

Universidad Nacional Experimental del Táchira
Vicerrectorado Académico
Decanato de Docencia
Departamento de Ciencias Sociales
Metodología de la Investigación

**Simulación de protocolos de enrutamiento TCP/IP bajo lenguaje
de programación VHDL para el diseño de un enrutador libre.**

Facilitador:

Mónica Sánchez

Participantes:

Raiza Pernía

Willson Mendoza

San Cristóbal, Junio de 2010.

Planteamiento del problema

El mundo globalizado, diseñado así para poder mantener el control de los recursos mas importantes del planeta en manos de grupos muy pequeños pero con gran poder económico, ha secuestrado de forma significativa la libertad de acceso a uno de los recursos mas importantes de la sociedad: la información, al controlar como ésta es difundida a las masas. Los medios de comunicación son utilizados como arma ideologizante para crear matrices de pensamiento que apoyan el dominio de un poder hegemónico. Venezuela no es la excepción de esta realidad, pues los mecanismos de dominación comunicacional están arraigados fuertemente en el país.

El hecho comunicacional se ha venido estudiando como un compuesto de dos tipos de tecnologías. El componente tangible que viene dado por la plataforma técnica que permite hacer llegar un mensaje del emisor a un receptor en cualquier sitio del planeta; y otro componente intangible que es el mensaje en sí. Ambos componentes son entendidos como tecnologías: la plataforma como tecnología dura y el contenido como tecnología blanda.

Varsasky y Fukuyama abordan este tema y concluyen que el contenido de una comunicación es un mensaje con un sentido político claro, solo que cuando el mensaje es difundido a las masas se hace parecer neutral.

Hay que destacar que el componente duro: la plataforma tecnológica, también tiene un sentido político que viene dado por la ideología de pensamiento del que la desarrolla. Actualmente el sentido político de los grandes desarrollos tecnológicos en el mundo de las comunicaciones apunta hacia la creación de dependencia tecnológica (neocolonialismo tecnológico) en las sociedades, ofreciendo productos que no son pensados para solucionar los problemas reales de los pueblos sino para lograr fines más depurados, dominación.

Como ha hecho referencia La Comunidad del Software Libre en Venezuela citando a Stallman en su artículo publicado (2010):

Si un programa no es libre lo llamamos privativo –como el Windows– porque priva de la libertad a sus usuarios, los mantiene divididos e impotentes, ya que se trata de un sistema de colonización digital a través de las computadoras y promueve la división para dominar.

Esto no solo ocurre en Venezuela sino en la gran mayoría de los países del mundo, presentándose así uno de los problemas más graves en materia de telecomunicaciones, por no existir transferencia tecnológica real de las herramientas técnicas, pues solo se usan tecnologías privativas, cerradas y que solo permiten acceder al conocimiento a través de manuales regulados por licencias que limitan el nivel de utilización y aprendizaje. Esto hace que el país se convierta en un consumidor tecnológico dependiente de desarrollos foráneos y no se promueva el desarrollo de tecnología propias.

Las reglas del capitalismo son claras. El pez grande se come al pequeño. Lo que decanta en que las empresas importantes en la fabricación de productos tecnológicos sean adquiridas por las grandes corporaciones para seguir lineamientos muy específicos en su producción.

Obtener mayores ganancias, crear dependencia y dominación aplastando cualquier obstáculo que se interponga, incluso los derechos naturales de países enteros.

Las herramientas de comunicaciones deberían asegurar la libertad de acceso a informaciones reales, así como también deberían fomentar la libertad de obtener el mayor conocimiento de las tecnologías empleadas. De manera que se puedan estudiar los diseños para que puedan realizarse trabajos mancomunados para generar desarrollos de calidad. Esta es una forma de luchar contra la monopolización imperante.

La soberanía tecnológica es una de las directrices principales impulsadas por el gobierno revolucionario y esta expresada en múltiples acciones en el Plan Nacional Simón Bolívar 2007-2013. Un ejemplo de esto es el Decreto 3.390 que establece que las instituciones públicas utilicen software libre en sus sistemas. Sin duda alguna un gran paso para generar desarrollos libres de calidad diseñados con estándares libres y con talento nacional.

Citando una publicación de la cooperativa centro de estudios para la educación popular (2009):

El Gobierno Venezolano, ha asumido como prioridad para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional y tecnológica, el uso prioritario del Software Libre como primer paso para alcanzar esos ideales, ya que la adopción del mismo conforma una de las bases para constituir un desarrollo tecnológico orientado al desarrollo social y la eficiencia productiva, gracias a la posibilidad que brinda de socializar tanto los productos como el uso de esos productos que hayan sido desarrollados bajo estos estándares propios del Software libre.

A partir de esta nueva búsqueda de impulsar el desarrollo de las telecomunicaciones, algunos entes públicos como es el caso de CENDITEL, buscan impulsar el establecimiento de un Sistema Público de Comunicación, siempre haciendo análisis críticos de los modelos de administración de las telecomunicaciones existentes y evaluando el impacto que estas tecnologías producen sobre las comunidades que las utilizan, liberando el conocimiento generado y develando que estas tecnologías son herramientas no neutrales.

El protocolo de investigación desarrollado por el equipo de investigación de telecomunicaciones de Cenditel, explica la visión de Cenditel sobre las tecnologías de telecomunicaciones:

Las iniciativas de investigación y desarrollo de tecnologías libres para telecomunicaciones que vienen gestándose desde Cenditel pretenden desvelar el sentido no neutro de esta rama de la tecnología, buscando generar un profundo impacto en la conciencia política nacional. Pensando en que el desarrollo de tecnologías de este tipo, que liberen el conocimiento y tengan un sentido claro, puedan apuntar a fortalecer el poder político del pueblo organizado en el sentido estratégico comunicacional.”

