

LABORATORIO VIRTUAL PARA EL DISEÑO DE RADIO ENLACES EN UN AMBIENTE GRID

VIRTUAL LABORATORY FOR THE DESIGN OF RADIO LINKS IN A GRID ENVIRONMENT

Luz Hermencia, Santamaría Granados

Ingeniera de sistemas. Especialista en Telemática. Candidata a Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.

Docente Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.

E-mail: luzsantamariag@gmail.com

José Nelson, Pérez Castillo

Doctor en Informática, Universidad de Oviedo (España). Magister en Teleinformática. Especialista en Sistemas de Información Geográfica Teledetección y Cartografía Automática. Investigador y Docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. E-mail: nelsonp@udistrital.edu.co

Fecha de recepción: 2 octubre de 2008

Fecha de aceptación: 15 de diciembre de 2008

RESUMEN

Es un prototipo de Laboratorio Virtual (Virtual Laboratory, LV) que presenta un modelo tridimensional de un sector de la ciudad de Bogotá (la zona entre las sedes de la Universidad Distrital). El usuario interactúa en este laboratorio ubicando antenas de Radio Enlaces (Radio Links, RL) dentro de esta zona virtual para analizar su correcta interconexión. Tecnológicamente, el proyecto dispone de un Objeto Virtual de aprendizaje (OVA) para el diseño del RL sobre un Modelo Digital de Elevación (Digital Elevation Model, DEM) Tridimensional (3D). El LV se accede a través de un portal grid (un portal de interfaz gráfica que puede acceder a la malla computacional, sistema distribuido de computación), que utiliza una interfaz de acceso al mundo virtual 3D. El artículo involucra la definición de una arquitectura para ambientes grid con sus respectivos protocolos y servicios disponibles para el funcionamiento del LV en la Web.

Palabras claves: Computación grid, objetos virtuales de aprendizaje, modelo digital de elevación, radio enlaces, 3D, OVA.

ABSTRACT

This is a prototype of Virtual Laboratory (VL), which presents a three-dimensional model of a section of the Bogotá city (the area between the branches of the Distrital University). The user interacts in the laboratory by placing antenna of Radio Links (RL) within this zone to analyze the correct virtual networking. Technologically, the project has a Virtual Learning Object (OVA) for the design of the RL on a Digital Elevation Model (DEM) Three-dimensional (3D). The LV is accessed through a grid portal (a graphical interface portal that can access the grid computing, distributed computing system), which uses an interface to access the virtual 3D world. The article involves the definition of an architecture for grid computing environments with their respective protocols and available services for the operation of the LV on the Web.

Key words: Grid Computing, virtual learning objects, digital elevation model, radio links, 3D, LVO.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de investigación en las diferentes áreas del saber están manejando y compartiendo grandes volúmenes de información que involucran el procesamiento de imágenes, vídeos y escenas 3D para ambientes colaborativos, surgiendo la necesidad de crear laboratorios de visualización [5][18] para que los docentes y estudiantes cuenten con los recursos y herramientas que reduzcan la complejidad en el análisis de casos de estudio; por otra parte que les permita a los investigadores conformar Organizaciones Virtuales (OV) para hacer discusión de los resultados obtenidos.

Las OV se soportan en la infraestructura computacional grid que hace transparente al usuario la autenticación y la autorización de los servicios y recursos disponibles en los portales Web, y que ha llevado tanto a instituciones educativas como empresariales a reducir los costos en capacitación y en equipos de laboratorios especializados, al implementar laboratorios remotos y virtuales sobre portales grid [7] que ofrecen al usuario la oportunidad de interactuar con mundos virtuales que simulan el funcionamiento de instrumentos, el comportamiento de fenómenos geográficos, el diseño de redes de comunicaciones, el trazado de rutas sobre mapas satelitales, entre muchas otras aplicaciones.

Los laboratorios remotos están utilizando prototipos de realidad virtual [4][13] para el control y monitoreo de instrumentos de laboratorios en áreas como la física, química y robótica haciendo uso de escenas 3D, para el manejo de variables que requieren procesar grandes cantidades de datos, por otra parte los laboratorios virtuales [15][8] involucran

prototipos de realidad virtual que pueden ser inmersivos al interactuar con simuladores manejados con dispositivos 3D (casco, guantes, gafas, mouse) y no inmersivos cuando se accede al mundo virtual en tiempo real a través de un plug-in o visor. La elección del tipo de laboratorio se hace de acuerdo a los requerimientos de los proyectos y la complejidad de los experimentos a manejar, aunque se debe resaltar que se emplean en ambientes colaborativos y distribuidos para cualquier área del conocimiento.

El proyecto está dirigido a estudiantes universitarios con énfasis en Telecomunicaciones y Sistemas de Información que tengan el propósito de aprender a ubicar antenas de comunicaciones inalámbricas, a través del control de la medición de la señal en la red establecida, para lo cual disponen de un escenario en 3D construido a partir de un Modelo Digital de Elevación (Digital Elevation Model, DEM). El diseño del Laboratorio Virtual (Virtual Laboratory, LV) es no inmersivo, ya que pretende que el estudiante explore la escena virtual visualizada en el portal grid, definiendo los parámetros técnicos para el LV, para que el servicio grid compruebe la efectividad del mismo.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. RADIO ENLACES

Para el diseño de una Red de Área Metropolitana Inalámbrica (Wireless Metropolitan Area Network, WMAN) se hace necesario utilizar antenas que aumentan la ganancia de la señal radiada y que permitan un mayor alcance, para tal caso el tipo de antena debe contemplar lo dispuesto por el Ministerio de Comunicaciones "Artículo 9.- ANTENAS OMNIDIRECCIONALES. La utilización de antenas omnidireccionales solo será permitida en sistemas inalámbricos cuya potencia radiada sea menor o igual a 100 mW. Los sistemas que excedan esta potencia deberán emplear antenas direccionales con un ancho de lóbulo no mayor a 90 grados" .

