

24.2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO DEL DESEMPEÑO DE UNA RED
LOCAL DE COMPUTADORAS CON TOPOLOGIA
BUS Y PROTOCOLO DE ACCESO AL MEDIO CSMA/CD

T E S I S
QUE PARA OBTENER LA LICENCIATURA EN

Ingeniero en Computación

P R E S E N T A N

José Alfredo Acuña García
Victor Javier Luna Juárez
Ricardo Joel Orozco Díaz

DIRECTOR DE SEMINARIO DE TESIS

Act. Sergio Castro Resinas

MEXICO, D. F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Indice

AGRADECIMIENTOS

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO 1 DESCRIPCION DE REDES LOCALES

1.1 MARCO HISTORICO

1.2 DEFINICIONES Y CARACTERISTICAS DE UNA LAN.

1.3 DIFERENCIAS ENTRE LAN's Y LAS GRANDES REDES DE COMPUTADORAS

1.4 PROPOSITOS DE LAS LAN's

1.5 CLASIFICACION DE LAN's

1.5.1 Medios de Transmisi3n

1.5.2 Topologias

1.5.2.1 Topologfa ANILLO

1.5.2.2 Topologfa BUS/ARBOL

1.5.2.3 Topologfa ESTRELLA

1.5.3 Protocolos de Acceso al Medio

1.5.3.1 Protocolo CSMA para Topologfa BUS

1.5.3.2 Protocolo CSMA/CD para Topologfa BUS

1.5.3.3 Protocolo de ELIMINACION DE COLISIONES para Topologfa BUS

1.5.3.4 Protocolo TOKEN para Topologfa BUS

1.5.3.5 Protocolo TOKEN para Topologfa ANILLO

1.5.3.6 Protocolo de INSERCI3N DE REGISTRO para Topologfa ANILLO

1.5.3.7 Protocolo de RANURACION para Topologfa ANILLO

1.6 APLICACIONES Y FUTURO DE LAS LAN's

1.7 PRODUCTOS DE LAN's EN EL MERCADO

CAPITULO 2 ESTANDARES PARA REDES LOCALES

2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

2.2 MODELO DE REFERENCIA PARA LA INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS DE LA ORGANIZACION INTERNACIONAL DE ESTANDARES

2.2.1 Justificación de las Siete Capas del Modelo ISO/OSI

2.2.2 Descripción de las Capas del Modelo

2.3 MODELO DE LAN DEL PROYECTO 802 DE LA IEEE

CAPITULO 3 EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE LAN's

3.1 INTRODUCCION

3.2 OBJETIVOS DE UN ESTUDIO DE EVALUACION

3.3 FASES DE UN ESTUDIO DE EVALUACION

3.4 CLASIFICACION DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION

3.5 INDICES DE DESEMPEÑO

3.6 TECNICAS DE EVALUACION

3.3.1 Clasificación de las Técnicas de Evaluación

3.3.2 Técnicas de Medición

3.3.3 Técnicas de Simulación

3.3.4 Técnicas Analíticas

CAPITULO 4 PROTOCOLO CSMA/CD

4.1 INTRODUCCION

4.2 DESCRIPCION DE COMPONENTES

4.3 DESCRIPCION DE LA CAPA DE ENLACE DE DATOS

4.3.1 Interface entre la Capa de Red y la Subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC)

4.3.2 Unidad de Datos del Protocolo (PDU) de la Subcapa LLC

4.3.3 Procedimientos de la Subcapa LLC

4.3.4 Elementos de Procedimientos de la Subcapa LLC

4.3.5 Interface LLC-MAC

4.3.5.1 Estructura del FRAME

4.3.6 Subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC)

4.4 DESCRIPCION DE LA CAPA FISICA

4.4.1 Interface MAC-PLS

4.4.2 Capa de Generación de Señal Física (PLS)

4.4.3 Unidad de Interface de Unión (AUI)

4.4.4 Unidad de Unión al Medio (MAU)

4.4.5 Cable Coaxial Troncal

4.4.6 Componente Terminal de Cable Coaxial

4.4.7 Unidad Repetidora

4.4.8 Consideraciones del Sistema

4.5 USOS Y APLICACIONES

4.5.1 ETHERNET

4.5.2 DECNet

4.5.3 CLUSTER/ONE

4.5.4 Z-NET

4.5.5 ECONET

4.6 PRODUCTOS EN EL MERCADO

4.6.1 Productos de Hardware

4.6.2 Productos de Software

CAPITULO 5 MODELADO Y SIMULACION DE UNA LAN (CSMA/CD)

5.1 INTRODUCCION

5.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

5.3 FORMULACION DE LOS OBJETIVOS

5.3.1 Objetivo General

5.3.2 Objetivos Particulares

5.4 PREPARACION DEL PLAN

5.4.1 Selección de la Técnica de Evaluación

5.4.2 Formulación del Modelo

5.4.2.1 Grado de Detalle

5.4.2.2 Flexibilidad

5.4.2.3 Lenguaje

5.4.2.4 Estructura del Modelo

5.4.3 Construcción del Simulador

5.4.4 Calibración y Validación del Simulador

5.4.5 Diseño de los Experimentos

5.4.5.1 Selección de los Experimentos

5.4.5.2 Determinación de la Duración de los Experimentos

5.5 IMPLANTACION DEL PLAN

5.5.1 Ejecución de los Experimentos

5.5.2 Recopilación de los Resultados

5.6 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

Introducción

A partir del surgimiento de las primeras computadoras, que nos permitían la resolución de problemas específicos de procesamiento de información, la industria de la computación se ha desarrollado a pasos agigantados permitiendo que un sin fin de aplicaciones que antes eran realizadas por el hombre sean resueltas más rápida y eficientemente.

Las primeras computadoras basadas en el concepto de procesamiento centralizado de información han sido reemplazadas por sistemas de procesamiento distribuido, donde varios procesadores autónomos conectados entre sí a través de una red, realizan la tarea de procesar la información, obteniéndose ventajas como la disminución del tiempo de proceso y confiabilidad al tener varias alternativas en caso de falla de un procesador.

Paralelamente al surgimiento del concepto de procesamiento distribuido, comenzó a tener auge la aplicación de la técnica de integración a muy gran escala (VLSI) la cual, entre otras cosas, ha permitido que pequeñas o medianas empresas tengan acceso a los sistemas de cómputo a través de micro y minicomputadoras.

La necesidad de comunicación, en un área geográfica limitada, del equipo de cómputo en estas empresas dió origen al surgimiento de las Redes Locales (LAN's) para permitir, entre otras cosas, el uso de recursos compartidos.

Con el surgimiento de los primeros diseños experimentales de redes locales, varios fabricantes desarrollaron sus productos sin fundamentarlos en una arquitectura estándar, lo cual provocó incompatibilidad haciendo difícil la integración en una misma red de productos de diferentes fabricantes. A la resolución de este problema se abocaron diversos organismos internacionales (La Organización Internacional de Estándares "OSI" y El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos "IEEE") para establecer la definición de estándares en el diseño de arquitecturas de LAN. Actualmente la mayoría de los productos existentes en el mercado están basados en los estándares sugeridos por estos dos organismos.

Debido a la existencia de una gran cantidad de productos de LAN's en el mercado, una herramienta que facilite la elección de un producto entre otros,

es de gran utilidad. Esta herramienta debe permitir, a través de la confrontación de los principales parámetros de la red, mostrar su desempeño. Existen diferentes técnicas de medición del desempeño basadas en mediciones físicas sobre la red o sobre un modelo de la misma.

En este escrito se detallan conceptos generales de redes locales de computadoras, y las bases teóricas que permitan el desarrollo de un estudio que evalúe el desempeño de una red local. Se realizó el estudio de evaluación, utilizando la técnica de simulación sobre un modelo, para una Red Local con topología Bus y protocolo de acceso al medio CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) basada en la arquitectura del estándar 802.3 de la IEEE, la cual es una de las Redes Locales de mayor utilización y mayor desarrollo a nivel experimental en la actualidad.

Capítulo 1

DESCRIPCION DE REDES LOCALES

1.1 MARCO HISTORICO

Este siglo se ha caracterizado por llevar a la humanidad a un gran desarrollo tecnológico en todos los campos de la ciencia, donde en las últimas décadas se ha dado mayor énfasis al acceso, procesamiento y distribución de la información. Entre otros desarrollos se tiene la instalación a lo largo de todo el mundo de redes telefónicas, además del crecimiento de la industria de las computadoras y las comunicaciones vía satélite.

