

GENERACION DE MODELOS DE SIMULACION PARA EL ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE REDES (LAN) ETHERNET.

Susana Barreto*, Eliezer Correa Guzman**

* Alcatel de Venezuela S.A., Torre Británica - Altamira, Caracas-Venezuela. e-mail: sbarreto@alcatel.com.ve

** Laboratorio de Modelos Matemáticos, Facultad Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Apdo 47002, Los Chaguaramos, Caracas-Venezuela, e-mail: ecorrea@ciens.ucv.ve

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del diseño, desarrollo e implementación de un proyecto para la Generación de Modelos de Simulación de redes LAN-Ethernet, disponible a los diseñadores o administradores de LANs, para la Evaluación de Rendimiento de una LAN y Diseño y Planificación de Capacidad de LANs. La generación produce modelos de simulación de redes Ethernet, hasta el nivel de enlace y emula las capas superiores del modelo OSI. Específicamente se presentan: el nivel de abstracción para la simulación de un sistema LAN; la generación de modelos de simulación, donde definen sus elementos, atributos y métricas de evaluación de rendimiento; el modelo genérico de simulación basado en el lenguaje Glider y por último se presenta el sistema computacional SIMLAN que implanta el generador y sus interfaces.

Palabras claves: LAN, Simulación por eventos discretos, Desempeño de redes, Segmento Ethernet, Throughput, Glider, Switches-Ethernet, OSI, Puentes.

I- INTRODUCCION

En el mercado de LANs existen muchos instrumentos para el monitoreo y análisis de tráfico de las LANs. Sin embargo, existen muy pocos instrumentos para la predicción, análisis de rendimiento y planificación de capacidad. Dentro de los sistemas LANs^{5,14,17}, encontramos las redes Ethernet, las cuales han logrado una gran aceptación en el mercado, por su relación costo/beneficio y por su arquitectura muy simple. Por esta razón, se comenzó esta línea de investigación de generación de modelos de simulación de redes para la evaluación de su rendimiento con los sistemas LAN/Ethernet. Sin embargo, han surgido nuevas tecnologías que permiten mayor flexibilidad en el manejo del ancho de banda, como es el caso de la "Tecnología de Switching"^{4,5,9,10,14}. Dicha tecnología entrega ancho de banda donde y cuando se necesita, por lo que el sistema generador propuesto permite también la modelación de los "Ethernet Switches"^{6,7,16}.

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un Generador de Modelos de simulación de redes LAN Ethernet, disponible a los diseñadores o administradores de LANs, para la Evaluación de Rendimiento de una LAN y Diseño y Planificación de Capacidad de LANs. El generador propuesto produce un modelo de simulación de redes Ethernet hasta el nivel de enlace y emula las capas superiores. El Generador de Modelos posibilita la simulación de la tecnología Ethernet Switching, mostrando la forma como los Switches influyen en los problemas de congestión en los segmentos Ethernet (throughput bajo, tiempos de respuestas altos, etc.) como consecuencia de la Microsegmentación de la Red Ethernet.

II. SISTEMA DE GENERACION DE MODELOS

2.1- MODELACION DEL SISTEMA LAN-ETHERNET^{8,9,10,13}

A continuación se presenta el nivel de abstracción que se aplicó en el Sistema de generación, describiendo los objetos, entradas, salidas e interacciones entre los objetos que actúan en un Sistema LAN/Ethernet. Un Subsistema de Red es usualmente visto como dos entidades que se comunican bajo un Modelo OSI definido por ISO (International Standard Organization). El proceso de comunicación entre dos entidades que usan la filosofía de solicitud de requerimiento y espera de confirmación y respuesta, se presenta en la siguiente figura 2.1.1.

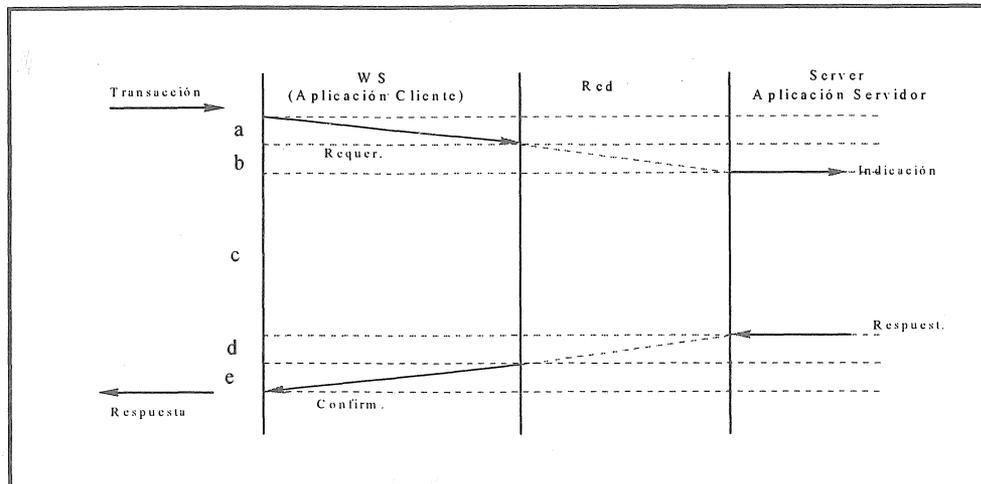
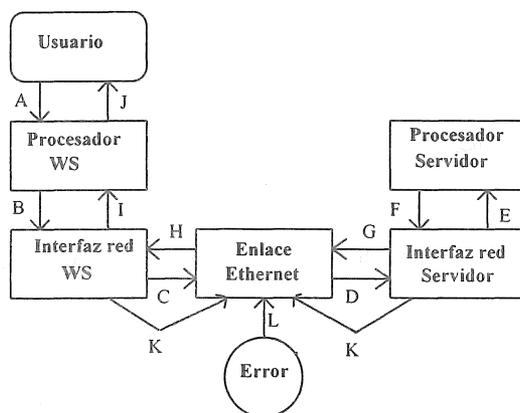


Figura 2.1.1. Comunicación entre dos entidades

En la simulación de LAN aquí propuesta, las entidades (ver nodos), los eventos que se generan entre las entidades, y su intercomunicación se corresponden con el Modelo OSI y a continuación se muestran en la Figura 2.1.2.