Los cálculos de radio de propagación de la señal se miden en decibeles (decibels, dB) que es un valor algorítmico, que está relacionado con la ganancia y pérdida de la señal de las antenas. A partir de los parámetros de distancia y frecuencia se evalúa la calidad de la señal teniendo en cuenta las edificaciones y zonas topográficas que causan interferencia para transferir la señal y medir la pérdida de la potencia. Tal medición y revisión se hace de acuerdo con los siguientes aspectos [6]:

¹ Ministerio de Comunicaciones. Resolución número 1689 de 12 de junio de 2007 de la República de Colombia. (2007). www.mincomunicaciones.gov.co

Línea de vista: para estimar la medida se hace basado en los puntos de interconexión de las antenas, la siguiente fórmula permite calcular en metros (m) la distancia medida en el plano del suelo x , obtenida por la diferencia de altura de las dos antenas y la distancia de Línea de Vista (Line of Sight, LoS).

$$x(m) = \sqrt{h^2(m) + r^2(m)}$$

Zona de Fresnel: si se cuenta con una LoS entre la interconexión de las infraestructuras completamente nítida, no se realiza el análisis de la Zona de Fresnel (Fresnel Zone, FZ). De lo contrario se debe realizar el cálculo de la primera FZ (figura 1), donde la elipsoide tiene su máximo valor en el centro del enlace, en este punto, el radio r se calcula a través de la distancia y la frecuencia de las antenas:

$$r(m) = 547.723 \sqrt{\frac{d(Km)}{4f(MHz)}}$$

$$r(m) = 17.32 \sqrt{\frac{d(Km)}{4f(GHz)}}$$

Pérdida: Se calcula de acuerdo a la distancia y frecuencia del radio enlace en espacio libre para determinar la pérdida de propagación de la señal entre dos antenas, sin importar la atenuación y desvanecimiento, así como la interferencia con objetos geográficos y no geográficos. Por otra parte la mala ubicación sí incide en la polarización del campo eléctrico radiado. La estimación se basa en la ecuación de pérdida de transmisión de Friis [11]:

$$L(dB) = 92,44 + 20 \log f(GHz) + 20 \log d(Km)$$

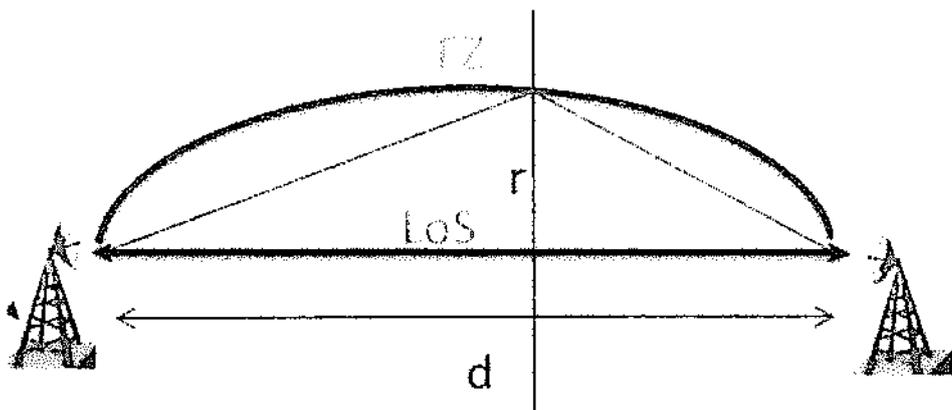


Figura 1. Cálculo de la Zona de Fresnel.

1.2. MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

En el proyecto el manejo de los DEM tiene una visión de uso métrico, ya que el modelo geográfico en 3D se toma como referencia para la construcción del OVA en el LV. Los métodos de construcción de los DEM [1] se basan en un conjunto de puntos con coordenadas distribuidas irregularmente, que generan puntos ubicados en los nodos de una red regular, de forma que la superficie interpolada sea una representación de la original con una pérdida mínima de información. Los DEM manejan una sola componente topológica: construcciones, árboles o terreno y en la definición de las estructuras digitales se involucra el uso de imágenes y mapas topográficos de Bogotá.