La combinación del creciente mercado de comunicaciones y computadoras ha influenciado profundamente la organización de los sistemas de cómputo. El concepto de sistema de cómputo centralizado tiende a ser desplazado por el de red de computadoras. Este nuevo concepto se define como la interconexión de una colección de computadoras autónomas, considerando que la interconexión define la capacidad de intercambio de información, y que el término de computadora autónoma se utiliza para excluir arreglos especiales entre computadoras (Ej. Maestro-Esclavo).

- Las redes de computadoras comenzaron a utilizarse a mediados de los años 60's en el momento en que los servicios de tiempo compartido y de red de comunicación de datos estuvieron disponibles. El concepto de tiempo compartido fue desarrollado y aplicado cuando conjuntos de terminales se enlazaban a grandes computadoras, de tal forma que cada terminal compartía el acceso a la Unidad Central de Procesamiento.

En un principio las terminales y las computadoras se encontraban ubicadas en un mismo sitio, pero poco a poco surgieron diversas necesidades que orillaron al uso de terminales remotas enlazadas a grandes computadoras a través de líneas telefónicas. En este momento, era posible tener acceso a los recursos de un centro de cómputo, simplemente marcando un número telefónico.

Las redes de comunicación de datos basadas en la tecnología de Conmutación por Circuitos (Circuit Switched) utilizando redes telefónicas públicas y privadas se incrementaron. En 1965 surge el concepto de ARPANET, la primera red de comunicación de datos basada en la tecnología de Conmutación

por Paquetes (Packet Switched), la cual comienza a ser desarrollada hasta 1968. TYMNET es la primer red pública de este tipo, que comenzó a ser usada en los Estados Unidos en 1969, seguida de TELENET en 1975. En la actualidad, diversos servicios nacionales e internacionales basados en ambas tecnologías son ampliamente utilizados a través de distintos medios de transmisión: líneas de banda amplia, cables coaxiales, fibras ópticas y transmisión vía satélite.

Existen varias razones por las cuales la tendencia actual ya no está enfocada hacia los sistemas de cómputo centralizados, sino hacia la utilización de redes de computadoras, entre las que pueden citarse:

- a. Dar una mayor confiabilidad y flexibilidad al sistema de cómputo al contar con la facilidad de compartir recursos entre varios centros de procesamiento y tener recursos alternos para el procesamiento de la información.
- b. El abaratamiento de los medios de comunicación contra el precio actual del nuevo equipo de cómputo.
- c. Una de las razones más importantes es aprovechar el equipo de cómputo que la organización ha adquirido para disponer de las ventajas que representa una red de computadoras.

De este último punto se desprende la idea de crear una red de computadoras consistente en varios procesadores interconectados y localizados en un área limitada, que toma el nombre de Red Local de Computadoras (Local Area Network o LAN).

A fines de los años 70's surge "Cambridge Ring", el primer desarrollo de una LAN tipo anillo llevado a cabo por la Universidad de Cambridge. Simultáneamente, la corporación Xerox en colaboración con Intel y DEC (Digital Equipment Corporation) desarrollaron una LAN tipo Bus llamada "ETHERNET" en los Estados Unidos.

Estos estudios, junto con otros desarrollados a finales de los años 70's,

han permitido disponer en la actualidad de distintos tipos de LAN's basadas principalmente en las topologías Bus y Anillo.

El desarrollo de las LAN's ha permitido el satisfacer, dentro de un área geográfica limitada, las necesidades de comunicación de una organización como puede ser: una oficina comercial o una universidad.

1.2 DEFINICION Y CARACTERISTICAS DE UNA LAN

Existen varias definiciones de LAN dadas por diferentes autores, pero ninguna de ellas ha tenido una aceptación generalizada. Cabe destacar que todos estos autores han coincidido en el uso de ciertos parámetros para su definición, como lo son: la dispersión de la red, la velocidad de transmisión, la tasa de error en la transmisión y el propósito de la red.

Estos autores difieren en sus definiciones al dar mayor importancia a algunos de estos parámetros, al ignorar alguno de ellos o al asignar los valores de dichos parámetros para lograr diferenciar una LAN de otras redes de comunicación.

A continuación se citan algunas definiciones:

. Tanenbaum:

* Las redes locales tienen tres características distintivas:

- Diámetro no mayor de unos pocos kilómetros
- Velocidad de transmisión mayor a 1 Mbps
- Que sea propiedad de una sola organización*

. Reporte Seybol:

* Una Red Local de Computadoras es aquella que interconecta dispositivos usando medios de transmisión no públicos dentro de un área de 5 a 10 Millas. *

. Metcalfe y Booggs:

"Una LAN es la interconexión de computadoras para tener la facilidad de compartir todos los recursos con los que cuenta una red, además de utilizar las ventajas de procesamiento en paralelo y de multiprocesamiento. "

. I E E E :

"Una LAN es un sistema de comunicación de datos que permita a un número de dispositivos independientes comunicarse entre sí dentro de un área geográfica moderada, sobre un canal físico de comunicación y con una tasa de transmisión moderada. "

. Allan J. Maine:

"LAN's son redes de computadoras que están implantadas dentro de una misma edificación o en un área compacta no mayor a una o dos millas. "

. William Stallings:

" Una LAN es una red de comunicaciones que permite la interconexión de una variedad de dispositivos de comunicación de datos en una área limitada, considerando:

- Tasa alta de transmisión (0.1 a 100 Mbps)
- Área limitada (0.1 a 50 Kmts.)
- Bajas tasas de error (10^{-8} a 10^{-11})"

. I B M :

"Una LAN es una Red de computadoras que no utiliza medios de transmisión pública para su comunicación y que se encuentra dentro de un mismo establecimiento. "

Es muy importante conocer las características técnicas que debe tener una LAN para satisfacer las necesidades que un problema demande. En la elección de un producto de LAN es necesario no sólo observar las características técnicas, sino que resulta fundamental basar una decisión en una combinación de características técnicas y no técnicas. A continuación se describen algunas de las características más importantes de una LAN:

Características Técnicas:

- a. **Tasa de transmisión:** En una LAN debe ser posible la comunicación entre un par de estaciones de trabajo para mantener rangos aceptables en cuanto a tiempo de respuesta y eficiencia de la red, que den la facilidad para el acceso concurrente, interactivo y transparente de los bancos de información. Es conveniente contemplar la posibilidad de transferencia eficiente de señales de video y audio entre estaciones de trabajo.
- b. **Bajas tasas de error:** Es conveniente mantener una tasa de errores de transmisión baja, y en atención a esto existen técnicas especiales de detección y corrección de errores.
- c. **Dispersión geográfica:** Como ya se ha explicado ésta es una de las principales características que definen una LAN, y debe ser elegida de acuerdo a las necesidades propias del problema existente.
- d. **Conectividad:** La conectividad de una red se mide en función al número máximo de enlaces entre los nodos de la red, que se deben romper para dejar aislado de comunicación a un nodo. Esta característica está normada por los patrones de tráfico entre las estaciones de trabajo a ser comunicadas y la confiabilidad deseada para el servicio.
- e. **Servicios de red:** Por medio de integrar dispositivos inteligentes a la red, se pueden tener algunos servicios o facilidades especiales como son: la conversión de velocidades de transmisión entre los nodos de una red y la conversión de códigos para la fácil integración de dispositivos a la red.
- f. **Interconexión con otras redes:** Un atributo importante que las redes deben poseer, es la facilidad de poderse enlazar a través de nodos especializados (gateways) con otras redes locales o con grandes redes.

Características NO técnicas:

- a. **Capacidad de transmisión:** Una LAN debe poseer la suficiente capacidad para llevar a cabo la transferencia de información entre los usuarios de la red sin deteriorar su eficiencia.
- b. **Confiabilidad:** Este es un concepto basado en la conjunción de varias características técnicas. Primordialmente sus bases se encuentran en las bajas tasas de error de transmisión y en su grado de conectividad.
- c. **Flexibilidad:** Es necesario prever el futuro crecimiento de la aplicación del sistema de cómputo en las actividades de una organización, para saber si una LAN tiene la suficiente capacidad para alcanzar los posibles objetivos de la misma.