Eventos:

A/C : Requer. Conexión

B : Requer. Asociad.

D : Indicación. de Conex.

E : Indicación. A-Asociad.

F/G : Respuest. a Conex.

H/J : Confirm. a Conex.

I : Confirm. Asociad.

K: Retransmisión

L: Error

(Nota: estos eventos de comunicación

corresponden con los eventos en las

capas de comunicación del modelo OSI

Figura 2.1.2- Entidades y Eventos de un sistema LAN

2.2 ELEMENTOS O COMPONENTES DE LAS LANs A SIMULAR

La LAN que se va a modelar está formada por al menos una Subred o segmento Ethernet. Un Enlace o conexión entre subredes está compuesto por puentes o "switches"; estos enlaces pueden ser locales o remotos. Las subredes pueden interconectarse para formar una red con una topología, que puede ser: bus, estrella, híbrida, regular, etc. Enumerando los elementos de una LAN Ethernet a ser considerados para su simulación tenemos:

SUBRED: Segmento Ethernet que posee estaciones de trabajo o servidores que comparten un medio físico bajo el protocolo de enlace Ethernet o el 802.3 de IEEE. El medio físico pueden ser componentes que forman un medio físico que se comunican entre sí bajo un mismo protocolo de enlace de red .

PROCESADORES SERVIDORES: Son aquellos equipos de hardware que prestan servicio a las estaciones de trabajo clientes de la red. Pueden existir diferentes tipos de servidores y por cada tipo pueden haber varios servidores. Ej. Servidores PC y servidores Unix. Los servidores pueden brindar uno o varios de los siguientes servicios: Transferencia de archivos, impresión, aplicaciones (Base de datos, Correo Electrónico, etc), comunicación (clientes remotos), terminales (conexión de terminales remotos). Las características que un usuario debe definir por tipo de cliente o servidor son: a) Ciclos del procesador, b) Tiempo promedio de acceso al disco (dado por el fabricante), c) Tiempo para ensamblar y fragmentar mensajes en la interfaz Ethernet (dado por el fabricante), d) Tipos de transacciones: los tipos de requerimientos que el procesador puede generar en la red (Enviar archivo al

servidor, leer en un archivo del servidor, enviar mensaje, ejecutar tareas en el servidor, imprimir archivo en el servidor, procesamiento Cliente/Servidor, leer disco remoto del servidor, escribir en disco remoto del servidor), e) Distribución probabilística de los tiempos entre llegada de transacciones, f) Distribución probabilística para la longitud de los datos que se manejan en las transacciones que se producen en el procesador, g) Distribución probabilística para el número promedio de ciclos de CPU de procesamiento. A partir de ella se generan los números de ciclos de CPU promedio que le tomará al procesador ejecutar la transacción y depende del programa de aplicación, h) “Mean time between failures” (MTBF): indica el tiempo promedio entre dos fallas de algún componente de la red, valor que se obtiene del fabricante del hardware en cuestión, i) “Mean time to repair” (MTTR): indica el tiempo promedio para la reparación cuando ocurrió una falla en un componente de la red, valor que se obtiene del fabricante del hardware usado.

PROCESADORES CLIENTES O ESTACIONES DE TRABAJO: Representan los equipos de hardware que solicitan servicio de la red a Servidores. Pueden existir diferentes tipos de clientes y por cada tipo varios clientes. Ej. estaciones PC, estaciones Unix.

PUENTES Y SWITCHES ETHERNET: Son equipos que permiten enlazar dos o más subredes con protocolos de enlace Ethernet y medios físicos diferentes ya sean subredes locales o remotas. Las características que un usuario debe definir de un puente y/o switch son: a) Tipo: indica si es un puente local, remoto o un switch Ethernet, b) Filters/Forwards: paquetes/seg. que es capaz de procesar y reenviar por la puerta que le corresponde, c) Velocidad: si es un puente remoto, velocidad (en bits/seg.) de transmitir por el puerto WAN del puente, d) Spanning Tree: indica si soporta el protocolo Spanning tree, e) Número de puertos: # de puertos o subredes que puede enlazar, f) MTBF (Mean time between failure): tiempo promedio entre dos fallas. Dado por el fabricante, g) MTTR (Mean time to repair): tiempo promedio para la reparación de una falla. Dado por el fabricante.

2.3- INDICADORES Y METRICAS PARA EVALUAR EL RENDIMIENTO DE LAS LANs A MODELAR

En esta sección se definen los indicadores y estadísticos considerados en la simulación de cada red propuesta por un usuario y que son requeridos para la evaluación, diseño y planificación de capacidad de una LAN. Estos indicadores pueden clasificarse en indicadores orientados a servicio y a eficiencia.

2.3.1- INDICADORES ORIENTADOS A SERVICIO

1) Tiempo promedio de respuesta (TR): indica el tiempo promedio total transcurrido desde que un usuario en un procesador genera una transacción hasta que éste recibe respuesta de la misma (ver figura 2.1.1).