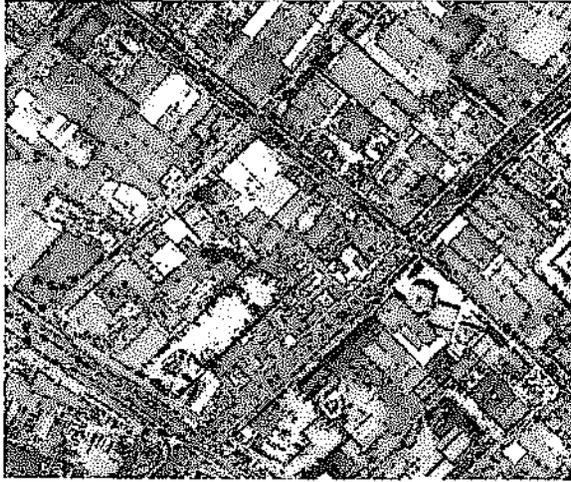


Figura 2. Datos geoespaciales académicos que muestran una zona de la ciudad de Bogotá
Fuente. Universidad Distrital

Los datos geoespaciales previstos para generar el modelo en 3D son de tipo shapefile y contienen la geometría o datos espaciales en el Archivo de Formas (ShapeFile, SHP), la tabla de atributos en el archivo dbf y los índices de los datos espaciales en el archivo shx. Los archivos shapefiles contienen curvas de nivel y construcciones de Bogotá, en la figura 2 se muestran las líneas marcadas sobre el terreno que unen todos los puntos que presentan características similares y altura o cota, para definir la trayectoria horizontal en la intersección de la superficie de nivel con el terreno. Las curvas de nivel representan intervalos de altura que son equidistantes sobre un plano de referencia. Se cuenta con un archivo raster o imagen que muestra la fotografía satelital de las edificaciones de la ciudad.

2. ARQUITECTURA GRID

Las plataformas para ambientes grid como Globus ToolKit (GTK), gLite y AccessGrid, han surgido como resultado de proyectos de investigación en tecnología grid, para

permitir a las OV compartir recursos computacionales de alto desempeño, a través de aplicaciones multimediales y ambientes dinámicos e interactivos en 3D, así como buscar la interoperabilidad para suministrar servicios que respalden la implementación de aplicaciones sobre arquitecturas grid, centradas en la estructura del middleware al incorporar los componentes específicos de los servicios que se van a proveer en el entorno computacional, para lo cual se hace un análisis de los protocolos que operan en las distintas capas de la Arquitectura Abierta de Servicios en Malla (Open Grid Service Architecture, OGSA) [14], y se realiza una propuesta que se soporta en entornos educativos, y se muestra en la figura 3.

- **Portal grid:** se cuenta con una aplicación Web que ofrece al usuario una interfaz de visualización, para acceder a los servicios grid publicados dentro del catálogo de servicios como: laboratorios virtuales, herramientas multimediales para el soporte de redes sociales y servicios educativos enfocados al área de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (Geographic Information Science and Technology, GIS&T), para tal propósito se utiliza la herramienta Gridsphere [22] que oculta la complejidad de la infraestructura grid a través de aplicaciones o portlets que pueden ser ejecutados y administrados en el contenedor web de Apache Tomcat, que provee la interoperabilidad para programas desarrollados en java.

El portal grid ofrece a los usuarios el acceso a los módulos de credenciales, recursos, archivos y trabajos. Inicialmente con el protocolo de seguridad MyProxy [12] los usuarios y máquinas obtienen la credencial de autorización temporal para el ingreso a la grid. En el módulo de recursos se configuran los equipos de cómputo que integran la capa de infraestructura tecnológica del sistema grid, especificando el recurso de memoria y procesador a ser utilizado. En el módulo de archivos se hace la transferencia de archivos entre los equipos de la grid y en el módulo de trabajos se gestionan los procesos que son enviados a cada una de las máquinas, de acuerdo con los parámetros de ejecución de los servicios grid configurados tanto para el servidor como para el cliente.

- **Servicios grid:** la implementación de los servicios grid se soporta en GTK [2] y se considera como una ampliación de los servicios web, al incluir servicios adicionales como notificaciones, persistencia y manejo de recursos, que provienen del Framework de Recursos de Servicios Web (Web Services Resource Framework, WSRF), para tal fin utilizan depósitos de objetos donde crean instancias individuales del servicio para cada usuario o máquina que lo solicite en el dominio de la grid. La aplicación del servicio grid cuenta con un equipo servidor que se configura teniendo en cuenta: *primero* definir la interfaz y las operaciones que el servicio ofrece a los usuarios a través del Lenguaje de Descripción de Servicios Web (Web Services Description Language, WSDL).

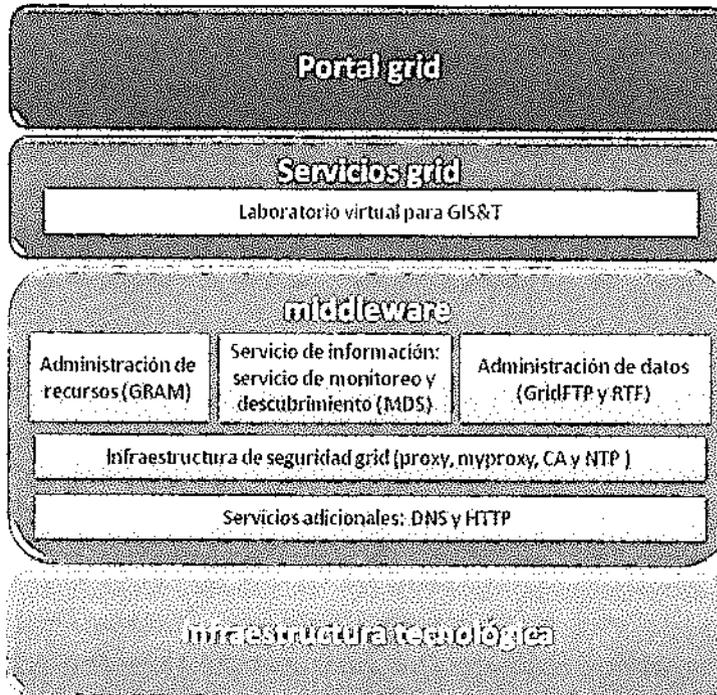


Figura 3. Arquitectura grid para ambientes e-Learning [2]