1.3 DIFERENCIAS ENTRE LAN'S Y LAS GRANDES REDES DE COMPUTADORAS

Históricamente hablando, los diseñadores de las grandes redes de computadoras se vieron forzados por cuestiones económicas y legales a utilizar las redes telefónicas públicas, ajustando su diseño a las limitaciones técnicas que el servicio telefónico les imponía. En contraparte, los diseñadores de LAN's tuvieron mayor libertad en la elección de los parámetros y materiales a utilizar, y en consecuencia al definir las características técnicas que habrían de regir la operación de la red.

Teniendo la libertad de diseño, se pudieron definir altas velocidades de transmisión y bajas tasas de error que caracterizan a una LAN. Uno de los parámetros que más las diferencia es la dispersión geográfica de cada cual, que en el diseño de las LAN's se refiere como un área limitada, debido a las necesidades de cómputo que se requerían.

Es posible diferenciar, por medio de las distancias de transmisión, a los diferentes equipos de cómputo, como lo muestra la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Comparación de Sistemas de Proceso

Distancia de Interprocesamiento	Localización de Procesadores	Tipo de Interconexión
0.1 m	Tarjeta de circuitos	Flujo datos máquina
1 m	Sistema	Multiprocesamiento
10 m	Cuarto	Red
100 m	Edificio	Local
1 Km	Campo	de Computadoras
10 Km	Ciudad	Grn Red de
100 Km	País	Computadoras
1,000 Km	Continente	Grandes Redes
10,000 Km	Planeta	Interconectadas

1.4 PROPOSITOS DE LAS LAN'S

Según el Laboratorio de las Ciencias de la Computación del MIT, existen cuatro objetivos principales que se buscan cumplir con la instalación de una LAN:

- a. La interconexión de computadoras personales y computadoras típicamente consideradas grandes.
- b. La aplicación de grupos de dos o más computadoras para la realización de tareas específicas (procesamiento paralelo)
- c. La interconexión de redes de computadoras para lograr redes más amplias.
- d. Un rango de transmisión de 1 a 10Mbps, de tal forma que permita la transferencia de archivos en operaciones interactivas.

Entre las necesidades más importantes a satisfacer, dentro de un medio

ambiente práctico (como lo son oficinas comerciales, universidades, etc.), se pueden considerar las siguientes:

- a. Comunicación en base a señales de audio.
- b. Reportes visuales (Softcopy).
- c. Reportes escritos (Hardcopy).
- d. Búsqueda y selección eficiente de información.
- e. Acceso a fuentes comunes de información.

1.5 CLASIFICACION DE LAN'S

La clasificación de las LAN's se puede hacer de diversas formas dependiendo de los parámetros que para ello se tomen en cuenta. Dentro de los parámetros más representativos se tienen los siguientes: medio de transmisión, topologías, y el protocolo de control de acceso al medio. Estos parámetros nos determinan entre otras cosas el tipo de datos a transmitir, la velocidad y la eficiencia de la comunicación, los alcances y el tipo de aplicación que la red puede soportar.

1.5.1 Medios de Transmisión

En la Tabla 1.2 se listan las características principales de los medios de transmisión más apropiados para utilizarse en una LAN: par trenzado, cable coaxial y fibra óptica. Estas características nos sirven para distinguir el desempeño y aplicabilidad de cada tipo de medio de transmisión.

El par trenzado es uno de los medios de comunicación más común para transmisiones a baja velocidad y dentro del rango de algunos *Mbps*. Su principal desventaja es su gran susceptibilidad a la interferencia y al ruido. El par trenzado es de bajo costo y normalmente ya se encuentra instalado en los edificios de oficina.

**Tabla 1.2 Características Típicas de los Medios de Transmisión
para Redes Locales de Computadoras**

Medio	Técnica de Transmisión	Velocidad de Trans. Máxima (Mbps)	Longitud Máxima (Kilómetros)	No. Máximo Dispositivos Conectados
Par Trenzado	Digital	1-2	Algunos	10's
C. Coaxial (50Ω)	Digital	10	Algunos	100's
C. Coaxial (75Ω)	Digital	50	1	10's
	Analógica FDM	20	10's	1000's
	Anal. 1 Canal	50	1	10's
Fibra Óptica	Analógica	10	1	10's

El cable coaxial, de mayor costo que el par trenzado, ofrece las siguientes ventajas: mayor throughput, soporta un mayor número de dispositivos conectados a él y es menos sensible al ruido.

La fibra óptica es un buen candidato para las redes locales del futuro. Este medio tiene mayor capacidad que los dos anteriores así como las siguientes ventajas: peso ligero, diámetro pequeño; baja susceptibilidad al ruido y prácticamente ninguna emisión. Sin embargo no se ha usado ampliamente debido a su elevado costo y a limitaciones técnicas.

1.3.2 Topologías

Las redes de computadoras son frecuentemente caracterizadas en término a su topología. En la Figura 1.1 se muestran las topologías más utilizadas: Estrella, Anillo y Bus/Arbol (el Bus es un caso especial del Arbol, ya que se considera como un árbol sin raíz). De éstas tres las dos últimas son las de mayor aceptación en la actualidad.

1.5.2.1 Topología de Anillo

La topología de anillo consiste de un lazo cerrado, en donde cada nodo es conectado a un elemento de repetición. Los datos circulan alrededor del anillo a través de una serie de líneas punto a punto entre los repetidores.

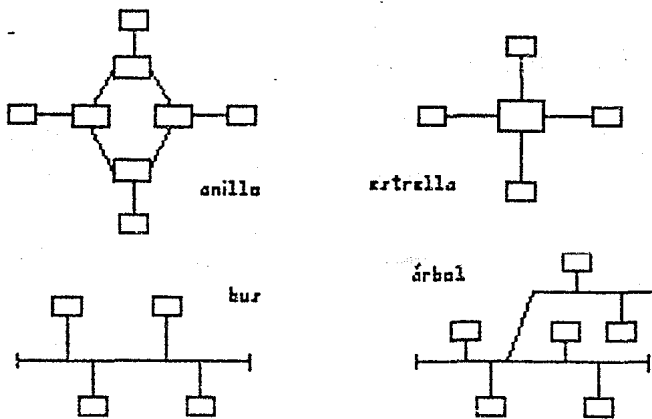


Figura 1.1 Topologías de Reder Localer

Una estación que desea transmitir espera su turno y entonces envía los datos a través del anillo en la forma de un paquete, el cual contiene la dirección fuente y destino así como los datos. Conforme el paquete circula, al pasar éste por el nodo destino es copiado dentro de un búfifer local. El paquete continúa circulando hasta que regresa al nodo fuente proporcionando una forma de reconocimiento.

La topología de anillo ha sido muy popular en Europa y apenas comienza a ganar terreno en los Estados Unidos, donde las redes locales con topología de bus son más populares.

Para que un anillo pueda funcionar como una red de comunicaciones se requiere que éste efectue tres funciones: inserción, recepción y eliminación de datos. Estas funciones son realizadas por los repetidores.

Cada repetidor, además de servir como un elemento activo de la red,

nos sirve como un punto de unión de ésta con una estación de trabajo. Las estrategias que se siguen para determinar cuando y como los paquetes son introducidos o eliminados del anillo están regidas por los protocolos de control de acceso al medio los cuales discutiremos más adelante.

Los repetidores dentro del anillo pueden estar en uno de dos estados: **sensando o transmitiendo**, como lo muestra la **Figura 1.2**.

En el estado de **sensado** cada bit recibido es transmitido hacia la línea de salida con un pequeño retraso, debido a las funciones que el repetidor debe efectuar. **Únicamente este retraso debe ser del orden de un "tiempo de bit"** (que es el tiempo que le toma al repetidor transmitir un bit completo). Las funciones que efectúa el repetidor en este estado son:

- a. Revisar el flujo de bits en busca de patrones determinados como pueden ser direcciones, etc. Para que el repetidor pueda realizar esta tarea debe de tener conocimiento del formato del paquete.
- b. Copiar cada bit que está llegando y enviarlo a la siguiente estación, esto se hará para cada uno de los paquetes direccionados a esa estación.
- c. Modificar algún bit al pasar por el repetidor. En ciertas estrategias de control se modifican algunos bits, por ejemplo para servir como reconocimiento de que el paquete ha sido recibido.