Dentro de las necesidades presentadas en la actualidad, una de las más representativas en el uso del Internet y a partir de ello, de todos los dispositivos necesarios para su funcionamiento. La plataforma de la red de redes está formada por una amplia gama de dispositivos electrónicos especializados que permiten conectar las computadoras en distintos puntos del planeta.

Uno de los dispositivos más importantes para el funcionamiento de Internet son los enrutadores, o *routers* en inglés. Estos tienen como función el envío y recepción de mensajes entre redes de computadores y son los encargados de hacer llegar los mensajes a su destino mediante técnicas especializadas de descubrimiento de ruta.

Existen empresas que se han dedicado a la fabricación de estos equipos y han formado un imperio de producción con el que han monopolizado el mercado de tecnología de redes. La empresa Cisco prácticamente se ha adueñado del core (corazón) de Internet y de los principales ramales de comunicación a nivel mundial, lo que se entiende claramente como un monopolio. Estos equipos están protegidos aparte de ser altamente costosos, están protegidos con fuertes leyes de derechos intelectuales y licencias de uso. Son completamente cerrados pues su construcción no puede ser estudiada ni mucho menos replicada.

Lo mismo ha venido ocurriendo con el software de funcionamiento de los enrutadores. Aunque existen estándares internacionales que describen el funcionamiento e implementación de los algoritmos de enrutamiento, estas empresas modifican los algoritmos a implementar en sus dispositivos y no publican las modificaciones pues son soluciones “a medida”. Por supuesto el software también es protegido a través de múltiples licencias privativas y es vendido como solución “llave en mano”. El adiestramiento para utilización de estos equipos nunca llega a ser una verdadera transferencia de conocimiento, solo se limita en dar a los operarios la posibilidad de interactuar con los equipos.

Una de las empresas encargadas a investigar todo lo que abarca las tecnologías libres (2008) hace referencia a las causas de esta problemática:

Estas corporaciones son las que establecen la dirección de la investigación y el desarrollo de nuevas herramientas -Software y Hardware- de acuerdo a un criterio de beneficio-costos, siguiendo intereses económicos y políticos, que cercan los aportes sociales que puedan realizarse en el área.

En los próximos estas corporaciones se encargarán de generar mayor dominación a través de tecnologías cada vez más cerradas. Podrían integrar sistemas de virtualización y administración de dispositivos de enrutamiento, que en conjunto con servidores diseñados por ellos, sean una plataforma única que solo funcionaría con los sistemas diseñados por las empresas de la corporación.

De acuerdo a la problemática planteada se presenta la iniciativa de esta investigación. CENDITEL propone la creación de un enrutador de borde basado totalmente en estándares libres, y posteriormente liberarlo bajo licenciamiento libre. El primer paso a dar es la generación de un software de enrutamiento que pueda ser utilizado en un enrutador de

interconexión de redes, a partir del desarrollo de los algoritmos de enrutamiento TCP/IP, OSPF y RIP, en el lenguaje de programación electrónica VHDL, realizando una simulación para verificar el funcionamiento de estos con la ayuda del simulador Simphony. Esto permitirá posteriormente generar la impresión de un dispositivo electrónico con características específicas para el funcionamiento de estos algoritmos.

Al ser desarrollados los algoritmos, se podrá generar un importante aprendizaje y dar un aporte considerable al desarrollo de las tecnologías libres.

Objetivo general

Simular protocolos de enrutamiento TCP/IP, utilizando el lenguaje de programación para la descripción del hardware de los sistemas digitales VHDL.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio del lenguaje de programación VHDL y de los algoritmos fuentes del enrutador de quagga para el diseño de un enrutador libre.
- Realizar un análisis de funcionamiento de los algoritmos de enrutamiento OSPF y RIP.
- Desarrollar los algoritmos OSPF y RIP en VHDL.
- Realizar las pruebas de simulación VHDL con el software Simphony.

Justificación de la investigación

Con el desarrollo de los algoritmos en el lenguaje de programación VHDL, se puede obtener una nueva herramienta a partir de tecnología libre que permitirá dar un aporte a la sociedad, liberando el conocimiento generado en las etapas de desarrollo de estos equipos, logrando disminuir los costos de fabricación de los equipos y acercando el conocimiento a los usuarios finales.

Esta investigación surge como una necesidad del proyecto de telecomunicaciones de CENDITEL, y servirá de apoyo y base para este proyecto de mayor magnitud donde se llevará a cabo la implementación de dicho software.

Se dispone de bibliografía y fuentes electrónicas necesarias para el aporte de información. También se cuenta con el recurso humano de la institución CENDITEL y el laboratorio de computación de alto rendimiento (LCAR), quienes están dispuestos a suministrar la información necesaria que permita llevar a cabo los objetivos propuestos.

Alcance

Desarrollar correctamente los algoritmos de enrutamiento RIP y OSPF en VHDL para luego ser realizadas las respectivas pruebas de simulación, con las cuales sea comprobado el correcto funcionamiento del código desarrollado.

2. Marco teórico referencial

2.1. Antecedentes

Adriana Ruiz Pastor, 2008, realizó un trabajo de tesis denominado “Desarrollo de una red Neuronal en un FPGA usando PWM”. Este proyecto permitió utilizar la capacidad de procesamiento paralelo de las redes neuronales artificiales (RNA), al implementar una red neuronal artificial sobre un dispositivo programable FPGA. El proyecto utilizó PWM como entrada, y mediante el lenguaje VHDL se realizó el modelado. Las principales fortalezas que aporta el diseño basado en redes neuronales son la flexibilidad y robustez del esquema. Esto permite que el diseño sea tolerante a fallas, a través del proceso de aprendizaje continuo y ajuste al ambiente cambiante. Además de que mediante la tecnología FPGA se pueden diseñar dispositivos compactos, con capacidad de procesamiento paralelo y con bajo consumo de energía.