En el *segundo* paso se implementan las clases y métodos en java que conforman las operaciones del servicio descrito en el WSDL; como *tercero* se relacionan los parámetros de desarrollo contemplados en el Descriptor de Despliegue del Servicio Web (Web Service Deployment Descriptor, WSDD) e Interfaz de Directorio y Nombres en Java (Java Naming and Directory Interface, JNDI), para que el contenedor GTK conozca cómo debe publicar el servicio y localizar los recursos; en el *cuarto* paso cuando el servicio web se encuentra terminado se compila y genera el archivo grid (Grid Archive, GAR) y en el paso *quinto* se despliega el servicio en el contenedor del servicio web GTK, para que todos los clientes puedan invocarlo. Por otra parte en la máquina cliente se implementa en java la interfaz de comunicación con las operaciones del servidor, de modo que pueda registrar los parámetros de entrada y finalmente se compila la clase java del cliente.

- **Grid middleware [2]:** Se considera el núcleo de la arquitectura—debido a que comparte el mismo middleware o software que conecta los servicios de GTK para suministrar los protocolos de seguridad, gestión de recursos y transferencia de información entre las OV. La Infraestructura de Seguridad en la Grid (Grid Security Infrastructure, GSI) define políticas de autenticación, autorización y contabilidad (Authentication, Authorization and Accounting, AAA), por medio de credenciales de seguridad de Infraestructura de Llave Pública (Public Key Infrastructure, X.509),

que son otorgadas por una autoridad certificadora (Certificate Authority, CA), quien firma todos los certificados proxy para los usuario y equipos de cómputo en la grid. Por otra parte para que las credenciales en la grid sean válidas, todas las máquinas deben sincronizarse con el Protocolo de Tiempo en la Red (Network Time Protocol, NTP).

La Gestión y Acceso de los Recursos en la Grid (Grid Resource Access and Management, GRAM) se efectúa a través de los administradores locales, que se encargan de ubicar y asignar los recursos de acuerdo a los trabajos programados, así como verificar el estado de los recursos empleados por los nodos de la grid, con el Servicio de Descubrimiento y Monitoreo de Globus (Globus Monitoring and Discovery Service, MDS). Cabe resaltar que la comunicación entre los servicios se hace con el Protocolo de Transferencia de Archivos (Grid File Transfer Protocol, GridFTP) y con el modo confiable (Reliable File Transfer, RTF). Por último y aunque no hacen parte del framework de GTK, se configura el Sistema de Nombres de Dominio (Domain Name System, DNS) que facilita la relación del nombre del servicio con la dirección de Protocolo de Internet (Internet Protocol, IP) de la máquina, así como el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HyperText Transfer Protocol, HTTP) para acceder a las aplicaciones en la Web.

- **Infraestructura tecnológica:** donde se efectúa una interacción con el planificador local para el control y acceso de los recursos, con el fin de proporcionar los componentes compartidos. Existen tres tipos de recursos: Los computacionales, de almacenamiento y de red, el primero provee la ejecución de los procesos por medio de la reserva de clústeres, computadores y equipos de hardware especializados. El segundo da soporte a guardar grandes cantidades de información, así como, facilitar la transferencia de los datos, de acuerdo con los dispositivos que tengan espacio libre y ancho de banda disponible para tales servicios. El tercero provee calidad de servicio para reducir la carga en los dispositivos de la red por medio del seguimiento del tráfico de datos y la prestación de niveles de servicio.

3. LABORATORIO VIRTUAL

El laboratorio virtual (figura 4) tiene el propósito de visualizar un escenario 3D que le permite al usuario interactuar con el DEM de Bogotá, en el diseño de radio enlaces para la interconexión de las sedes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, para lo cual el estudiante ubica las antenas inalámbricas teniendo en cuenta las coordenadas geográficas y parámetros técnicos dados a través de la interfaz del portlet (interfaz gráfica de la grid, comunica al cliente con esta plataforma) y que son requeridos para que el servicio grid verifique la calidad de la señal de los radio enlaces, de acuerdo con lo

establecido en el estándar de la Red Inalámbrica de Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (Worldwide Interoperability for Microwave Access, WiMax) [9].

En la WMAN se definen los puntos de interconexión de las antenas que conforman el radio enlace, tales coordenadas en X, Y y Z se obtienen del DEM, que provee la información espacial del terreno, edificaciones y vegetación que le permite al usuario determinar las interferencias de la línea de vista entre la conexión de las antenas y comprobar la efectividad de los mismos en la red de comunicaciones, para tal propósito la cobertura debe ser menor a 20 Kilómetros (Km) y las antenas deben operar en frecuencias de 5.8 GigaHertz (GHz) con transferencia de datos de 10 a 100 Megabits por segundo (Mbps).