Para los elementos de un sistema LAN, usualmente se desea obtener el tiempo promedio de respuesta en las subredes o segmentos Ethernet por cada tipo de procesador y en todo el segmento de red que se este considerando. Para los cálculos a realizar en una simulación, en cada subred, se tienen los siguientes estimadores:

T_{ijl} : Tiempo de respuesta de la transacción l en procesador j tipo i

T_{ij} : Tiempo promedio de respuesta en el procesador j de tipo i

T_i : Tiempo promedio de respuesta en los procesador de tipo i

T : Tiempo promedio de respuesta en todos los procesadores de la subred considerada.

Con estos indicadores se obtienen fácilmente tiempos promedios de respuesta a nivel de la red completa.

2) Disponibilidad^{19,20}: Indica el porcentaje de tiempo de la simulación en el cual un usuario podrá tener acceso al sistema. Se calcula de acuerdo a la disponibilidad de los elementos de la red: procesadores servidores, enlaces, puentes, switches, subredes y del sistema total. Un elemento deja de estar disponible cuando este falla y no brinda el servicio. La disponibilidad individual de cada elemento es calculada basándose en su MTBF (“Mean time between failures”) y MTTR (“Mean time to repair”). La disponibilidad de la red depende de la disponibilidad de los servidores, de cada uno de los clientes y del acceso entre subredes (puentes, switches). En consecuencia, durante la simulación la falla de uno solo de estos elementos, dejara la red fuera de disponibilidad para algún usuario.

3) Exactitud^{19,20}: Mide la tasa de error con respecto al total de caracteres manejados. Este indicador es calculado por segmento de red y promediado por el sistema de red global de enlace Ethernet considerando la probabilidad de que un paquete de datos pueda ser recibido con error.

2.5.2- INDICADORES ORIENTADOS A EFICIENCIA

1) Throughput^{19,20}: El Throughput del sistema de Red LAN modelado y por componente de red es la tasa de transacciones promedio por segundo que fue capaz de realizar durante el tiempo de simulación. Para un usuario, el Throughput es igualmente el número de transacciones que generó; y por segmento o Subred Ethernet es en número de paquetes por segundo que se transmitió.

2) Utilización de la red: Indica que porcentaje de la capacidad del elemento ha sido utilizada durante un intervalo de tiempo t . Con este indicador se medirá la utilización de los procesadores, interfaz de red, puentes, switches, enlaces Ethernet (segmento) y del sistema global. La utilización individual de cada elemento es calculado como la tasa del tiempo de uso del elemento con respecto al tiempo total de simulación. La utilización del sistema LAN global es calculado en base a los tiempos de utilización de todos los segmentos. Respecto a la utilización de los enlaces Ethernet, se calcula cual será su utilización máxima según formulación deducida en Stalling¹⁸.

Además de los indicadores de servicio y eficiencia presentados previamente, se calculan otros indicadores clásicos en Teoría de Colas que puedan ayudar en el análisis de cada uno de los elementos (procesadores, interfaz de red, enlaces Ethernet, puentes, enlaces remotos y switches) que participan en la red. Entre otros podemos mencionar:

- Utilización media, máxima y mínima y desviación standard.
- Número de mensajes de requerimientos o respuestas que el elemento procesó.
- Longitud de la cola promedio, actual (al terminar la simulación), máxima, y desviación típica.
- Tiempo promedio y máximo de espera en cola y las desviaciones standard correspondientes.
- Tiempo total en que la cola estaba vacía.

III. GENERACION DE MODELOS DE SIMULACION

El Generador de Modelos de Simulación de redes está basado en un Modelo Genérico de LANs Ethernet y consiste en un programa que toma como datos de entrada los elementos de la LAN a modelar y el Modelo Genérico, y produce un modelo que representa la LAN, el cual es un subconjunto del Modelo Genérico. El Generador fue implantado en el Lenguaje de Simulación GLIDER⁴, desarrollado en la Universidad de los Andes (ULA). Con este lenguaje se pueden expresar los modelos de los sistemas a simular, a través de una estructura de red de nodos y mensajes que pueden ser definidos como objetos con cualidades y activadores de procedimientos.

Al diseñar e implementar el modelo de simulación de un sistema en Glider, se debe suponer al sistema de Red Ethernet a modelar compuesto de subsistemas que intercambian información en diversas formas. En Glider, los sistemas son representados en una estructura de red de nodos (subsistemas) y mensajes que se envían entre ellos. El proceso de transformación e intercambio de información se describe mediante un programa asociado a cada nodo.

En el siguiente punto se analizará un sistema de Red Ethernet-LAN genérico, representando los subsistemas o entidades que participan en la transformación e intercambio de la información en un sistema real, bajo una estructura del lenguaje Glider.

3.1. MODELO GENÉRICO DE LA RED GLIDER

La simulación del sistema LAN Ethernet genérico se realiza por eventos discretos utilizando los diferentes tipos de nodos predefinidos en el lenguaje Glider.

A continuación se presenta el modelo genérico que representará todos los elementos que componen a una LAN, describiendo cada uno de los nodos, mensajes y eventos. Por supuesto, el generador producirá un modelo que es subconjunto de este modelo genérico. Finalmente, se describirán las estructuras de datos manipuladas para

representar el procesamiento y generación de eventos discretos para el intercambio de información entre los nodos. Para ello se usan y presuponen estados iniciales y activaciones de los nodos que simulan la red real en diseño. Al diseñar las entidades y eventos del Sistema genérico LAN Ethernet se obtuvo la representación mostrada de la figura 3.1. Para este diseño de red Glider se tienen las siguientes premisas:

1. Toda interfaz de red conoce cuál es su enlace
2. Todo enlace conoce los puentes o switches asociados a él
3. Los puentes o switches conocen los enlaces que él conecta
4. El enlace recibe un paquete sólo de las Estaciones de trabajo Servidores que pertenecen a su enlace
5. El enlace transmite el paquete a la interfaz de red que pertenezca a su enlace, sino lo envía a los puentes asociados a él
6. Dimensión de los nodos:
 - N: # de usuarios (Estaciones de Trabajo)
 - M: # de procesadores Servidores
 - E: # de segmentos Ethernet o enlaces locales de 10Mbps
 - R: # de puentes (locales o remotos) o switches
 - S: # de enlaces remotos

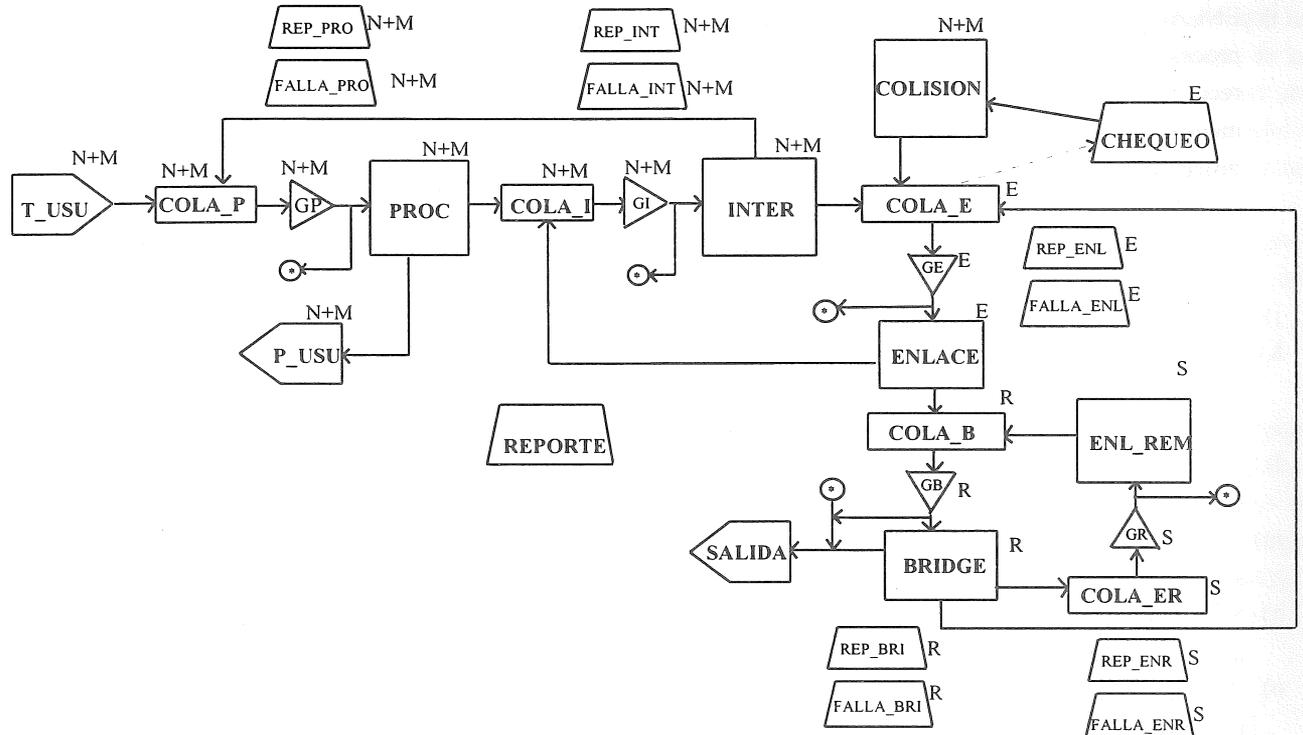


Figura 3.1- Modelo Genérico Glider

A continuación se describen funcionalmente los nodos que conforman el modelo Glider genérico de una LAN.

- a) T_USU: nodo donde se generan las transacciones por cada usuario de un procesador según la distribución probabilística seleccionada y con tiempos promedio de llegada definida por tipo de procesador y de transacción.
- b) COLA_P: ordenará la llegada de transacciones por procesador según su prioridad.
- c) PROC: simula el comportamiento de una estación cliente o servidor de la LAN. Este recurso tiene la capacidad de atender una transacción a la vez. Una vez liberado el recurso por atender un mensaje del evento "Indication", se procede a determinar la longitud del mensaje y tiempo de servicio del evento "Response" en el nodo Interfaz del procesador Servidor y se envía a la interfaz del procesador Servidor. Si se libera el recurso por un evento

“Request” se envía directamente al nodo interfaz del procesador cliente. Si el procesador se libera por un evento “Confirm” se envía al nodo pantalla del usuario (P_USU) para finalizar la transacción.

