recursos como el ajuste dinámico de la calidad de servicio.
- Virtualizando las redes y equipos de red con los beneficios que esto proporciona.
- Y sobre todo favoreciendo la interoperabilidad entre los múltiples protocolos, ya sea en el equipamiento de red o bien en los dispositivos terminales que se conectan a esta.

8. Referencias

- **MantyChore**

Especificación de la arquitectura y de sus componentes

<http://jira.i2cat.net:8090/display/MANTECH/System+Architecture>

Estado de los proyectos de la comunidad de usuarios

<http://jira.i2cat.net:8090/display/MANTECH/MS11+Status+of+the+user+community>

Casos de Uso de MantyChore

<http://jira.i2cat.net:8090/download/attachments/3211820/Mantychore+Use+Cases.pdf?version=2&modificationDate=1303404423000>

Otra información sobre los casos de uso de MantyChore

<http://dana.i2cat.net/mantychore-requirements-analysis-report/publications/>

Páginas dedicadas a el uso del sistema mediante la consola de comandos

<http://jira.i2cat.net:8090/display/MANTECH/Server+Console>

Páginas dedicadas a el uso del sistema mediante GUI (Resource Management Center)

<http://jira.i2cat.net:8090/display/MANTECH/Resource+Management+Center>

- **OSCARS**

Especificaciones de OSCARS

<http://www.es.net/services/virtual-circuits-oscars/documentation/design-specifications/>

Página principal de OSCARS

<http://www.es.net/services/virtual-circuits-oscars/>

Información del servicio de topología de perfSONAR

<http://psps.perfsonar.net/topology/readme.html>

Página de Internet2 donde se habla de la integración entre perfSONAR e OSCARS

<https://spaces.internet2.edu/display/ISWG/Use+Cases#UseCases-OSCARSSoftwareSuiteCurrentOSCARS%2FperfSONARInterdomainPathfinder>

On-demand Secure Circuits and Reservation System (OSCARS)

<http://www.es.net/assets/ESnet-Research/OSCARS/oscars-gridnets-20061001.pdf>

- **DRAGON**

Página wiki sobre el proyecto DRAGON

<http://dragon.maxgigapop.net/twiki/bin/view/DRAGON/WebHome>

Otra página wiki sobre proyecto DRAGON

<http://dragon.east.isi.edu/twiki/bin/view/DRAGON/WebHome>

- **AutoBAHN**

Sección de la página de GEANT donde se describe el proyecto AutoBAHN

<http://www.geant.net/service/autobahn/pages/home.aspx>

Página de GEANT 2 donde se describe el servicio de ancho de banda bajo demanda que se puede obtener con AutoBAHN

<http://www.geant2.net/server/show/ConWebDoc.2544>

Página de GEANT 2 donde se define y se describe AutoBAHN

<http://www.geant2.net/server/show/nav.2239>

- **Internet2 ION**

Página web de Internet2 que habla del proyecto

<http://www.internet2.edu/ion/>

Presentación en PDF de una conferencia de TERENA

<http://www.terena.org/activities/e2e/ws3/slides/101129-ion-Tom.pdf>

PDF alojado en la página web del proyecto que nos explica el funcionamiento de Internet2 ION

<http://www.internet2.edu/pubs/200909-IS-ION-HowTo.pdf>