Para crear el DEM 3D se hace el procesamiento de las superficies de curvas de nivel, el proceso de generar las elevaciones de los DEM, requiere de una máquina con gran capacidad de memoria y de procesador para obtener el modelo resultante que se almacena en un archivo raster con las zonas topográficas. Al obtenerse los archivos DEM se ensamblan al modelo geográfico en 3D con la fotografía satelital de la ciudad de Bogotá, utilizando la herramienta VirtualGIS de ERDAS IMAGE 9.0 [17]. Para el diseño del OVA en el LV se exporta el modelo del escenario en formato Extensible 3D (X3D), debido a que emplea una estructura en Lenguaje de Marcas Extensible (Extended Markup Lenguaje, XML) que proporciona interoperabilidad y reusabilidad, de acuerdo con los requerimientos del Modelo de Referencia para Objetos de Contenidos Intercambiables (Sharable Content Object Reference Model, SCORM)[19].

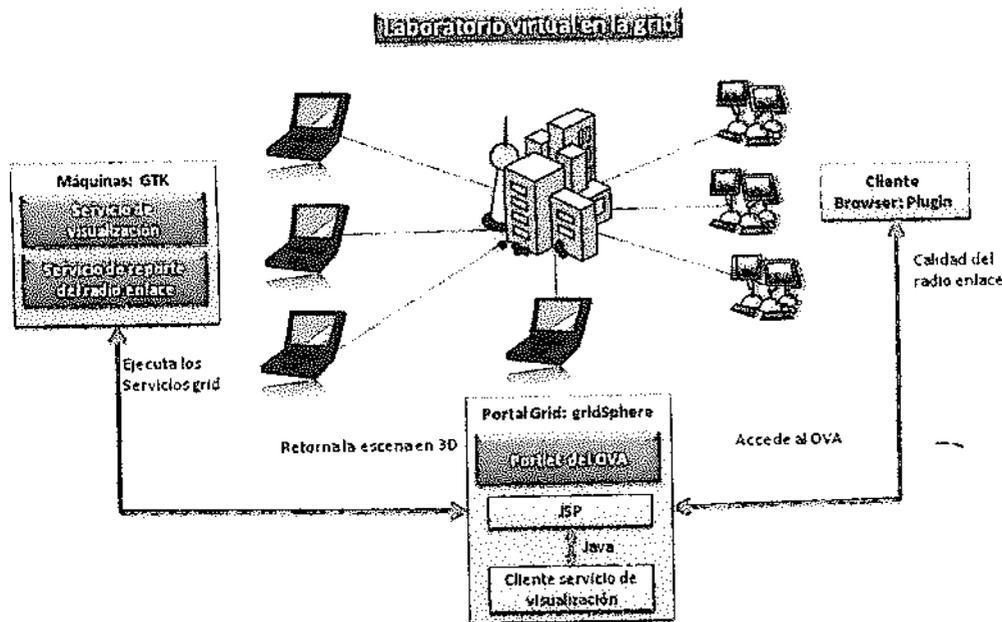


Figura 4. Laboratorio virtual en la grid

El OVA se considera como un recurso de aprendizaje dinámico e interactivo que se comparte a través del portal grid, y está conformado por el objeto de contenido y la etiqueta; el primero describe el tipo de recurso como el mundo virtual en 3D y el segundo se relaciona con los metadatos configurados desde el portal grid y que contiene todos los datos sobre la funcionalidad educativa, prerequisites, autor, versión, ubicación, entre otros. Para la implementación del OVA se soporta en la Interfaz Externa de Acceso a la Escena (Scene Access Interface, SAI) [20], que comunica la página del portlet con el mundo virtual en X3D al incorporar programación en JavaScript. Los usuarios visualizan la escena 3D con el plugin FluxPlayer [21] que soporta el manejo de SAI. Por otra parte SCORM involucra el uso de recursos complementarios (assets) que el estudiante encuentra disponibles en el portlet del cliente como guías de laboratorio y talleres de retroalimentación para el diseño de radio enlaces.

Para crear el portlet del cliente del servicio que tiene acceso tanto a los servicios de visualización y de reporte de calidad del radio enlace, se requiere inicialmente que este sincronizado con las máquinas GTK, para lo cual a través del archivo Java Server Page (JSP) invoca a la clase en java que contiene la lógica del cliente en el método processAction [9], por lo tanto el servicio grid es orientado a la conexión con línea de comando y no necesita configurar un job o trabajo para que pueda funcionar, ya que la programación de la escena se carga directamente en el archivo X3D.