- d) COLA_I: ordena la llegada de mensajes, para luego ser transmitidos en el enlace Ethernet requerido por los nodos PROC, según su prioridad.
- e) INTER: simula la interfaz de red de los procesadores de la LAN. Este recurso tiene la capacidad de atender un mensaje a la vez y simula el tiempo de servicio, determinado en el nodo T_USU, PROC y ENLACE dependiendo del tipo de evento que se da. Al liberar el recurso por atender un evento “Request” o “Response”, el mensaje es enviado al enlace al cual pertenece el procesador. Si se libera el recurso por atender un evento “Indication” o “Confirm”, el mensaje se envía a su nodo procesador.
- f) COLA_E: simula la cola de un enlace Ethernet y donde se activará el nodo CHEQUEO para verificar si se va a producir una colisión en el segmento Ethernet.
- g) CHEQUEO: se activa cada vez que llega una mensaje a ser transmitido en el segmento Ethernet, con el objeto de verificar si se producirá una colisión. Se produce una colisión si existen en COLA_E más de 2 mensajes que están esperando para usar el Enlace. Si este es el caso, cada mensaje pasa al nodo COLISION.
- h) COLISION: simula la ocurrencia de una colisión. Cada mensaje espera un tiempo aleatorio para volver a la COLA_E a competir de nuevo por el Enlace Ethernet.
- i) ENLACE: simula la transmisión de los paquetes de un mensaje que estaba esperando ser transmitido a un procesador (tiempo de servicio: Longitud del mensaje / Tasa de transmisión del enlace). Una vez liberado el recurso ENLACE, se verifica si se produjo un error en la transmisión del mensaje, en cuyo caso se retransmite el mensaje enviándolo de nuevo a COLA_E. En caso contrario, se procede a calcular los tiempos de servicio en el procesador e interfaz cliente o servidor, dependiendo si ese mensaje generará un evento “Indication” o “Confirm” en el procesador. Luego, se envía una copia del mensaje a cada uno de los “Puentes o Switches” que están conectados al enlace o una copia a la interfaz del nodo procesador destino del paquete, si es que está en el mismo enlace o segmento Ethernet del nodo procesador origen del paquete.
- j) COLA_B: ordenará la llegada de paquetes desde los enlaces que el conecta según su prioridad.
- k) BRIDGE: simula los elementos “Puentes o Switches” de una red. Este recurso tiene una capacidad de atender un número de paquetes por segundo. En este nodo se implementa el protocolo “Transparent Bridge”, el paquete es retransmitido al otro enlace del “Puente” si el destino del paquete no está en el enlace del nodo origen.
- l) COLA_ER: ordenará la llegada de paquetes, desde los enlaces que el conecta, según su prioridad, y que serán transmitidos sobre un enlace remoto para conectarse a otro segmento Ethernet.
- m) ENL_REM: simula un enlace de telecomunicaciones sincrónico o asincrónico que permite enlazar dos segmentos a través de dos puentes remotos (tiempo de servicio: longitud del mensaje / velocidad del enlace).
- n) SALIDA: elimina los mensajes que llegan a un puerto del puente y no deben ser pasados a otro puerto del puente o switch, por el protocolo “Transparent “Bridge”.
- o) P_USU: simula la pantalla del usuario que generó la transacción, donde se dará la respuesta y se acumula los tiempos de respuesta y longitud de los datos promedios por procesador.
- p) REPORTE: se activa al final de la simulación y se calculan las estadísticas e indicadores que se usarán en los reportes y gráficos que mostrarán los resultados de la simulación.

Nodos de simulación y reparación de fallas para procesador, interfaz, enlace local, puentes y enlaces remotos:

- a) FALLA_PRO: se activa en el momento que sucede una falla del procesador (de acuerdo a su MTBFP). Planifica la reparación y la próxima falla.
- b) REP_PRO: se activa con una falla de un procesador. Se simula el tiempo de reparación según el MTTRP.
- c) GP: selecciona los paquetes que van al procesador, si éste está en falla los envía al nodo SALIDA.
- d) FALLA_INT: se activa con una falla de la tarjeta de interfaz según su MTBFI. Planifica la reparación y la próxima falla.

- e) REP_INT: se activa cada vez que ocurre una falla de la tarjeta de interfaz. El tiempo de reparación se simula según el MTTRI de la componente que fallo.
- f) GI: selecciona los paquetes para la tarjeta de interfaz del procesador. Si está en falla los envía al nodo SALIDA.
- g) FALLA_ENL: se activa con una falla del segmento de red Ethernet. Esta falla puede ser en el cable coaxial, o en un componente activo. Esta falla se programa según su MTBFS. Planifica la reparación y la próxima falla.
- h) REP_ENL: se activa cuando ocurre una falla del segmento Ethernet. Tiempo de reparación según el MTTRS.
- i) GE: selecciona los paquetes que van al ENLACE, si éste está en falla los envía al nodo SALIDA.
- j) FALLA_BRI: se activa cuando sucede una falla de uno de los puentes según su MTBFB. Planifica la reparación y la próxima falla.
- k) REP_BRI: se activa cuando ocurre una falla del puente. Simula el tiempo de reparación según el MTTRB.
- l) GB: selecciona los paquetes que van al puente, si éste está en falla los envía al nodo SALIDA.
- m) FALLA_ENR: se activa en el momento que sucede una falla en el enlace remoto según su MTBFR, planifica la reparación y la próxima falla.
- n) REP_ENR: se activa con una falla del enlace remoto. Simula el tiempo de reparación según el MTTRR.
- o) GR: selecciona los paquetes que van al enlace remoto, si éste está en falla los envía al nodo SALIDA.

Las activaciones de los nodos T_USU ocurren para todos los procesadores a la vez, en el tiempo 0, se asume que la primera transacción que ocurre es de TIPO 3 (envío de un mensaje), luego se determina o programa la llegada de la próxima transacción en cada procesador en el nodo T_USU, y se determina el tipo de transacción que se generará en la próxima llegada, siguiendo la distribución probabilística especificada por el usuario en TPLTU[i,j] para cada tipo i de transacción y cada tipo j de procesador. De aquí en adelante se logra tener un sistema estable donde se generan las transacciones según una distribución probabilística.

Igualmente en una red con puentes, se crea un estado inicial de la red, donde ya se definen los caminos óptimos entre las subredes, a través de la ejecución inicial del protocolo "Spaning Tree"; esto sólo se vuelve a ejecutar ante una falla de algunos de los caminos, para luego activar al camino redundante de respaldo según el mismo protocolo.