Cuando una estación en algún repetidor tiene datos para transmitir y cuenta con el permiso para hacerlo (basada en la estrategia de control de acceso al medio), el repetidor entra en el estado de transmisión. En este estado el repetidor recibe bits de la estación y los retransmite hacia su enlace de salida. Durante el período de transmisión algunos bits pueden aparecer en la línea de entrada, existiendo dos posibilidades que son tratadas de diferente manera:

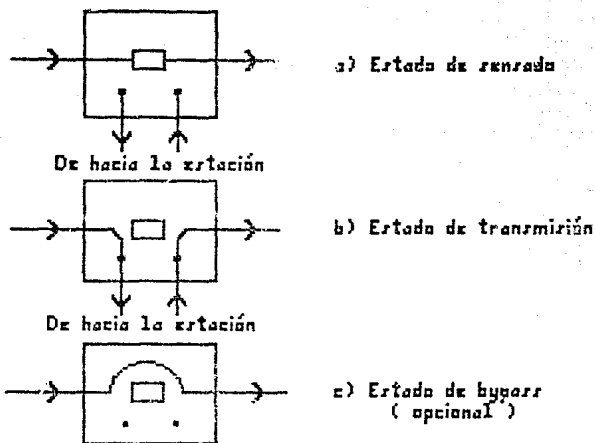


Figura 1.2 Estados de los repetidores del anillo

- a. Estos bits pueden pertenecer al mismo paquete que el repetidor está transmitiendo. En este caso el repetidor pasa estos bits de regreso a la estación, la cual los revisa como una forma de reconocimiento.
- b. Si el paquete recibido pertenece a otra estación éste es almacenado para transmitirse posteriormente.

Un tercer estado opcional puede ser incluido. Este estado permite activar el desvío de la señal de tal forma de que no exista ningún tiempo de propagación dentro del repetidor. Este estado es útil cuando la estación se encuentra inactiva por alguna razón.

En el enlace que existe entre repetidor y repetidor se pueden emplear los siguientes medios de transmisión: par trenzado, cable coaxial o fibra óptica.

Las principales razones por las que esta red no ha tenido gran acep-

tación en los Estados Unidos son:

- a. Vulnerabilidad del cable: Una descompostura en cualquiera de los enlaces entre repetidores deshabilita a la red en su totalidad.
- b. Falla del repetidor: Una falla en cualquiera de los repetidores deshabilita a la red en su totalidad.
- c. Búsqueda de la falla: Cuando se tiene alguna falla, ya sea en algún cable o repetidor, se requiere de trasladarse a cada lugar donde exista alguno de ellos para la determinación de ésta.
- d. Problemas en la instalación: Cuando se requiere la instalación de alguna nueva estación al anillo es necesario la conexión de ésta con dos nodos adyacentes así como la eliminación del cable que anteriormente los unía.
- e. Limitaciones en el tamaño: Debido a problemas de confiabilidad y mantenimiento el anillo no puede contener un número muy grande de estaciones.

1.5.2.2 Topología de Bus/Arbol

La topología de Bus/Arbol está caracterizada por el uso de un medio de difusión de acceso múltiple por cuyo uso compiten todos los dispositivos conectados, debido a que solamente uno de éstos puede transmitir a la vez. Así como en la topología de anillo, aquí también la unidad de transmisión es el paquete el cual contiene la dirección fuente y destino así como los datos a transmitirse. Cada una de las estaciones se encuentran monitoreando continuamente al medio para detectar y aceptar los paquetes cuyo destino sea el de esa estación.

Esta topología permite el uso de las técnicas de transmisión de banda base y banda amplia. La banda base utiliza generalmente señales digitales y puede ser implantada con par trenzado o con cable coaxial. La banda amplia

utiliza señales analógicas en el rango de radio-frecuencia y es empleada únicamente con cable coaxial.

La naturaleza multipunto de la topología Bus/Arbol nos lleva a la existencia de los siguientes problemas, que son comunes para los dos tipos de técnicas de transmisión:

- a. **Control de la transmisión:** Históricamente, el esquema de acceso al medio utilizado para esta topología ha sido de tipo centralizado, en donde una de las estaciones tenía el papel de controlador central. Esta estación central podía enviar datos a alguna otra estación o pedir a ésta que se los enviara. Actualmente se han desarrollado alternativas de control distribuido basándose en los protocolos de control de acceso al medio que le permiten a la red un mejor desempeño.
- b. **Balanceo de la señal:** Cuando se tiene un gran número de estaciones conectadas la tarea de que la señal llegue a su destino con la amplitud requerida se vuelve complicada. Para solucionar este problema en ocasiones el medio debe de ser dividido en varias partes, conectadas a través de amplificadores para mantener la fuerza de la señal.

Las principales ventajas de la topología de Bus/Arbol son su sencillez y su confiabilidad al utilizar conectores al medio pasivos (taps). Cuando se requiere de una red con un gran número de dispositivos conectados, una LAN con topología Bus/Arbol ha demostrado ser más eficiente que una con topología de anillo; lo que no sucede cuando el número de dispositivos conectados es pequeño, donde la decisión entre una y otra topología no es tan clara y depende entonces de otros factores como lo son el costo y la aplicación de la red entre otros.

1.5.2.3 Topología de Estrella

En la topología de estrella un elemento de conmutación central es usado para conectar todos los nodos de la red. Una estación que desea transmitir datos envía una petición al elemento de conmutación central para

que éste establezca una conexión hacia alguna otra estación. Este elemento de control utilizará la técnica de Conmutación por Circuitos para establecer una trayectoria entre las dos estaciones como si éstas estuvieran conectadas por una línea punto a punto dedicada.

Las principales desventajas de la topología de estrella y por lo que ésta no es de gran aceptación, son: la generación de cuellos de botella en el elemento de control provoca que la red en su totalidad quede fuera de servicio y por último existe un alto costo al instalar un nuevo nodo, debido a que es necesaria la conexión de éste con el elemento de control a través de un cable.

El desempeño de una red con topología de estrella puede ser mejorado cuando se combina ésta con la topología de anillo produciendo una nueva forma híbrida (ver Figura 1.3), que permite aprovechar las ventajas que cada una de las topologías por separado poseen. Esta topología híbrida es la base del producto TOKEN RING de IBM.

Esta red híbrida utiliza concentradores de alambrado y puentes para la formación de una LAN que físicamente es de topología estrella pero lógicamente funciona como un anillo.

Los concentradores de alambrado de anillo son simplemente localidades centralizadas a través de las cuales las líneas que unen a dos estaciones deben de pasar. Las principales ventajas en el uso de esta técnica son: las fallas son fácilmente detectadas debido a la existencia de un control de acceso, por otro lado los nuevos repetidores pueden ser fácilmente adicionados a la red conectándolos por medio de un cable hacia el concentrador más cercano.

Varias subredes formadas cada una por un conjunto de nodos conectados a un concentrador de alambrado pueden ser interconectados a través de un puente. Estos puentes permiten el intercambio de información entre las diferentes subredes, aunque cada una de ellas opera independientemente.

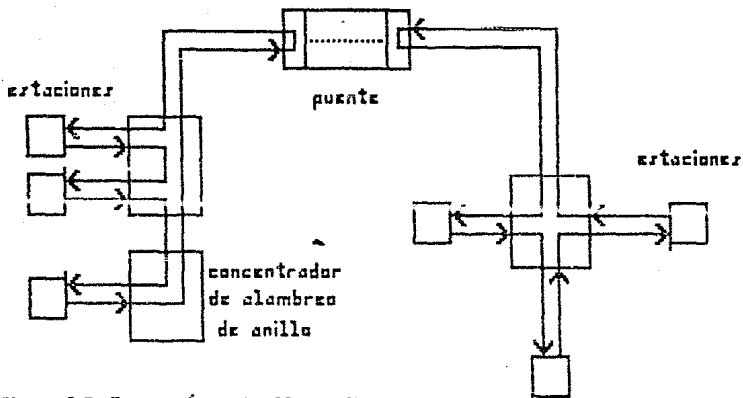


Figura 1.3 Topología estrella-anillo

El uso de puentes evita que la falla de una subred, por cualquiera que sea la razón, deshabilite a la red en su totalidad. Por otro lado, el desempeño de la red es mejorado al poderse conectar en una subred a aquellos nodos que mayor comunicación tienen entre sí.

1.5.3 Protocolos de Acceso al Medio

Todas las redes locales de computadoras independientemente de su topología comparten un medio de transmisión, por lo que se requiere de una forma de controlar el acceso a este medio para que dos dispositivos conectados a la red puedan intercambiar datos.