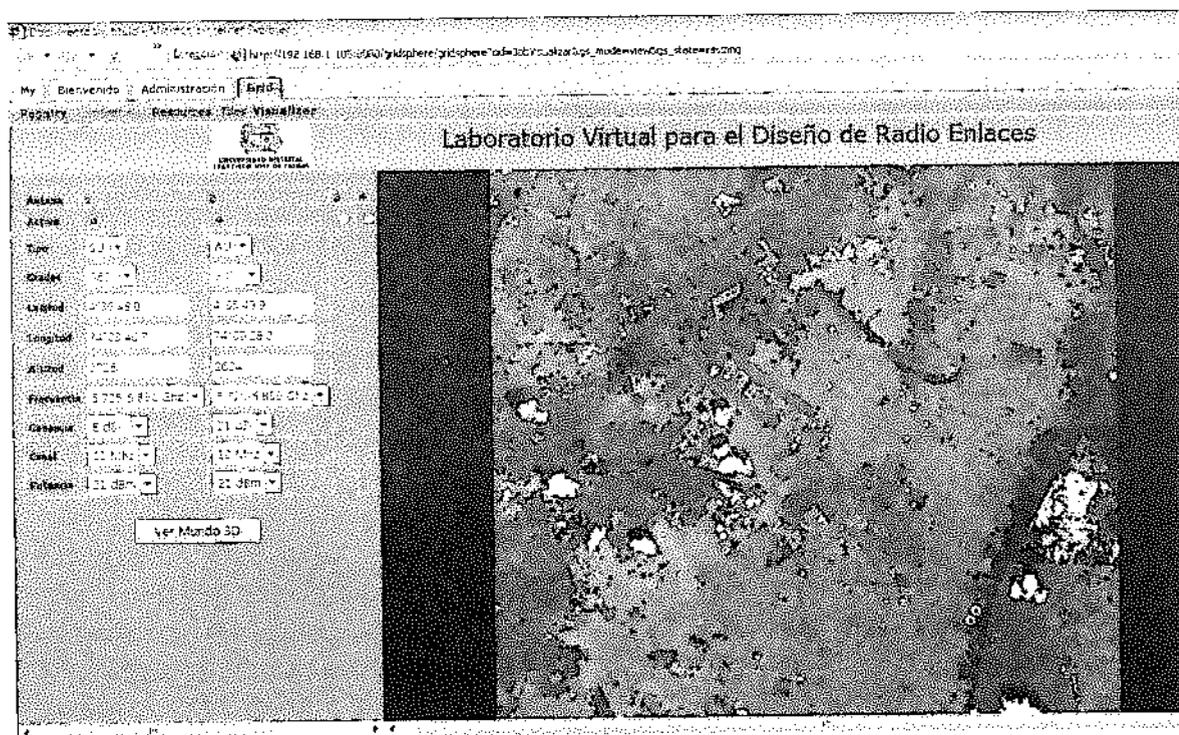


Figura 5. Interfaz SAI del portlet del OVA (las antenas se ubicaron en el mapa en los puntos amarillo con rojo - sector Universidad distrital)

3.1. SERVICIO GRID DE VISUALIZACIÓN

Para la construcción del OVA los datos del DEM 3D son tomados como punto de referencia en el diseño del radio enlace en X3D, al cual se le integra la programación de un ambiente dinámico e interactivo, con sensores de movimiento, efectos de sonido e iluminación y programación en javascript, para que el estudiante maneje un entorno colaborativo de aprendizaje en 3D. Los parámetros que debe manejar la SAI (figura 5) para la ubicación de las antenas dentro del área geográfica de las sedes de la Universidad se determina con los datos de entrada:

- Tipo: las conexiones entre los radio enlaces de las antenas se hacen de punto a multipunto, para lo cual se define una antena principal de Unidad de Acceso (Access Unit, AU) y antenas de Unidad de Abonado (Subscriber Unit, SU) [10].
- Ubicación: coordenadas en los ejes X, Y y Z para situar las antenas en el rango geográfico de las sedes, y que se relacionan con la longitud, latitud y altitud del sistema referencial de coordenadas del DEM 3D. Los datos se ingresan de dos maneras: digitando los valores de las coordenadas en grados, minutos y segundos o haciendo clic sobre el mapa de Bogotá en 2D.
- Frecuencia: para el caso de WiMax se define el ancho de banda entre rangos de 4.9 a 5.85 GigaHertz (GHz), y opera en Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) [3], al evitar las interferencias en el transporte de datos a través de múltiples canales de 10 a 20 MegaHertz (MHz).
- Ganancia y potencia: en las antenas con gran abertura se define una mejor ganancia en decibelios (dBi) y la potencia de transmisión se define en decibeles (dBm).

Cuando el estudiante registra los parámetros de entrada del RL, desde el portlet se hace la solicitud al contenedor GTK que contiene el servicio grid de visualización para que retorne la escena 3D con la ubicación de las antenas y la cobertura de los RL fijada a través del elipsoide de la FZ, para lo cual se envía el archivo X3D de la escena resultante a través de GridFTP. El portlet visualiza la escena por medio del plugin para que el estudiante pueda realizar un recorrido virtual, que le permite verificar visualmente las posibles interferencias en los RL.

3.2. SERVICIO GRID DE REPORTE DEL RADIOENLACE

Cuando se solicita el servicio grid de reporte de calidad del RL, de igual manera el portlet debe comunicarse con el contenedor GTK de la máquina grid que contiene los

servicios, para calcular la pérdida de la señal, la línea de vista y FZ del RL y a partir de los parámetros de entrada el LVO evalúa la calidad de la señal teniendo en cuenta las interferencias para la transferir de la señal y pérdida de la potencia.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para verificar la efectividad del OVA en la ubicación de las antenas en la zona de Bogotá de las sedes de la Universidad Distrital, se emplearon datos geoespaciales facilitados por el Grupo Internacional de Investigación en Informática, Comunicaciones y Gestión del Conocimiento (GICOGÉ), estos datos se procesaron con ERDAS para la construcción del DEM en 3D. Sin embargo la visualización de los mismos está supeditada a la capacidad de procesamiento del hardware y software involucrado en la grid, como también la capacidad computacional de la máquina que el usuario (cliente) posea para la visualización del mundo en 3D.