IV. SISTEMA SIMLAN^{1,2}

El sistema SIMLAN es la implementación computacional para la construcción de la red y de sus escenarios numericos, generación del modelo de simulación, corridas del modelo y generación de reportes de resultados. SIMLAN es implantado para ambientes de microcomputadores IBM PC AT o compatibles y que operan bajo el sistema operativo de Microsoft Windows versión 3.1 o superior. SIMLAN es una aplicación que se ejecuta bajo Windows y el lenguaje de programación usado, en su Interfaz Hombre-Máquina, es el Microsoft Visual.BASIC. SIMLAN como Generador de Modelos Matemáticos es implantado en el Lenguaje de Simulación GLIDER.

El sistema computacional consta básicamente de cuatro módulos:

- 1) Módulo de Interfaz gráfica para descripción de la red. Este módulo permite el usuario la:
 - a. Construcción y descripción de la red LAN Ethernet en forma gráfica:
 - Topología de la red
 - Elementos o componentes de la red.
 - b. Descripción de los componentes:
 - Estación de trabajo: Sistema Operativo, Capacidad en disco, RAM, Ciclos del procesador, interfaz de la red, distribución probabilística de requerimientos.
 - Estación de trabajo: Sistema Operativo, Capacidad en disco, RAM, Ciclos del procesador, interfaz de la red, distribución probabilística de requerimientos.
 - Host/Servidores: Sistema operativo, capacidad en disco, RAM, ciclos del procesador, sistema operativo de red, política de servicio, distribución probabilística de tiempos de servicio.

- Puentes/Ethernet Switches: Capacidad de procesamiento, Velocidad, # de puertos, etc.
- Definición de la carga de trabajo requerida por cada tipo de procesador y la que puede ser servida por el servidor.

c. Definición de los escenarios del modelo de simulación a generar.

- 2) Módulo del Generador de Modelos Matemáticos. Este módulo genera el código fuente del modelo en el lenguaje de simulación Glider, considerando la topología de la red construida y de la descripción de cada uno de los componentes y sus interrelaciones, descritas en el módulo de interfaz gráfica.
- 3) Módulo del Modelo de simulación de la red. Este módulo permite ejecutar el modelo de simulación generado en Glider, bajo los diferentes escenarios, brindar las estadísticas de cada uno de los nodos o elementos de la red interactivamente y al final de la simulación.
- 4) Módulo de Interfaz gráfica para Presentación de Resultados. Permite al usuario realizar, a través de Excel:
 - Presentación de las estadísticas y de los indicadores de rendimiento de la LAN: Indicadores orientados a servicio e Indicadores orientados a eficiencia, obtenidos a partir de las estadísticas relevantes del sistema.
 - Reporte de Análisis de los Indicadores para brindar recomendaciones, interpretación de los indicadores, para la toma de decisiones.

El ciclo de trabajo con el sistema SIMLAN necesario cuando el administrador necesita generar y analizar los resultados de una configuración dada de una red Ethernet es mostrado en la siguiente figura.

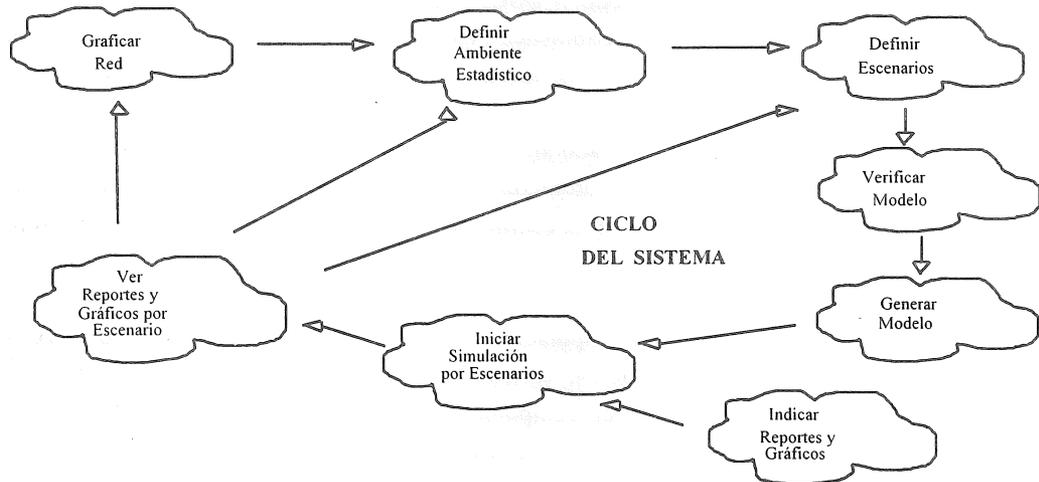


Figura 4.2- Ciclo del Sistema SIMLAN

V. ANALISIS DE EXPERIMENTACIÓN

A continuación se presenta la experimentación con tres redes pilotos bajo dos escenarios, uno con bajo tráfico y otro con alto tráfico. La red piloto 1 es una red de un sólo segmento Ethernet con pocas estaciones sometida a los dos escenarios, la red piloto 2 es el mismo diseño de la red 1 pero con más estaciones de trabajo, sometida también a los dos escenarios y la red piloto 3 está diseñada con la microsegmentación de la red piloto 2 para demostrar la mejoría en sus indicadores. La experimentación se efectuó bajo dos escenarios, uno de bajo tráfico y otro de alto tráfico. Las características que definen un escenario son: tiempo de simulación, tasa de llegada de transacciones, longitud promedio de los datos a procesar y tiempo promedio de procesamiento para cada tipo de transacción y tipo de procesador. Un escenario de alto tráfico se diferencia de uno de bajo tráfico, donde las estaciones generan transacciones con una doble tasa de llegada y generan más tipos de transacciones por tipo de procesador.