Esta forma de control puede ser de tipo centralizado o distribuido donde las ventajas del primero son:

- a. Al tenerse el control completo sobre el medio se permite el uso de

asignación de prioridades y el tener una garantía de banda

- b. La topología de cada estación es sencilla
- c. Se evitan problemas de coordinación

Sus desventajas son:

- a. Se cuenta con un punto de falla total
- b. Posiblemente actúa como cuello de botella.

Los pros y contras del control distribuido son un reflejo de los del control centralizado.

Los detalles de los mecanismos de acceso al medio se encuentran ligados a la topología de la red donde los más comunes, que se muestran en la Figura 1.4, serán descritos en las siguientes secciones.

1.5.3.1 Protocolo CSMA para topología BUS

El protocolo de Acceso Múltiple con Sensado de Portadora (CSMA) fue conceptualizado inicialmente en la Universidad de Hawái para utilizarse en redes de radiodifusión o vía satélite, siendo posteriormente adaptado para su uso en redes locales.

En esta técnica cuando una estación que desea transmitir, sensa primeramente al medio para determinar si alguna otra estación se encuentra transmitiendo. Si el medio se encuentra libre la estación puede comenzar a transmitir, de lo contrario espera un período de tiempo, después del cual volverá a intentarlo utilizando alguno de los algoritmos siguientes:

- a. *No-persistent*: La estación espera una cantidad aleatoria de tiempo e intenta nuevamente iniciar la transmisión.

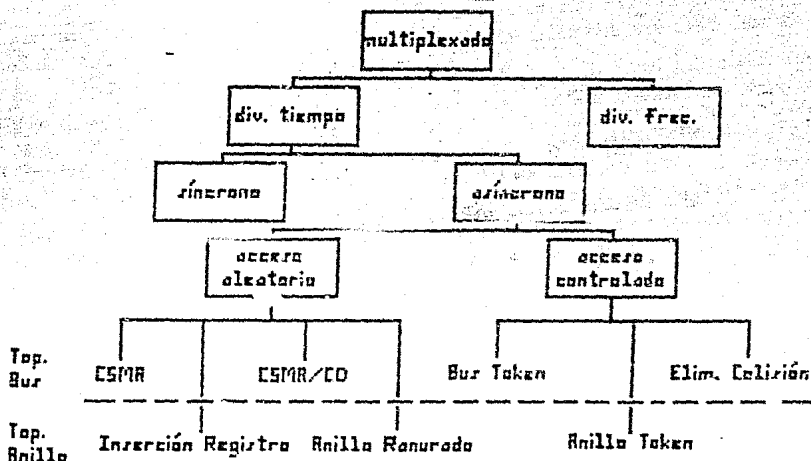


Figura 1.4 Protocolos de control de acceso para LAN's

- b. 1 - *persistente*: La estación continúa sensando el medio hasta que lo encuentra disponible y entonces transmite
- c. *P - persistente*: La estación continúa sensando al medio hasta encontrarlo disponible y entonces transmite con una probabilidad preasignada P , de otra forma espera una cantidad fija de tiempo y lo vuelve a intentar de la misma forma.

Una vez que la estación ha transmitido su mensaje, espera por un reconocimiento para identificar si su mensaje se recibió correctamente o no. Este tiempo de espera debe de tomar en cuenta la propagación máxima de la señal (tiempo que tarda la señal en llegar de una estación a otra en el peor caso) y el hecho de que la estación destino debe también de competir por el medio para responder.

Esta estrategia es efectiva para sistemas en donde el tiempo de transmisión del paquete es mucho mayor que el tiempo de propagación, debido a que las colisiones (conurrencia de dos o más transmisiones) ocurrirán sólo cuando más de un usuario comience a transmitir dentro del período de propagación.

1.5.3.2 Protocolo CSMA/CD para Topología BUS

El protocolo de control de acceso más comúnmente utilizado para una topología de Bus/Arbol es el CSMA/CD, cuya versión original en banda base la tenemos en ETHERNET y la de banda amplia en MITRENET, dos redes locales de gran aceptación.

Este protocolo nos permite superar la eficiencia del protocolo CSMA al solucionar uno de sus grandes desventajas: cuando dos paquetes sufren una colisión el canal permanece sin poder ser usado hasta que termina la transmisión de los dos paquetes dañados. Para paquetes cuyo tamaño es grande comparado con el tiempo de propagación, la cantidad en el ancho de banda desperdiciado es considerable.

En el protocolo CSMA/CD la estación o estaciones que se encuentran transmitiendo no dejarán de sensar el medio adicionandose las siguientes reglas al protocolo CSMA:

- a. Si una colisión es detectada durante una transmisión, ésta es detenida de inmediato y se transmite, durante un breve período de tiempo, una señal de bloqueo para asegurarse de que todas las estaciones se percataron de la colisión.
- b. Después de transmitir esta señal de bloqueo, la estación espera una cantidad aleatoria de tiempo y reintenta transmitir; empleando alguno de los tres algoritmos de persistencia antes mencionados, siendo el más comúnmente usado el de 1 - *persistente*.

Si estas reglas se siguen, el gasto en el uso del ancho de banda se reduce considerablemente al tiempo que se tomó la red para detectar una

colisión. Para un sistema de banda base, el tiempo máximo para que una colisión pueda ser detectada es el doble del tiempo de propagación y para un sistema de banda amplia, éste es de cuatro veces el tiempo de propagación.

1.5.3.3 Protocolos de Eliminación de Colisiones para Topología BUS

Este tipo de protocolos evitan, mediante el uso de algoritmos de identificación de orden, la presencia de colisiones aunque tiene la desventaja de ser menos eficientes que el CSMA/CD por lo que son de menor utilización.

Existen diferentes algoritmos de identificación de orden pero todos ellos coinciden en dividir el tiempo de transmisión en ciclos compuestos de dos partes, la primera en donde se define el orden en que las estaciones transmitirán durante la segunda parte de un ciclo.

1.5.3.4 Protocolo TOKEN para Topología BUS

En la técnica de Bus Token las estaciones conectadas a un bus o árbol forman entre sí un anillo lógico, esto quiere decir que a las estaciones se les ha asignado una posición o secuencia de orden en la que el último miembro es seguido del primero.

Cada estación conoce la identidad de las estaciones que se encuentran antes y después de ella, como lo muestra la Figura 1.5.

Un paquete de control, llamado Token, regula el derecho de acceso de tal forma que cuando una estación lo recibe se le garantiza el control del medio durante un tiempo determinado, durante el cual puede transmitir uno o más paquetes y recibir respuestas de otras estaciones. Cuando la estación ha concluido o el tiempo ha expirado, ésta pasa el token a la siguiente estación en el orden lógico.

Las siguientes son las funciones que deben de realizarse, cuando menos en una estación, para el correcto funcionamiento de esta red:

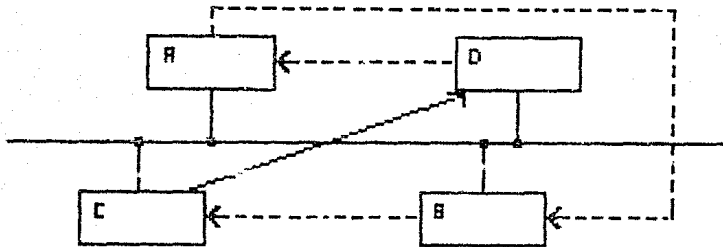


Figura 1.5 Protocolo Bus Taken

- a. Adicionamiento a la red: A una estación que no esté participando se le debe de dar periódicamente la oportunidad de poderse adicionar al anillo lógico.
- b. Darse de baja de la red: Una estación puede darse de baja del anillo lógico uniendo a su predecesor con su sucesor.
- c. Mantenimiento de fallas: Los errores en que pueda incurrir el sistema como lo son la duplicidad de direcciones (dos o más estaciones creen que se trata de su turno) o anillo roto (donde ninguna estación responde cuando se trata de su turno) deben de poderse detectar y corregirse.
- d. Inicialización del anillo. Cuando la red es levantada y comienza a funcionar, se requiere de algún algoritmo descentralizado para ordenar a las estaciones y determinar quién va primero y quien va después hasta formar el anillo lógico.

De lo anterior podemos identificar que la principal desventaja de Bus

Token es su complejidad, la lógica en cada estación excede a la requerida para CSMA/CD. Otra desventaja es el tiempo que una estación debe de esperar para transmitir cuando existe carga de trabajo ligera: hasta que le toque su turno. Por otro lado la principal ventaja de este protocolo es que el tiempo máximo que una estación debe esperar para transmitir un paquete es conocido.