Elías Todorovich y Nelson Acosta, en 2006, realizaron un trabajo de investigación llamado “Generador automático de Controladores Difusos” con el propósito de realizar automáticamente el diseño de controladores difusos mediante algoritmos evolutivos (AE). El AE genera automáticamente la definición del controlador, una descripción VHDL del controlador para su materialización en hardware, y el micro programa que realiza el control de la ruta de datos. En este trabajo el énfasis está puesto sobre el AE que genera las funciones de pertenencia y reglas de inferencia del controlador difuso. Como caso de estudio se diseña el controlador de un motor de inducción, y se presentan los resultados de aplicar el ajuste del controlador difuso mediante algoritmos genéticos jerárquicos (AGJ) en simulación, sin embargo se prevé su evaluación sobre un prototipo experimental, comparando estos resultados con un controlador difuso desarrollado a partir de conocimiento experto, y con un controlador PID. Se ha aplicado un AE con enfoque adaptativo en longitud del cromosoma, función de evaluación y operador de mutación. Los AE permiten la introducción de objetivos y restricciones de diseño. La codificación jerárquica permite una búsqueda dentro de un espacio más amplio, tal que puede reducirse la complejidad del controlador mediante la exploración de su topología: tanto se minimiza el costo del dispositivo como se aumenta su velocidad al máximo. Por otro lado, se ha logrado generar automáticamente la descripción del hardware a medida de la aplicación a partir de la especificación del CLD. Esto produce una reducción del costo del desarrollo de controladores con altas exigencias de velocidad, al generarse automáticamente la plataforma de hardware, el (micro) programa de control, y muy importante: la puesta a punto del conjunto de funciones de pertenencia y reglas.

Juan González, Pablo Haya, Sergio López-Buedo y Eduardo Boemo, en 2009, realizaron un proyecto de investigación llamado “Tarjeta entrenadora para FPGA, basada en hardware abierto”, la cual se basa en una tarjeta entrenadora para FPGAs de Xilinx, diseñada con una licencia abierta que permite a cualquiera disponer de los esquemas y planos relativos al <q es PCB> PCB, modificarlos y/o distribuirlos, así como fabricar la placa. La tarjeta permite realizar diseños

autónomos sobre algunos modelos de FPGAs Spartan y XC4000. Éstos se pueden cargar desde una EEPROM serie incluida en la placa, o trabajar en modo entrenador, cargando los diseños desde el PC. Para aplicaciones de robótica, se utilizan placas microcontroladores, de 8 bits, tales como la GP-BOT basada en el microcontrolador 68hc08 o la CT6811, que usa el 68hc11. La tarjeta JPS también está orientada a la robótica y ha sido diseñada para que se puede utilizar junto las tarjetas mencionadas arriba, complementándolas o en su caso sustituyéndolas. Finalmente se diseñó una placa pequeña, sencilla y libre, para que los estudiantes puedan construir prototipos utilizando FPGA's. En la Universidad Autónoma de Madrid se está empleando en el laboratorio de Estructura y Diseño de Circuitos Digitales y en el de Arquitectura e Ingeniería de Computadores. Con esta placa se ha construido un prototipo de un robot seguidor de línea (robot de docencia) que en vez de un microcontrolador clásico utiliza una CPU diseñada en VHDL y sintetizada en una FPGA.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. VHDL.

VHDL (*Very High Speed Integrated Circuit*) es un lenguaje de descripción y diseño de circuitos integrados, de tal manera que los humanos y las máquinas puedan leer y entender. Describe la funcionalidad y la organización de sistemas hardware digital. El surgimiento del VHDL se da a mediados de la década de los 80's. Surge como una necesidad manifiesta de disponer de un lenguaje estándar capaz de dar el soporte necesario al proceso completo de diseño de sistemas electrónicos, en sus distintas etapas y niveles de abstracción cuya complejidad se ha ido incrementando cada día más. Esto fue lo que motivó el nacimiento del VHDL.

El VHDL fue desarrollado como un lenguaje para el modelado y simulación lógica dirigida por eventos de sistemas digitales, y actualmente se utiliza también para la síntesis automática de circuitos. VHDL tiene similitudes con otros lenguajes de programación como es que es un lenguaje estructurado, reutiliza submódulos y es portable. Una de las ventajas de este lenguaje es que permite la descripción y simulación de eventos concurrentes (paralelos) y permite mezclar diferentes niveles de abstracción al describir un sistema digital.

Características del lenguaje

El lenguaje VHDL fue creado con el propósito de especificar y documentar circuitos y sistemas digitales utilizando un lenguaje formal. En la práctica se ha convertido, en un gran número de entornos de CAD, en el HDL de referencia para realizar modelos sintetizables automáticamente. Las principales características del lenguaje VHDL se explican en los siguientes puntos:

- *Descripción textual normalizada:* El lenguaje VHDL es un lenguaje de descripción que especifica los circuitos electrónicos en un formato adecuado para ser interpretado tanto por máquinas como por personas. Se trata además de un lenguaje formal, es decir, no resulta ambiguo a la hora de expresar el comportamiento o representar la estructura de un circuito. Está, como ya se ha dicho, normalizado, o sea, existe un único modelo para el lenguaje, cuya utilización está abierta a cualquier grupo que quiera desarrollar herramientas basadas en dicho modelo, garantizando su compatibilidad con cualquier otra herramienta que respete las indicaciones especificadas en la norma oficial.

Es, por último, un lenguaje ejecutable, lo que permite que la descripción textual del hardware se materialice en una representación del mismo utilizable por herramientas auxiliares tales como simuladores y sintetizadores lógicos, compiladores de silicio, simuladores de tiempo, de cobertura de fallos, herramientas de diseño físico, etc.