A continuación se muestra una tabla resumen con la configuración de las redes piloto:

Nombre de la Red	# de Subredes	Tipos de Servidores	#de Servidores	Tipos de Estaciones	Nº. de Estaciones	# total de SRV+WS	Uso de Switches	Escenario	Tiempo de Simulación (seg)	Resultado de la simulación	Comentarios
RED1	1	2	4	2	24	28		1	3600	OK	Poco trafico
RED1ct	1	2	4	2	24	28		2	3600	OK	Red1 con > tráfico
RED2	1	2	4	2	31	35		1	3600	OK	Red1 con más WS
RED2ct	1	2	4	2	31	35		2	3600	OK	Red2 con > tráfico
RED3	8	2	4	2	31	35	x	1	3600	OK	Red2 con switch
RED3ct	8	2	4	2	31	35	x	2	1500	OK	Red3 con > tráfico

Después de simular las redes pilotos con los escenarios de bajo tráfico y alto tráfico se obtuvieron los siguientes resultados: Bajo el primer escenario con la Red 1, los tiempos de respuesta de la red, estaciones PC y Servidores son menor que 1, sin embargo los de las estaciones Unix superan los 5 segundos, debido a las altas longitudes promedios de datos de las transacciones manejadas en estas últimas. Los indicadores de exactitud, disponibilidad y estadísticas muestran en valores razonables. En consecuencia sería conveniente incrementar la velocidad de los discos o procesadores de las estaciones Unix para mejorar el tiempo de respuesta. En el segundo escenario, incrementando el tráfico, el tiempo de respuesta se aproxima a los 2 seg., acentuando el problema de las estaciones Unix.

Al analizar el primer escenario con la Red 2 (Red 1 con más estaciones) se observa un mismo comportamiento que en la red 1: indicadores aceptables -ver Anexo 1-. Sin embargo, bajo el segundo escenario con alto tráfico notamos que los tiempos de respuesta son mayores de 6 seg., eventualmente inaceptable por usuarios típicos. Al revisar cada tipo de procesador nos damos cuenta que la mayoría tienen tiempos mayor a 2 seg., lo que podría indicar una sobrecarga de datos en el segmento Ethernet. De hecho la utilización del enlace es superior al 30%, por lo que se procede segmentar la red por Tipo de procesadores, con lo cual surge la Red 3 (Red 2 mas microsegmentación).

Los resultados de la simulación de la Red3 muestran indicadores de 1 seg. exceptuando aquellas subredes donde residen las estaciones Unix, cuya recomendación entonces sería incrementar su capacidad en disco o procesador. Asimismo, la utilización de las subredes resulta menor del 30%, demostrando con ello que la microsegmentación resuelve problemas de congestión de los segmentos Ethernet ante un escenario de alta carga de trabajo.

VI. CONCLUSIONES

El sistema SIMLAN resultado de este trabajo, cumplió con los objetivos planteados demostrando ser una herramienta útil, a los administradores y diseñadores de redes LAN, para la Administración de su Rendimiento y Diseño y Planificación de sus Capacidades en base a una serie de experimentos realizados.

El lenguaje Glider resultó bastante flexible, versátil y capaz de expresar los modelos en programas representativos de los sistemas de redes con los cuales se experimentó, debido fundamentalmente a su estructura de redes de nodos y mensajes que pueden ser definidos con gran libertad.

Como resultado relevante de la experimentación con SIMLAN, se mostró como efectivamente la tecnología de "Ethernet Switching" resuelve la congestión de los segmentos Ethernet. Específicamente, se experimentó con redes pilotos, donde se congestiona su enlace Ethernet con una Utilización del 36%. En otro modelo de red se microsegmenta el enlace con componentes de switching y se solucionó la congestión del mismo. Sin embargo, se siguieron presentando problemas en los tiempos de respuestas debido a las capacidades de los procesadores definidos en el experimento, con lo cual también se mostró que "Switching" no resuelve todos los males de una LAN.