1.5.3.5 Protocolo TOKEN para Topología ANILLO

El Anillo Token (Token Ring), siendo la primera técnica de control de acceso al medio para una topología de anillo, se ha convertido en la actualidad en la más popular (ver Figura 1.6).

Esta técnica se basa en el uso de un pequeño paquete, llamado Token, que circula continuamente alrededor del anillo. Cuando ninguna de las estaciones se encuentra transmitiendo el token se encuentra etiquetado como "libre". Una estación que desea transmitir un paquete espera la llegada del token libre, altera el bit de control para cambiarlo a token "ocupado" y transmite un paquete de información inmediatamente después del token ocupado.

En este momento no existe un token libre en el anillo por lo que las otras estaciones que deseen transmitir tendrán que esperar. El paquete realizará un viaje alrededor del anillo, pasando por la estación receptora hasta llegar a la estación que lo transmitió, donde éste será eliminado. La estación transmisora insertará entonces un token libre en el anillo, de tal forma que la próxima estación con datos a transmitir sea capaz de tomar el token y enviarlos a través del anillo.

Cuando el paquete pasa por la estación receptora, ésta lo copia y altera algunos bits de control, colocando el estatus de la recepción como una forma de reconocimiento para cuando llegue el paquete de regreso a la estación transmisora.

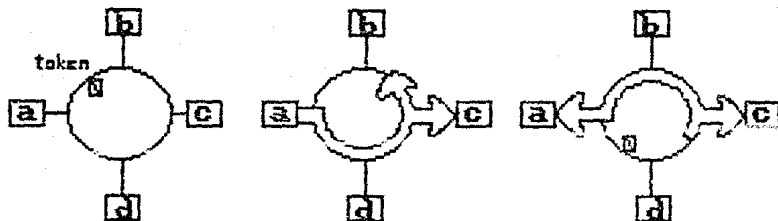


Figura 1.6 Anillo Token

Existen dos condiciones de error que pueden causar que la red deje de funcionar. Uno es la pérdida del token, esto quiere decir que ningún token se encuentre circulando en el anillo, y la otra es la presencia de un token ocupado circulando en la red indefinidamente. Para la solución de estos problemas se recomienda el uso de una de las estaciones como monitor. Este monitor al detectar la pérdida del token, utilizando un esquema de cuenta de tiempo, recuperará el funcionamiento de la red insertando un nuevo token libre. Al detectar, el monitor, que un paquete ha dado dos vueltas sin haber sido cambiado su bit de control, considerará que la estación transmisora ha fallado en eliminar el token y entonces lo hará el mismo.

La técnica de anillo token comparte muchas de las ventajas de la de bus token, siendo probablemente la principal que el tráfico puede ser regulado ya sea permitiendo a la estación que tiene el control del token transmitir más de un paquete o asignando prioridades de tal forma que las estaciones con más alta prioridad puedan reclamar al token primero que las otras.

La principal desventaja de esta técnica es el requerimiento de un monitor que le de mantenimiento al token.

1.5.3.6 Protocolo de INSERCIÓN DE REGISTRO para Topología ANILLO

La estrategia de Inserción de Registro originalmente desarrollada por investigadores de la Universidad del Estado de Ohio es utilizada actualmente entre otras empresas por IBM en sus productos para las Series 31. Esta técnica deriva su nombre del uso de un registro de corrimiento asociado a cada estación, el cual es igual en tamaño al del paquete más grande que pueda ser transmitido. Este registro es utilizado para almacenar temporalmente los paquetes que pasan por la estación. Dentro de la estación, además de este registro, se encuentra también un buffer utilizado para el almacenamiento de los paquetes producidos localmente.

El anillo de inserción de registro puede ser explicado con referencia a la Figura 1.7, la cual nos muestra el registro de corrimiento y el buffer de una estación. Cuando un paquete llega a la estación, éste es insertado bit a bit en el registro de corrimiento moviéndose el apuntador a la izquierda una posición por cada bit que entra.

Si la estación determina que ese paquete no estaba direccionado para ella lo transmite a la línea de salida recorriendo uno a uno los bits de tal forma que al llegar el último de los bits la estación continúa recorriendo los bits hacia afuera hasta que el paquete se ha transmitido en su totalidad. Si ningún paquete adicional llega durante este intervalo el apuntador de entrada regresará a su posición inicial. De lo contrario, si un segundo paquete comienza a recibirse se ira acumulando en el registro conforme el primero se recorre hacia afuera.

Si el segundo paquete tiene como destino la estación en cuestión, ésta puede escoger entre dos alternativas: una es borrar la dirección fuente del paquete y tomar el resto para ella y la otra es retransmitir los datos mientras se van copiando en la estación local.

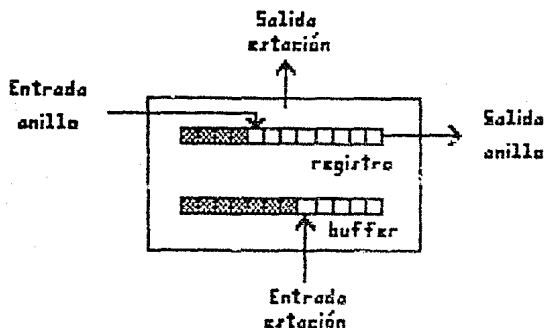


Figura 1.7 Inserción de registro

Cuando la estación tiene datos para ser transmitidos el paquete formado con éstos es colocado en el buffer de salida. Si la línea se encuentra inactiva y el registro de corrimiento se encuentra vacío, el paquete puede ser transferido de inmediato al registro de corrimiento, ajustando al apuntador de inicio de registro, iniciándose la transmisión.

La principal ventaja del registro de inserción es la de contar con la mejor utilización del anillo que cualesquiera de los otros métodos antes mencionados, debido a que una estación puede comenzar a transmitir en el momento en que el anillo esté inactivo en su localidad, de tal forma que varios paquetes pueden estar transmitiéndose al mismo tiempo.

La principal desventaja de este método es la necesidad de un complicado mecanismo para la eliminación de paquetes, ya que al permitirse varios de éstos al mismo tiempo en el anillo, es indispensable reconocer la dirección de un paquete antes de que éste pueda ser eliminado. Si la dirección se encuentra dañada, este paquete puede circular indefinidamente. Una posible solución es el uso de un código de detección de errores en el campo de dirección.

1.5.3.7 Protocolo de RANURACION para Topología ANILLO

La técnica de Anillo Ranurado (Slotted Ring), desarrollada inicialmente por Pierce en la Universidad de Cambridge de Inglaterra es utilizada actualmente en una versión comercial llamada Anillo Cambridge.

En este anillo existe un número de ranuras, de una longitud fija de bits, que circulan continuamente en el anillo cada una conteniendo un bit inicial que es utilizado para designarla como vacía o llena. Al iniciarse el funcionamiento de la red todas las ranuras son marcadas como vacías. Una estación que desea transmitir espera hasta que una ranura vacía llegue a ella y marcándola como llena le inserta un paquete de datos. Esta estación no podrá transmitir otro paquete sino hasta que la ranura inicial regrese conteniendo en sus bits de control el estatus de la recepción, los cuales fueron modificados por la estación destino para indicar si el paquete fue recibido o no.

La principal desventaja de esta técnica es su desperdicio del ancho de banda debido, por un lado a que una ranura contiene normalmente más bits de control que bits de datos y por otro lado a que como una estación sólo puede transmitir un paquete por cada ciclo (viaje redondo de una ranura); cuando solamente una estación desea transmitir las demás ranuras se encontrarán vacías.

La principal ventaja del anillo ranurado parece ser su simplicidad y confiabilidad debido a que la interacción con el anillo en cada nodo es minimizada.

1.6 APLICACIONES Y FUTURO DE LAS LAN'S

En nuestros días existe una gran variedad de aplicaciones proporcionadas por la utilización de LAN's, en donde casi todas éstas tienen que ver con el uso compartido de información. Dichas aplicaciones van desde servir como un simple procesador de palabras hasta la utilización de bases de datos distribuidas. Entre éstas tenemos: Procesadores de Texto, Correo Electrónico, Servicio de Mensajería, Transferencia de Archivos y Facsimil.