- *Amplio rango de capacidad descriptiva:* El lenguaje VHDL posibilita la descripción del hardware con distintos niveles de abstracción, pudiendo adaptarse a distintos propósitos y utilizarse en las sucesivas fases que se dan en el desarrollo de los diseños. Además es un lenguaje adaptable a distintas metodologías de diseño y es independiente de la tecnología, lo que permite, en el primer caso, cubrir el tipo de necesidades de los distintos géneros de instituciones, compañías y

organizaciones relacionadas con el mundo de la electrónica digital; y, en el segundo, facilita la actualización y adaptación de los diseños a los avances de la tecnología en cada momento.

- *Otras ventajas:* Además de las ventajas ya reseñadas también es destacable la capacidad del lenguaje para el manejo de proyectos de grandes dimensiones, las garantías que comporta su uso cuando, durante el ciclo de mantenimiento del proyecto, hay que sustituir componentes o realizar modificaciones en los circuitos, y el hecho de que, para muchas organizaciones contratantes, sea parte indispensable de la documentación de los sistemas.

2.2.2. Quagga.

Es conmutador del GNU Zebra, el cual a su vez es un demonio que se encarga de manejar las tablas de ruteo del núcleo.

Demonio: un tipo especial de proceso informático que se ejecuta en segundo plano en vez de ser controlado directamente por el usuario. Este tipo de programas se ejecutan de forma continua (infinita), vale decir, que aunque se intente cerrar o matar el proceso, este continuará en ejecución o se reiniciará automáticamente. Todo esto sin intervención de terceros y sin dependencia de consola alguna.

2.2.3. FPGA.

FPGA (*Field Programmable Gate Array*), se define como un arreglo bidimensional de módulos digitales reprogramables con interconexiones programables, que cuentan con capacidades desde 5000 a 10 millones de compuertas en un solo chip. Sus tiempos de retardo son dependientes de la arquitectura; estos dispositivos sustituyen a ASIC de mediano tamaño sin mencionar que se obtiene una buena relación costo/rendimiento para producciones relativamente pequeñas.

Estos dispositivos contienen bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad se pueden programar. La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinacional, hasta sistemas complejos en un chip.

Las FPGAs se utilizan en aplicaciones similares a los ASICs, sin embargo son más lentos, tienen un mayor consumo de potencia y no pueden abarcar sistemas tan complejos. A pesar de esto, las FPGAs tienen las ventajas de ser reprogramables, lo que añade una enorme flexibilidad al flujo de diseño, sus costes de desarrollo y adquisición son menores para pequeñas cantidades de dispositivos y el tiempo de desarrollo es también menor.

Las FPGAs también se pueden diferenciar por utilizar diferentes tecnologías de memoria:

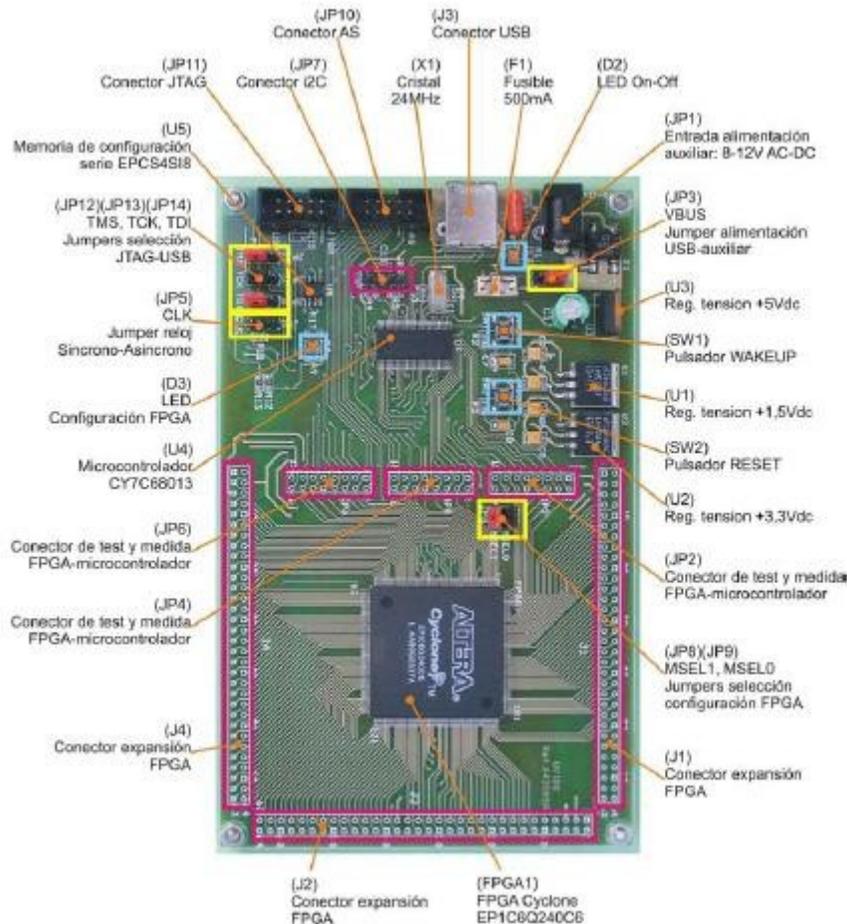
Volátiles: Basadas en RAM. Su programación se pierde al quitar la alimentación. Requieren una memoria externa no volátil para configurarlas al arrancar (antes o durante el reset).

No Volátiles: Basadas en ROM. Hay de dos tipos, las reprogramables y las no reprogramables.

Reprogramables: Basadas en EPROM o flash. Éstas se pueden borrar y volver a reprogramar aunque con un límite de unos 10.000 ciclos.