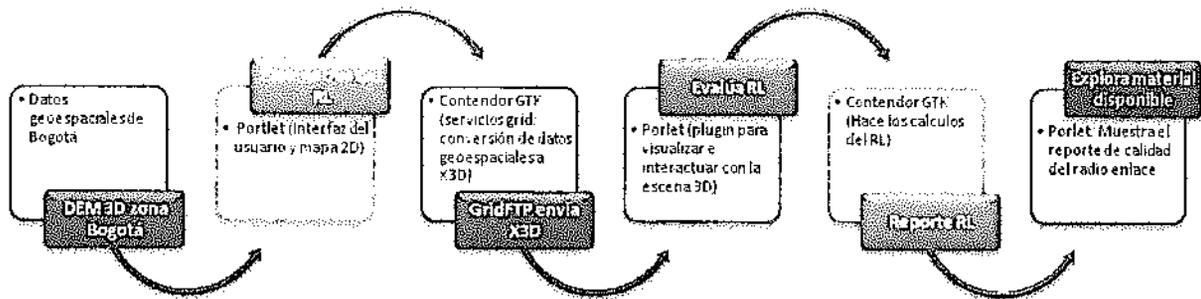


Figura 6. Etapas del desarrollo del proyecto

En la figura 6 se muestra el avance de las etapas propuestas para el desarrollo del proyecto. En la primera etapa (datos geoespaciales de Bogotá) se está encaminado a optimizar los resultados de la generación 3D sobre los datos primarios, en el momento no se han obtenido resultados satisfactorios, ya que la información geoespacial de la ciudad de Bogotá aún no reúne el nivel de detalle riguroso necesario para obtener mundos virtuales de calidad aceptable.

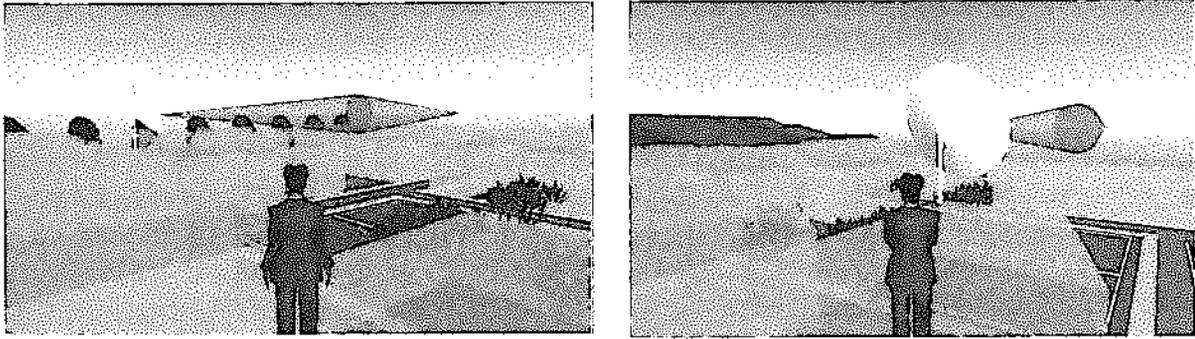


Figura 7. Mundo virtual de prueba para el diseño de RL

En la segunda fase (interfaz de usuario) se ha diseñado una interfaz SAI (figura 5) para registrar los parámetros del RL. Para la tercera fase (Servicio grid de visualización) la plataforma grid se encuentra configurada y lista para realizar las pruebas de convertir los datos geoespaciales al modelo en X3D. Como se muestra en la figura 7, en la cuarta fase (visualizar la escena resultante en el plugin) y fase 5 (servicio grid de reporte de calidad del RL) en el momento se están diseñando mundos virtuales manuales para evaluar la efectividad del RL en la interconexión de varios puntos geográficos. Finalmente para la última fase (visualizar reporte de calidad en el portlet) se está diseñando el material de refuerzo para hacer retroalimentación del proceso de aprendizaje de los RL.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El ambiente de las mallas computacionales ofrece el soporte para la implementación de aplicaciones educativas y científicas, para lo cual en futuros desarrollos y trabajos de investigación para cualquier área disciplinar se debe orientar hacia la construcción de laboratorios remotos, para que el estudiante tenga la posibilidad de interactuar y controlar los dispositivos del experimento en tiempo real [16] y disponga de las herramientas de comunicación, para discutir los resultados de las actividades programadas en el entorno colaborativo.

El OVA del LV se puede tomar como punto de referencia para realizar nuevos prototipos que involucren investigaciones relacionadas con la propagación de la señal radioeléctrica, en distintos ambientes climáticos y factores geográficos, que incidan en el comportamiento de los RL, base para el diseño de nuevos algoritmos que permitan optimizar los procesos y la validación de nuevas variables que incorporan los fabricantes de antenas.