En la actualidad, no podemos negar que el desarrollo de los sistemas de información está transformando aceleradamente el trabajo de oficina, así como el comportamiento de la vida humana en general.

Dentro de los nuevos sistemas de información se puede observar que la tecnología de LAN's está jugando un papel muy importante y que además dicho papel se ha visto acrecentado con el desarrollo de las telecomunicaciones.

Algunos autores suponen que dentro de poco tiempo, una computadora personal tendrá la misma capacidad de almacenamiento que el de una computadora grande. Por esta razón, tales autores consideran que los grandes sistemas de cómputo se verán reemplazados por un conjunto de LAN's interconectadas entre sí, proporcionando el procesamiento de información que se logra tener ahora con un sistema grande.

Otra razón por la cual se considera que el futuro de las LAN's es promisorio es el de que existen muchas empresas que cuentan con varias computadoras personales, las cuales al no poder adquirir un sistema de cómputo grande tienen en la utilización de una LAN un medio adecuado para resolver sus problemas de procesamiento de información.

Otra razón y tal vez la de mayor importancia, por la cual el futuro de las LAN's es prometedor se debe al gran auge que está teniendo el procesamiento distribuido y para el cual la utilización de las LAN's representa una opción a tomarse en cuenta, dado que la estructura de una LAN proporciona los elementos esenciales para que exista procesamiento distribuido.

1.7 PRODUCTOS DE LAN'S EN EL MERCADO

En un inicio, la falta de control en cuanto al aspecto de la estandarización provocó la proliferación de un sin fin de arquitecturas de LAN's.

Actualmente varios de los productos que se comercializan son diseñados bajo un estándar, aunque esto no es una regla general, por lo cual el tratar de realizar una clasificación de ellos es una tarea ardua.

.En la Tabla 1.3 se exponen los productos comerciales más importantes de LAN's existentes en el mercado junto con sus características fundamentales, clasificadas en función a su topología en: topología tipo anillo y topología tipo no anillo.

Tabla 1.3 Productos de LAN's en el Mercado
(Productos de Topología Anillo)

LAN	Distribuidor	Arquitectura Medio/ Tam. Paquete	Tasa Trans / No. Estaciones	Medio Trans	Rango
CometNet Ring	Comet Computers Ltd	Slota Circulando/ 40 Bps/Paq	10 Mbps / 256 (8 Bps)	Par Trenzados	≤ 500ms entre estaciones
Data Ring	Toktec Ltd	Slota Circulando/ 40 Bps/Paq	10 Mbps / 256 (8 Bps)	Par Trenzados	No Especificado
Polynet	Logica VTC Ltd	Slota Circulando/ 32 a 40 Bps/Paq	10 Mbps / 256 (8 Bps)	Tres pares Trenzados	≤ 100ms entre estaciones
TransRing 2000	SEEL	Slota Circulando/ 32 a 40 Bps/Paq	10 Mbps / 256 (8 Bps)	Don pares Trenzados	No Especificado
Planet	Racet-Mago Ltd	Slota Circulando/ 42 Bps/Paq	10 Mbps / 256 (8 Bps)	Cable Coaxial Dual	No Especificado
SLIK	Heater (GII) Ltd	Inversión Ring/ 32-120 Bps/Paq	16.800 Mbps / 1050	Cable Coaxial 75Ω	200ms
Xinet Xbus	Xinetics Ltd	Slota Circulando/ 256 Bps/Paq	1 Mbps / 4095	10 Pares Trenzados	No Especificado
DOMAIN	Apollo Computer	Token Passing / No Especificado	12 Mbps / No Especificado	Coaxial	1000ms Entre Nodos
ODH-1	Sycon Ltd	TDM (Controlador central y 15 esclavos)	500 Kbps / 18	Fibra Optica	25x40ms Entre Estaciones
ClearWay	Real Time Development Ltd	Analog a la de Inserción de Registros	3.5 Kbauds / 80	Cable Coaxial	500ms
MultLink	HSDEL	No Especificado	19.2 Kbauds / 125	Par Trenzado	≤ 1Kms
Pronet	Proton Associates Inc	Token Passing / Variable	10 Mbps / 255	Par Trenzado Fibra Optica o Coaxial	≤ 1Kms

Tabla 1.3 Productos de LAN's en el Mercado (Continuación)
(Productos de Topología NO-Anillo)

LAN	Distribuidor	Acceso al Medio/ Tem. Paquete	Tasa Trans. / No. Estaciones	Medio Trans.	Rango
Cluster/ One	Zynar Ltd/ Nestar Systems	CSMA/CD	0.25 Mbps / 64	Grupo de 16 Cables Multicables	300m
Hinet	Extel / Modata Ltd/ DM Inc.	TDM (SOLC)	0.25 Mbps / 32	Dos Pares Trenzados	300m
Omninet	Ken Comp. Ltd. / Corvus Sys.	CSMA	1 Mbps / 64	Par Trenzado	1200m
Z-Net	Zilog Ltd/ Zilog Inc/ Thump Sys.	CSMA/CD	0.8 Mbps / 255	Cable Coaxial	2000m
Econet	Acorn Computers Ltd.	CSMA/CD	0.21 Kbps / 255	Dos Pares Trenzados	1000m
Ethernet	USC / Xerox Corp/ Intel Corp.	CSMA/CD	10 Mbps / 1024	Cable Coaxial	2700m
Hyperbus	Tesdata / NSC	CSMA/CD	6.312 Mbps / 128 BAJs (4 est./DUI)	Cable Coaxial	700m
Net/One	Thame Sys/ Lingermann Beas Inc.	CSMA/CD	4 Mbps / 250 Systems	Cable Coaxial	1200m
LocalNet	NTL / Sytex Inc.	CSMA/CD	120*128 Kbps o 5*2 Mbps / 24000 (8.8 Kbps)	Cable Coaxial	50Km
WangNet	Wang (UK/ Wang Labs. Inc.	CSMA/CD	12 Mbps / 65000 Disp.	Cable Coaxial Dual	No Especificado

Tabla 1.3 Productos de LAN's en el Mercado (Continuación)
 (Productos de Topología NO-Anillo)

LAN	Distribuidor	Acceso al Medio/ Tam. Paquete	Tasa Trans. / No. Estaciones	Medio Trans.	Rango
VideoData	Interactive Sys. Inc./ 3M Corp.	TDM (Autopop)	12.06 Kbps / 2000 Sistemas	Cable Coaxial	10Kms
BIS	Philips Data Sys.	Token Passing	4 Mbps / 1024 Univ.	Cable Coaxial	No Especificado
HYPÉR - Channel	TesData / NSC	CSMA/CD Con Prioridades	50 Mbps / 64 por Tronco	4 Troncos Coaxial	300ms
LCN	CDL / CDC	Prioridades Rotantes	50 Mbps / 25 por Tronco	4 Troncos Coaxial	No Especificado
UBits	Amecor Div. IBM Sys.	CSMA	45 - 160 Mbps/ 121	19 Pares Trenzados	No Especificado
IDX-3000	M/A-COM Linkab Corp.	TDM	393 Mbps/ 3072	Par Trenzado	1800ms

Capítulo 2

ESTANDARES PARA REDES LOCALES

2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

El esfuerzo de normalización internacional comenzó a principios de este siglo con la creación de la Comisión Internacional Electrotécnica (CEI) en 1906. Esta organización estudió todas las actividades relacionadas a la normalización internacional de la electrónica y la electrotecnología, aunque otro número importante de organizaciones también ha contribuido a dicho esfuerzo.

Los miembros de la CEI son los comités nacionales más representativos de todos los sectores de la industria eléctrica y electrónica de esos países, esto involucra a los fabricantes, autoridades gubernamentales y asociaciones profesionales.

En 1947 se creó la Organización Internacional de Estándares (ISO), la cual comenzó a trabajar en las normas técnicas y no técnicas de todas las áreas que no cubría el CEI. Debido al traslape de varias áreas, se estableció un acuerdo entre ISO y CEI para crear un sistema que cubriera todo el campo de la normalización internacional.

En 1977 ISO reconoció la urgente necesidad para estandarizar las redes de información y decidió crear un nuevo subcomité dedicado a la "Interconexión de Sistemas Abiertos" (SC16).