No Reprogramables: Basadas en fusibles. Solo se pueden programar una vez, lo que las hace poco recomendables para trabajos en laboratorios.

Ejemplo de tecnología USB que incorpora una FPGA:



Falta la referencia de esta imagen

2.2.4. Protocolos de enrutamiento.

Los protocolos de enrutamiento se utilizan para intercambiar la información de enrutamiento. Los enrutadores necesitan tablas de enrutamiento para poder indicar la forma de llegar a las redes de destino. Las tablas de enrutamiento pueden configurarse manualmente como rutas estáticas y dinámicas. Los protocolos de enrutamiento dinámicos permiten crear las tablas al identificar de forma automática las otras redes. Si un vínculo no funciona correctamente, éste se elimina automáticamente de la tabla de enrutamiento, de manera que el enrutador siempre sabe cuál es la mejor ruta activa para llegar a una red de destino.

En la lista siguiente se describen los dos protocolos de enrutamiento más utilizados en las redes, RIP y OSPF, y un protocolo especial, BGP.

RIP (*Routing Information Protocol, Protocolo de información de enrutamiento*): El protocolo RIP está diseñado para el intercambio de información de enrutamiento en una red pequeña o mediana, y suele estar disponible en una gran variedad de enrutadores. La principal ventaja del protocolo RIP es su extremada sencillez de configuración, pero presenta varios inconvenientes de importancia, ya que no puede controlar redes grandes, genera un gran volumen de tráfico en la red y su respuesta a los errores de la red es lenta (tiempo de convergencia). Por estos motivos, generalmente sólo se utiliza para redes de área local (LAN) pequeñas.

OSPF (*Open Shortest Path First, Abrir primero la ruta de acceso más corta*): es un protocolo de enrutamiento estándar muy eficaz y se adapta bien a las redes grandes. OSPF tiene como ventaja que provoca muy poca carga en la red, incluso en redes muy grandes y responde rápidamente a los errores de vínculo. Los principales inconvenientes de OSPF son su complejidad y su dificultad de configuración y administración.

OSPF se utiliza actualmente en la mayoría de las redes empresariales como protocolo de enrutamiento porque es más eficaz que el protocolo RIP. Por regla general, está disponible en enrutadores de gama media y alta y, a veces, también en enrutadores pequeños.

BGP (*Border Gateway Protocol, Protocolo de puerta de enlace de borde*): es un protocolo de enrutamiento de puerta de enlace exterior que se utiliza en enrutadores conectados a Internet para proporcionar tanto enrutamiento, como la función de equilibrio de la carga. Por regla general, el protocolo BGP sólo está disponible en enrutadores grandes y deberá consultarse su configuración con el proveedor de servicios Internet (ISP).

2.2.5. Disponibilidad.

Las redes deben ofrecer una alta disponibilidad y cuanto mayor es la red, mayor debe ser la disponibilidad. Los conmutadores y enrutadores se pueden configurar y ubicar de distintas formas para satisfacer los diferentes requisitos de disponibilidad. Entre ellas cabe destacar la duplicación de componentes, como fuentes de alimentación y motores en los dispositivos de la red, y la duplicación de los propios dispositivos. Este último enfoque aumenta considerablemente el costo pero puede ofrecer una solución de máxima resistencia.

2.2.6. Conmutadores.

Los conmutadores se utilizan para unir los segmentos físicos de una red y permiten la circulación de datos entre estos segmentos. Los conmutadores trabajan en el nivel 2 del modelo OSI y dirigen el tráfico según la dirección del nivel 2 como, por ejemplo, la dirección MAC de Ethernet. Algunos

conmutadores también ofrecen funciones adicionales tales como VLAN y conmutación en el nivel 3.

Los conmutadores se configuran automáticamente. Se encargan de escuchar el tráfico en cada puerto Ethernet y descubren el puerto al que está conectado cada dispositivo. A continuación, el conmutador envía el tráfico directamente al puerto de destino. A menos que existan características adicionales que deban activarse, el conmutador no requiere configuración, lo que resulta muy ventajoso al instalar una red. El proceso de conmutación se realiza en hardware a la velocidad que permite el cable sin prácticamente período de latencia.

Originariamente, los conmutadores unían segmentos con varios dispositivos pero a medida que fueron más asequibles, cada vez era más normal conectar un solo dispositivo a cada puerto. Esta distribución se conoce como Ethernet "conmutada" en lugar de Ethernet "compartida". Con sólo un dispositivo activo por puerto no pueden producirse colisiones, de manera que mejora el rendimiento de la red y los dispositivos pueden funcionar a dúplex completo.

El tráfico en la red incluye mensajes de difusión que tienen que copiarse en todos los puertos, lo que tiene una repercusión considerable en las redes grandes. Puesto que la mayoría de los usuarios desea comunicarse con un grupo limitado de servidores y asociados, el tráfico de difusión podría enviarse únicamente dentro de dicho grupo. Una forma de reducir el tráfico de difusión consiste en proporcionar un conmutador para cada grupo y, a continuación, conectarlo a un enrutador, ya que los enrutadores no transmiten difusiones. Otro método consiste en utilizar redes VLAN en el conmutador. Una VLAN es un grupo de dispositivos que están configurados para comunicarse como si estuvieran conectados al mismo cable, cuando de hecho se encuentran en diferentes segmentos físicos de la LAN. La difusión de un miembro de la VLAN sólo va a los otros miembros de la misma VLAN, de manera que se reduce el tráfico de difusión.