Los servicios GIS en Internet se han globalizado a través de sitios de consulta en línea y de compartición de datos geoespaciales como Google Earth y ERDAS TITAN,

lo que ha fortalecido el desarrollo de simuladores para comunicaciones inalámbricas y móviles a través del manejo de DEM, que proporcionan los datos de elevaciones y de capas para soportar los estudios de viabilidad de la calidad de la señal de los RL, de acuerdo al tráfico de datos y fenómenos geográficos y no geográficos. En Colombia aún falta hacer estudios que permitan realizar el levamiento topográfico de información geoespacial, para soportar el desarrollo de los distintos casos de estudio relacionados con telecomunicaciones, turismo, catastro y mejoramiento de la calidad de vida de la población. ~

REFERENCIAS

- [1] AALBORG UNIVERSITY. 2008. VR Media Lab. Página consultada el 20 de octubre de 2008. En: http://www.vrmedialab.dk/pr/index_e.html.
- [2] ÁLVAREZ GONZÁLEZ, Luis. ESPINOZA PINTO, Daniela; DUARTE OJEDA, Mauricio; (2005) Repositorio de objetos de aprendizaje multimediales basado en el estándar SCORM; 2004; En: VIII Congreso de Nuevas Tecnologías y Aplicaciones Informáticas. La Habana – Cuba, pp 1-10.
- [3] ALVARION, 2006. BreezeACCESS® VL Acceso Inalámbrico de Banda Ancha con Alta Calidad de Voz. Consultada el 9 de septiembre de 2008. En: <http://www.mcc-telecom.es/contenidos/>.
- [4] ATKINSON, Ian. DU BOULAY, Douglas. CHEE, Clinton. CHIU, Kenneth. CODDINGTON, Paul. GERSON, Andrea. KING, Tristan. MCMULLEN, Donald. QUILICI, Romain. TURNER, Peter. WENDELBORN, Andrew. WYATT, Mathew. ZHANG, Donglai; (2007) Developing CIMA based Remote Access for Collaborative e-Research; En: 5th Australasian Symposium on Grid Computing and e-Research, pp. 1-7.
- [5] BUETRICH, Sebastian. 2005. Radio Link Calculation. Página consultada el 5 de marzo de 2008. En: <http://www.it46.se/course/wireless.php>.
- [6] CALVACHE, Bayron. BUITRAGO, Jaime, CARDONA, Jaiber. BACCA, Bladimir. CAICEDO, Eduardo; (2007) Laboratorio distribuido con acceso remoto a través de RENATA para la experimentación en robótica; En: Encuentro internacional de e-ciencia y educación apoyadas por redes de tecnología avanzada, Universidad ICESI, 2008, pp 1-7.
- [7] FELICÍSIMO, Ángel M, 2003. Modelos Digitales del Terreno. Página consultada el 3 de enero de 2007. En: <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>.

- [8] FIGUEROA, Pablo. HERNÁNDEZ, José Tiberio; (2004) Infraestructura de visualización y telecolaboración para la nueva facultad de ingeniería; En: Revista de Ingeniería, facultad de ingeniería universidad de los Andes, N° 20, pp 84-89.
- [9] GridSphere Project, 2008. Gridsphere portal framework. Página consultada el 5 de febrero de 2007. En: <http://www.gridisphere.org/gridsphere/gridsphere>.
- [10] GROSCLAUDE, Eduardo. SZNEK, Jorge. RAMOS GARCIA, Vicente. BERTOIGNA, Leandro. LÓPEZ, Francisco, ZANELATO, Claudio; (2006) Entorno Colaborativo sobre Laboratorios Remotos; En: Octavo Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2006) Universidad de Morón, pp 1-5.
- [11] HANSON, Ben. CULMER, Peter. GALLAGHER, Justin. PAGE, Kate. READ, Elizabeth. WEIGHTMAN, Andrew. LEVESLEY, Martin; (2008) A Remote-Access Laboratory for Collaborative Learning; En: ACTA Press, pp 1-6.
- [12] HOSSAIN, Ekram; (2007) IEEE802.16/WiMAX-Based Broadband Wireless Networks: Protocol Engineering, Applications, and Services; En: Communication Networks and Services Research, 2007. CNSR '07. Fifth Annual Conference on, pp 3-4.
- [13] Howard Hughes Medical Institute. 2008. Virtual Labs. Página consulta el 15 de marzo de 2008. En: <http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/index.html>.
- [14] Leica Geosystems; (2005) IMAGINE VirtualGIS™ Tour Guides; En: Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC, pp 1-188.
- [15] NCSA, 2006. MyProxy and Grid Portals. Página consultada el 10 de junio de 2007. En: <http://grid.ncsa.uiuc.edu/myproxy/portals.html>.
- [16] OGSA Data Working Group, 2007. OGSA Data Architecture. Página consultada el 10 de enero de 2008. En: <http://www.ogf.org/documents/GFD.121.pdf>.
- [17] SOTOMAYOR, Borja. CHILDERS, Lisa; (2006) Globus Toolkit 4 programming java services; Elsevier, San Francisco, pp 506.
- [18] Vivaty, 2008. Play 3D content in your Web browser FluxPlayer. Página consultada el 1 de febrero de 2008. <http://www.mediamachines.com/>.
- [19] WARE, Colin. 2008. Data Visualization Research Lab. Página consultada el 10 de febrero de 2008. En: <http://ccom.unh.edu/vislab>.

- [20] Wave Report, 2007. OFDM Tutorial. Página consultada el 20 de octubre de 2007. En: <http://www.wave-report.com/tutorials/OFDM.htm>.
- [21] Web3D Consortium, 2007. Extensible 3D (X3D) Part 2: Scene access interface (SAI). Página consultada el 10 de febrero de 2007. En: <http://www.web3d.org/x3d/specifications/>.
- [22] Wikipedia. 2008. Friis transmission equation. Página consultada el 5 de marzo de 2008. En: <http://en.wikipedia.org/wiki/>.