Los resultados obtenidos con este trabajo motivan futuros desarrollos que incluyan componentes de red para enrutamiento o simulación de WAN, en las últimas tendencias tecnológicas en estándares como ATM, Fast Ethernet y Frame Relay, entre otras.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. BARRETO, Susana. Modelación Matemática aplicada a LANs Ethernet para evaluación de su rendimiento. Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad Central de Venezuela. 1996. Venezuela
2. BARRETO, Susana y CORREA, Eliezer. Simulación aplicada a LANs Ethernet para la evaluación de su rendimiento. Informe Técnico 97-10. Laboratorio de Modelos Matemáticos. Universidad Central de Venezuela. 1996. Venezuela
3. CORREA, Eliezer. Simulación aplicada a redes Token Ring para la evaluación de su rendimiento. Informe Técnico 97-2. Laboratorio de Modelos Matemáticos. Universidad Central de Venezuela. 1996. Venezuela
4. DOMINGO, C., TONELLA, G. y SANANES M. Lenguaje de Simulación GLIDER: Guía de Referencia. Versión 3.0. Abril de 1994. CESIMO & IEAC, Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela.
5. DURR, Michael and GIBBS, Mark. Networking Personal Computers. 3rd. Edition. QUE Corporation. USA. 1989.
6. Ethernet Switches Evaluated. Datacommunications, March 1.994. pp. 66-78
7. FELTMAN, Charles. Sizzling Switches. Lan Magazine. February 1.994. pp. 115-118
8. FORTIER, Paul y DESROCHERS, George. Modeling and Analysis of Local Area Networks. Florida U.S.A.1990. CRC. Press, Inc.
9. GORDON, Geoffrey. System Simulation. Second Edition New Jersey, Englewood Cliffs. Prentice Hall, Inc.1978.
10. HARRISON, Peter and PATEL, Naresh. Performance Modelling of Communication Networks and Computer Architectures. Addison-Wesley Publishing Company. 1993.
11. METCALFE, Robert and BOGG S, David. Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks. Communications of the ACM, Vol 19, Number 7. July 1976. PP. 395-404.
12. MITCHELL, Lionel and LIDE, David. End-To-End Performance Modeling of Local Area Networks. IEEE Journal On Selected Areas in Communications, Volume SAC-4, Number 6. Septiembre 1986, pages 975-985.
13. REMES, Antero. Simulation Techniques in Network Design. Computer Networks and Simulation. North Holland Publishing Company. 1982.
14. SCHATT, Stan. Linking LANS. A micro manager's guide. First Edition, Windcrest Books of Tab Books / McGraw-Hill. USA. 1991.
15. SHOCH, John and HUPP, Jon. Measured Performance of an Ethernet Local Network. Communications of the ACM. Volume 23, Number 12. December 1980.
16. SCHNAIDT, Patricia. Switch Hunt. Lan Magazine, June 1.994. pp. 75-96
17. STACY, Alan and WORK, Mike. INTERCONNECTIVITY, Open Enterprise Networking. Ungermann-Bass Publications. CA USA. 1989.
18. STALLING, William. Data and Computer Communications. Second Edition. New York. Macmillan. 1987.
19. TERPLAN, Kornel. Effective Management of Local Area Networks. Functions, Instruments And People. First Edition. McGraw Hill, Inc. USA. 1992.
20. TERPLAN, Kornel. Communications Networks Management. Second Edition. New Jersey Englewood Cliffs, Prentice Hall. 1992.

ANEXO 1. : RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN REALIZADA CON SIMLAN, CON LA RED 2 Y 4.

				Indicadores de Servicio					Indicadores de Eficiencia		Estadísticas	
Red #	Escenario	Subredes	Tipos de Procesadores	Tpo. prom. respuesta	Long. media de datos	# transac. procesadas	Disponibilidad	Exactitud	Throughput (Transac./seg)	Utilización	Longitud promedio de la cola	Permanenc. promedio en nodo
2	1			0,385	32.862,94	833		100%	0,23			
		Alpha		0,385	32.862,94	833	99,99%	100%	0,23	0,60%	1,0E-3	2,20E-03
			wspc	0,286	13.725,40	278	99,36%		0,08			
			wsunix	5,775	608.319,78	38	99,09%		0,01			
			srvunix	0,057	844,08	249	99,45%		0,07			
			srvpc	0,028	868,80	268	99,90%		0,07			
	2			6,770	273.318,34	4942		100%	1,37			
		Alpha		6,770	273.318,34	4942	99,99%	100%	1,37	36,30%	3,60E-01	1,30E-01
			wspc	5,222	133.869,94	4186	99,36%		1,16			
			wsunix	19,394	1.429.259,37	543	99,09%		0,15			
			srvunix	1,726	836,53	32	99,45%		0,01			
			srvpc	5,593	78.701,92	181	99,90%		0,05			
4	1			0,478	41.191,45	811		100%	0,23			
		sr0		0,214	12.942,62	127	99,99%	100%	0,04	0,03%	3,70E-04	5,20E-03
		sr1		0,213	12.896,58	167	99,99%	100%	0,05	0,04%	4,90E-04	5,20E-03
		sr2		7,793	738.177,50	22	99,99%	100%	0,01	0,30%	3,60E-03	2,90E-01
		sr3		5,231	518.928,84	25	99,99%	100%	0,01	0,20%	2,90E-03	1,90E-01
		sr4		0,091	834,93	122	99,99%	100%	0,03	0,10%	1,80E-03	1,10E-02
		sr5		0,043	857,80	105	99,99%	100%	0,03	0,20%	2,30E-03	1,40E-02
		sr6		0,028	846,75	118	99,99%	100%	0,03	0,10%	1,80E-03	1,10E-02
		sr7		0,029	830,80	125	99,99%	100%	0,03	0,10%	1,40E-03	9,20E-03
			wspc	0,214	12.916,47	294	99,36%		0,08			
			wsunix	6,430	621.555,87	47	99,09%		0,01			
			srvunix	0,069	845,51	227	99,45%		0,06			
			srvpc	0,028	838,54	243	99,90%		0,07			
	2			6,597	138.652,00	65			0,02			
		sr0		14,928	104.776,67	18	99,99%	100%	0,01	21,50%	2,10E-01	1,80E-01
		sr1		3,294	99.401,69	13	99,99%	100%	0,00	6,20%	6,20E-02	8,80E-02
		sr2		17,915	1.285.784,00	2	99,99%	100%	0,00	9,10%	9,10E-02	8,90E-01
		sr3		13,861	66.563,03	3	99,99%	100%	0,00	7,80%	7,80E-02	8,40E-01
		sr4		0,222	844,25	4	99,99%	100%	0,00	0,07%	7,20E-04	3,00E-02
		sr5		0,046	784,00	3	99,99%	100%	0,00	0,10%	1,50E-03	5,10E-02
		sr6		1,676	65.274,92	14	99,99%	100%	0,00	0,90%	9,60E-03	1,00E-01
		sr7		2,146	43.272,50	8	99,99%	100%	0,00	0,10%	1,70E-03	4,10E-02
			wspc	9,991	102.522,70	31	99,36%		0,01			
			wsunix	15,402	918.691,80	5	99,09%		0,00			
			srvunix	0,147	918,42	7	99,45%		0,00			
			srvpc	1,847	57.274,04	22	99,90%		0,01			