2.2.7. Enrutadores.

Los enrutadores trabajan en el nivel 3 del modelo OSI. Su función es la de permitir el tráfico entre dos redes IP diferentes que pueden ser redes LAN o WAN. El proceso de enrutamiento se basa en examinar la dirección IP de destino de los datos entrantes y enviarlos a través de un puerto de salida de acuerdo con una tabla de enrutamiento. Las tablas de enrutamiento pueden configurarse manualmente o descubrirse mediante protocolos de enrutamiento pero, a diferencia de los conmutadores, los enrutadores siempre requieren cierto grado de configuración.

Los grandes conmutadores también pueden incluir un enrutador, generalmente, en una tarjeta integrada, lo que se suele describir como conmutación de nivel 3 pero desde el punto de vista funcional equivale al enrutamiento.

2.2.8. Clases de enrutadores.

El método utilizado por un protocolo de enrutamiento depende de un algoritmo de ruteo, el cual se encarga de escoger las rutas, que cumpliendo con ciertas características garantizan la eficiencia en un proceso de enrutamiento.

Los protocolos de enrutamiento pueden clasificarse en diferentes grupos según sus características siendo los más utilizados:

- RIP: un protocolo de enrutamiento interior por vector de distancia.
- IGRP: el enrutamiento interior por vector de distancia.
- OSPF: un protocolo de enrutamiento interior de estado de enlace
- IS-IS: un protocolo de enrutamiento interior de estado de enlace
- EIGRP: el protocolo avanzado de enrutamiento interior por vector de distancia desarrollado por Cisco
- BGP: un protocolo de enrutamiento exterior de vector de ruta

Tanto RIP y OSPF son protocolos de enrutamiento dinámico por que permiten a los routers compartir información en forma dinámica sobre redes remotas y agregar esta información automáticamente en sus propias tablas de enrutamiento.

En el enrutamiento dinámico la ruta depende principalmente de la topología actual de la red, utilizando como recursos un CPU, memorias y ancho de banda de enlace, pudiendo ser utilizados por topologías tanto simples como complejas adaptándose a los cambios de estas sin la intervención de un administrador.

Por su parte RIP, calcula el camino más corto hacia la red de destino usando el algoritmo del vector de distancias, haciendo que cada router mantenga una tabla de enrutamiento que da la mejor distancia conocida para llegar a cada destino y el camino utilizado para llegar a este. Estas tablas son actualizadas al intercambiar información con sus vecinos. La distancia o métrica está determinada por el número de saltos de router hasta alcanzar la red de destino. Este protocolo de enrutamiento en comparación a otros, es más fácil de configurar pero su principal desventaja es que por no tomar otra métrica, además del número de saltos, puede seleccionar un enlace que a pesar de estar más cerca sea ineficiente.

OSPF usa el algoritmo Dijkstra enlace-estado (LSA - *Link State Algorithm*) para calcular la ruta más corta posible y construye una base de datos enlace-estado (*link-state database*, LSDB) idéntica en todos los enrutadores de la zona sin tener que enviar actualizaciones periódicas de su información de enrutamiento a sus vecinos.

2.2.9. Symphony eda sonata 2.3.

Sonata es una aplicación que proporciona un ambiente de desarrollo integrado para diseñar, verificar y manejar proyectos de HDL. Es una interfaz gráfica que proporciona las herramientas necesarias para la compilación y la simulación.

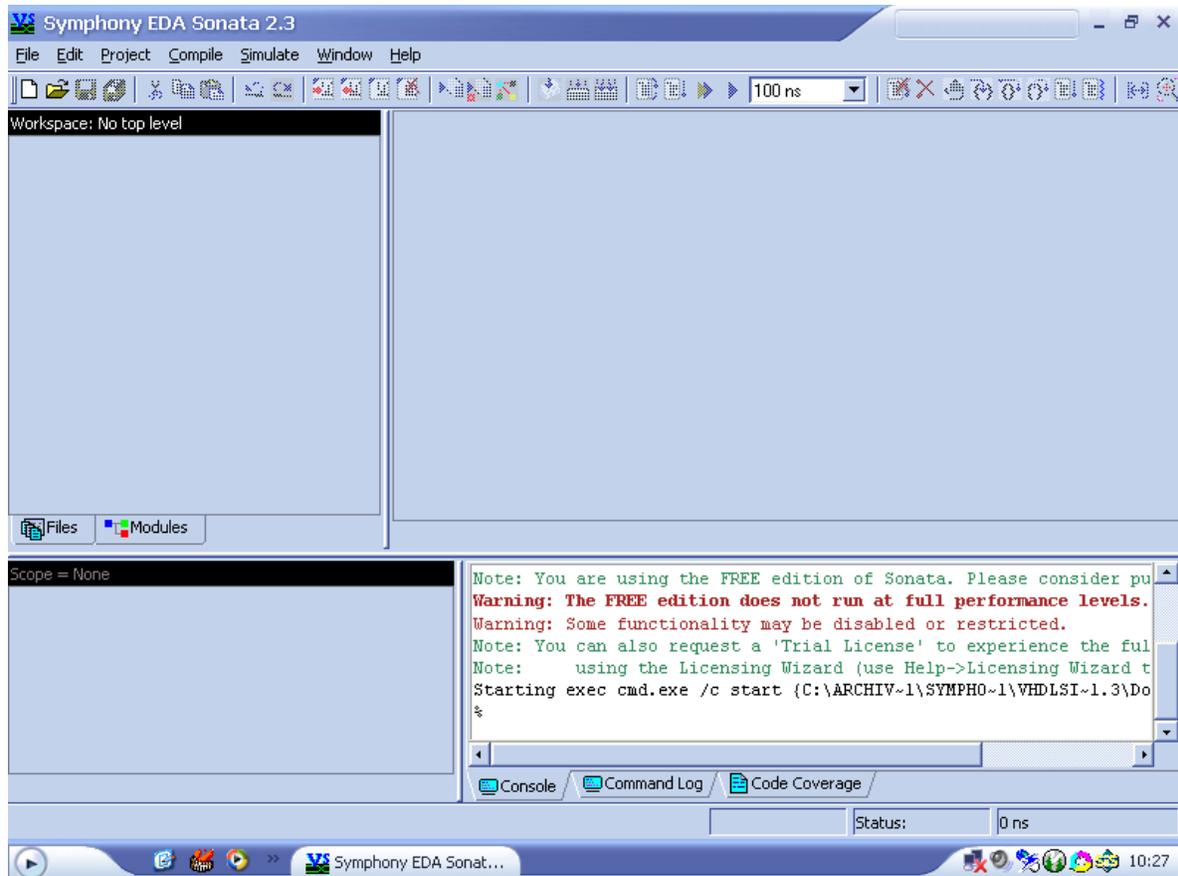


Figura 2. Interfaz de usuario de Sonata.

La interfaz gráfica de Sonata permite la compilación y simulación de varios proyectos simultáneamente, gracias a la movilidad que ofrece entre diversos niveles de jerarquía.

Algunos entornos de trabajo VHDL, exigen la instalación de herramientas como ModelSim para llevar a cabo la tarea de la simulación. Esa aplicación permite el despliegue en pantalla de las gráficas de las señales de entrada y de salida en la entidad principal del proyecto, tomando en cuenta las características del dispositivo utilizado para la implementación del diseño, de manera que las simulaciones hechas con este programa se aproximan bastante a la realidad. Sonata 2.3 también ofrece las mismas capacidades, por lo tanto puede ser considerado como una alternativa a parte del ModelSim para llevar a cabo la tarea de la simulación en todos los entornos de trabajo VHDL que son propietarios de los dispositivos disponibles para la programación.

2.3. Bases Legales.

Durante el desarrollo del proyecto se estudiaron los aspectos relacionados con el marco regulatorio legal vigente. Se concluye que al ser un proyecto realizado a partir de herramientas con licenciamiento libre, y que busca generar un desarrollo con licencias de software libre, es totalmente legal. Gracias a la licencia GPL de la Free Software Foundation, este código podrá ser utilizado, copiado, distribuido y/o modificado por cualquier usuario, sin problemática legal de ningún tipo.

2.4. Definición de términos básicos.

- **Algoritmos:** Regla o proceso bien definido para llegar a la solución de un problema. En networking, suelen usarse los algoritmos para determinar el mejor camino para el tráfico desde un origen en particular a un destino en particular.
- **Cisco:** Cisco Systems es una empresa multinacional con sede en San José (California, Estados Unidos), principalmente dedicada a la fabricación, venta, mantenimiento y consultoría de equipos de telecomunicaciones.
- **Conmutación de Paquetes:** Es el envío de datos en una red de computadoras. Un paquete es un grupo de información que consta de dos partes: los datos propiamente dichos y la información de control, en la que está especificado la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el destino del paquete.
- **Dispositivos de red:** Hardware que hace posible la comunicación entre las computadoras que hay en una red. Permiten la conexión con un Proveedor de Servicios de Internet (ISP).
- **Hardware:** Son los componentes físicos de una computadora, tales como el disco duro, el chip de memoria, la tarjeta madre, la CPU, etc.
- **OSPF:** Open Shortest Path First. Algoritmo de enrutamiento IGP jerárquico, de link-state, propuesto como sucesor de RIP en la comunidad de Internet. La características de OSPF incluyen enrutamiento por menor costo, enrutamiento de múltiples rutas y balanceo de carga. El OSPF deriva de una versión inicial del protocolo IS-IS.
- **Protocolos de Enrutamiento Dinámico:** Permiten que los dispositivos de red detecten rutas dinámicamente. RIP y OSPF son ejemplos de enrutamiento dinámico.
- **Quagga Routing:** Paquete de software de enrutamiento basado en servicios TCP/IP con protocolos de enrutamiento que soportan RIP, RIPv2, RIPng, OSPFv2, OSPFv3, BGP-4 y BGP-4+.

- **RIP:** protocolo de información de enrutamiento. IGP suministrado con los sistemas UNIX BSD. El IGP más común de Internet. El RIP usa el conteo de saltos como métrica de enrutamiento.
- **Routers:** Dispositivo de capa de red que usa una o más métricas para determinar la ruta óptima a través de la cual se debe enviar tráfico a la red. Los routers envían paquetes desde una red a otra basándose en la información de la capa de red.
- **Redes:** Una red son múltiples computadoras conectadas entre ellas que utilizan un sistema de comunicaciones. El objetivo de una red es que las computadoras se comuniquen y compartan archivos.
- **Simulador:** proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema.
- **Software:** Programa o códigos utilizando por una computadora para llevar a cabo determinadas funciones.
- **Software Libre:** Software que respeta la libertad de los usuarios sobre su producto adquirido y, por tanto, una vez obtenido puede ser usado, copiado, estudiado, cambiado y redistribuido libremente. Libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar el software y distribuirlo modificado.
- **Symphony Eda Sonata 2.3:** Sonata es una aplicación que proporciona un ambiente de desarrollo integrado para diseñar, verificar y manejar proyectos de HDL. Es una interfaz gráfica que proporciona las herramientas necesarias para la compilación y la simulación.
- **TCP/IP:** Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet. Nombre común para el conjunto de protocolos desarrollado por el DoD de EE.UU. en la década de 1970 para permitir la creación de redes interconectadas a nivel mundial. El TCP y el IP son los dos protocolos más conocidos del conjunto.
- **VHDL:** VHSIC Hardware Description Language, lenguaje descriptivo para VHSIC. Lenguaje de alto nivel para diseñar circuitos digitales electrónicos.

3. Marco metodológico.

3.1. Tipo de Investigación.

La simulación de algoritmos en VHDL como primera fase en el desarrollo de un equipo de enrutamiento bajo tecnologías libres, se enmarca en el tipo de investigación aplicada, pues según los criterios estudiados por Padrón (1998) una investigación de tipo aplicada "...carece, propiamente hablando, de preguntas. Más bien tiende a establecer una relación productiva, ingeniosa y creativa, entre las posibilidades de un modelo teórico, por un lado, y las dificultades o necesidades que se confrontan en el terreno de la práctica...".

Además de esto, se puede decir que el modelo metodológico cumple con las características de un proyecto factible, que según Barrios (1998) consiste en "... la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales...".

A través de la investigación, se pretende realizar un análisis sistemático de un problema real, con el propósito de describirlo, interpretarlo, entender su naturaleza y factores constituyentes haciendo uso de métodos característicos del enfoque aplicado. Los datos de interés serán recogidos de forma directa de la realidad, lo cual según Barrios (1998) forma parte de un trabajo de campo.

3.2. Diseño de la Investigación.

Para recolectar y analizar los datos en este proyecto de investigación, la técnica a utilizar está definida dentro de un diseño bibliográfico, ya que la información es recolectada de material bibliográfico basado en informes de investigaciones y diversas fuentes documentales bibliográficas, impresas o electrónicas referidas al tema para el logro de los objetivos planteados.

3.3. Población y Muestreo.

Nava (2002) define la población como "la totalidad del fenómeno en donde las unidades de la población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de investigación" (p.137), mientras que Hernández y otros (2003) establecen que "La muestra es la esencia de un subgrupo de la población" (p.152). En este caso, no existe una población definida sino unos usuarios potenciales que representan los beneficiarios del trabajo.

3.4. Técnicas e Instrumentos.

Las técnicas e instrumentos de recolección utilizadas para el desarrollo de ésta investigación son las siguientes:

Entrevista no Estructurada

Según Rodríguez, Gil y García (1996), por medio de este tipo de entrevista, se busca información sobre un problema específico a partir de una lista de temas preestablecidos, pero sin tener una estructura formalmente definida. No se busca el contraste de teorías o modelos, sino que debido a que se tienen ciertos conocimientos acerca del problema, se desea profundizar para encontrar otras explicaciones.

Observación Científica

La investigación de campo se recopiló información a través de la técnica de la observación simple a través de la búsqueda de los datos necesarios para resolver un problema de investigación.

Análisis Documental

Al consultar los artículos necesarios, direcciones en Internet y todos aquellos documentos que proporcionen información oportuna, dicha información permitirá recopilar la información pertinente para el desarrollo del proyecto de investigación.

Diagrama de Gantt

A través de esta herramienta se ilustra el cronograma que concentra todas las actividades de la investigación. Este diagrama se procura resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución conforme a un calendario, de manera tal que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y terminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo.

3.5. Fases de desarrollo.

Con tal de cumplir con los objetivos propuestos en el Capítulo I de esta investigación, se desarrollarán las siguientes Etapas:

Etapa I: Recolección de Información.

En esta etapa se identificará la situación actual del tema de estudio, con el propósito de recolectar la información necesaria para analizar el problema, a su vez se investigará la documentación referente a las bases teóricas y el estudio de los diferentes temas asociados al desarrollo del proyecto. En tal sentido, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Estudiar y comprender los trabajos y/o diseños realizados con relación al tema, específicamente los algoritmos de enrutamiento, y manuales de programación en VHDL.
- Estudiar y comprender la información referente a las características y funcionalidades de cada una de las partes involucradas en el desarrollo del proyecto.
- Identificar los posibles casos de uso, describiendo los más básicos en detalle, con la finalidad de conocer todos los puntos relacionados al desarrollo del proyecto.
- Planificar las fases siguientes del desarrollo, con la finalidad de estimar en el tiempo, el desarrollo de la aplicación.

Etapa II: Análisis de Información.

En este punto ya se tendrá una idea global acerca de lo que se quiere elaborar y para que se utilizará; sin embargo aún no existe claridad sobre cómo se van a lograr todos los objetivos. Para esto primero se realizará un estudio exhaustivo de las herramientas seleccionadas para el desarrollo de los algoritmos y el aprendizaje del manejo del compilador *symphony eda sonata*.

Etapa III: Diseño del Sistema.

Esta es la etapa crucial de la investigación, pues en ésta se pretende desarrollar el software. Se produce la definición de la arquitectura y la visión del producto, así como se deben determinar los requisitos del sistema. Se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Descripción amplia y detallada de los algoritmos a desarrollar.
- Elaboración de diagramas de clase, secuencia y colaboración.

Etapa IV: Desarrollo del Sistema.

En esta etapa se procede a desarrollar el sistema, tomando en cuenta el funcionamiento de los algoritmos. Se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Elaboración del diagrama de componentes.
- Desarrollo de los algoritmos en el lenguaje VHDL.

Etapa V: Pruebas y resultados.

En esta etapa, se realizarán las pruebas necesarias al código desarrollado para verificar el funcionamiento correcto del software.

En esta fase se realizan las siguientes actividades:

- Simulación del funcionamiento de los algoritmos RIP y OSPF desarrollados en VHDL, mediante Simphony.
- Rectificación de errores.

Referencias

CENDITEL (2008). Protocolo de investigación en telecomunicaciones.
http://wiki.cenditel.gob.ve/wiki/telecom/protocolo_inv

Catrin, F. (2008). Software Libre en Chile: no basta con una ley.

Block de Franco Catrin. Disponible: <http://www.tuxpan.com/fcatrin/wp/2008/11/software-libre-en-chile-no-basta-con-una-ley/> [consulta: 2010, junio, 3]

Comer D, (1993). Redes globales de información con internet y TCP/IP.

<http://www.cepep.org.ve>