El desarrollo inicial de redes de computadoras fue fomentado por redes experimentales como ARPANET y CYCLADES, seguidos inmediatamente por los fabricantes de computadoras. Mientras las redes experimentales eran concebidas como redes heterogéneas desde su principio, cada uno de los fabricantes desarrolló su propio conjunto de convenciones para interconectar su propio equipo, refiriéndose a esto como su "Arquitectura de Red".

Pronto surgió la necesidad de interconectar sistemas de diferentes fabricantes, topándose con el principal problema de que todos o casi todos los sistemas eran incompatibles entre sí, por lo cual no podían ser conectados. En el mejor de los casos se lograban conectar dos sistemas de diferentes fabricantes haciendo grandes esfuerzos y con limitadas funciones.

Por estas razones, ISO se decidió por la creación del subcomité SC16 con el objeto de presentar los estándares requeridos para la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), donde el término "Abierto" fue elegido para enfatizar la facultad que, según los estándares internacionales, tiene un sistema de permitir su conexión a todos los demás sistemas que cumplan dichos estándares.

La primera reunión de SC16 se sostuvo en marzo de 1978 y la discusión inicial reveló la creación de una arquitectura en capas o estratos, la cual satisfaga la mayor parte de los requerimientos de OSI y con la capacidad de expandirse posteriormente cuando surgan nuevos requerimientos. El SC16 decidió dar la más alta prioridad al desarrollo de un modelo estándar de arquitectura, el cual constituya la base para el desarrollo de protocolos estándares. Después de menos de 18 meses de discusiones, esta tarea fue concluida y el modelo de arquitectura de ISO, llamado "Modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos", fue transmitido al comité técnico en Procesamiento de Datos (TC97) junto con las recomendaciones para iniciar oficialmente un número de proyectos para el desarrollo de un conjunto inicial de protocolos estándares para OSI. Estas recomendaciones fueron adoptadas por TC97, a fines de 1979, como la base para seguir el desarrollo de los estándares para ISO/OSI. El modelo de referencia de OSI también fue reconocido por el Grupo de Concordancia en Servicios de Redes de Datos Públicas del CCITT.

En la actualidad existen varios comités que intentan desarrollar una amplia industria de estándares para redes locales, como el Comité de la Sociedad en Redes Locales de Computadoras del IEEE (Proyecto 802) que se reunió a fines de 1980 con el propósito de acomodar diversos requisitos funcionales y áreas de aplicación, siguiendo el modelo de referencia propuesto por ISO.

2.2 MODELO DE REFERENCIA PARA LA INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS DE LA ORGANIZACION INTERNACIONAL DE ESTANDARES (ISO/OSI)

Los actuales sistemas de computación cuentan con diversos productos de software que han surgido en capas o estratos. Cada una de estas capas está relacionada con una función específica y fueron adicionandose como un intento para incrementar la utilidad y facilitar el uso de las máquinas, así como para introducir la modularidad de funciones dividiendo los complicados conjuntos de funciones en capas discretas.

Del mismo modo, en un sistema de comunicación de datos, como resulta ser una red de computadoras, es necesario dividir en capas funcionales y más manejables todas las funciones que constituyen dicho sistema. Las principales ventajas que presenta una arquitectura en capas son las siguientes:

- a. Cualquier capa puede ser modificada sin afectar a las demás.
- b. La modularidad permitida por la división en capas simplifica todo el diseño.
- c. Diferentes capas pueden ser asignadas a diferentes comités de estándares o a diferentes equipos de diseño.
- d. Diferentes mecanismos fundamentales pueden ser sustituidos sin afectar más que a una capa.
- e. Equipos diferentes pueden conectarse sin dificultad a una misma capa.
- f. Las relaciones entre las diferentes funciones de control pueden ser mejor entendidas cuando están divididas en capas.
- g. Comúnmente los servicios de los niveles más bajos pueden ser compartidos por diferentes usuarios en los niveles más altos.

- h.** Las funciones, especialmente en las capas más bajas, pueden implantarse a través de hardware o microcódigo.

Las principales desventajas que presenta una arquitectura en capas son las siguientes:

- a.** El Overhead total es un poco más alto.
- b.** Las máquinas en comunicación pueden tener que realizar ciertas funciones fuera del nivel donde se encuentren conectadas.
- c.** Para hacer a cada capa útil por sí misma existen algunas pequeñas duplicaciones de funciones entre las capas.
- d.** Como la tecnología cambia, las funciones pueden no tener el mejor grado de eficiencia costo en alguna capa.

En general se observa que las ventajas que ofrece una arquitectura en capas son mayores que las desventajas que pudieran surgir. Por estas razones, el modelo propuesto por ISO está basado en una división de funciones por capas y es un primer paso hacia la estandarización internacional en el diseño de arquitecturas para las LAN's.

2.2.1 Justificación de las siete capas del modelo ISO/OSI

ISO determinó un número de principios a considerar para definir el conjunto específico de capas en la arquitectura de OSI y aplicó estos principios para llegar a las siete capas de la arquitectura para OSI. A continuación se mencionan cuales fueron estos principios:

- a.** No crear tantas capas que dificulten la tarea de la ingeniería de sistemas para describirlas e integrarlas.
- b.** Crear un punto límite en donde la descripción de servicios pueda ser pequeña y el número de interacciones a través de los límites sea mínima.

- c. Crear capas separadas para manejar funciones con las cuales se manifiesten las diferencias en el proceso de funcionamiento o en la tecnología involucrada.
- d. Coleccionar funciones similares en una misma capa.
- e. Seleccionar límites en un punto el cual, en experiencias pasadas, haya demostrado ser exitoso.
- f. Crear una capa de fácil localización de funciones tal que la capa pueda ser totalmente rediseñada y sus protocolos sean cambiados de la mejor forma, para tomar ventaja de los nuevos avances en tecnología de arquitectura de redes, sin cambiar los servicios e interfaces con las capas adyacentes.
- g. Crear un límite donde pueda ser de utilidad tener la interface estandarizada correspondiente.
- h. Crear una capa cuando exista la necesidad para un diferente nivel de abstracción en el manejo de los datos.
- i. Permitir cambios de funciones o protocolos en una capa sin necesidad de afectar otras capas.
- j. Crear para cada capa interfaces únicamente con su capa superior e inferior.
- k. Crear el agrupamiento y organización de funciones para formar subcapas en casos donde sean necesarios distintos servicios de comunicación.
- l. Crear una capa donde se necesiten dos o más subcapas con un mínimo de funcionalidad que permita la operación de la interface con capas adyacentes.

USUARIO

Capa de Aplicación
Capa de Presentación
Capa de Sesión
Capa de Transporte
Capa de Red
Capa Enlace de Datos
Capa Física

Figura 2.1 Modelo de Referencia propuesto por la Organización Internacional de Estándares para la Interconexión de Sistemas Abiertos (ISO/OSI)

El resultado de los estudios realizados por este subcomité dió como resultado una arquitectura de red con 7 capas como lo muestra la Figura 2.1.

2.2.2 Descripción de las capas del modelo

A continuación se describe cada una de las capas del modelo ISO/OSI, mostrado en la Figura 2.1:

- a. **Capa Física:** La capa física proporciona las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para establecer, mantener y liberar las conexiones físicas entre entidades de enlace de datos.
- b. **Capa de Enlace de Datos:** El propósito de esta capa es el de proporcionar los medios funcionales y de procedimiento para establecer, mantener y liberar los enlaces de datos entre entidades de red.

- c. **Capa de Red:** La capa de red provee los medios funcionales y de procedimiento para cambiar las unidades de servicio de datos de la red entre dos entidades de transporte sobre una conexión en la red. Esto proporciona a las entidades de transporte con independencia de las consideraciones de enrutamiento y conmutación.
- d. **Capa de Transporte:** La capa de transporte existe para proporcionar un servicio de transporte universal en asociación con los servicios proporcionados por las capas más altas. Esta capa proporciona una transferencia de datos transparente entre entidades de sesión. Se requiere para optimizar el uso de los servicios de comunicaciones disponibles y proveer el funcionamiento requerido para cada corrección entre entidades de sesión a un costo mínimo.
- e. **Capa de Sesión:** Su propósito es el de dar asistencia en el soporte de las interacciones entre entidades de presentación que estén comunicándose. Para hacer ésto la capa de sesión proporciona diversos servicios, los cuales son clasificados en las siguientes categorías:
 - i. Enlazando dos entidades de presentación en una relación y desenlazandolas. Esto se llama servicio de administración de la sesión.
 - ii. Controlando el cambio de datos, delimitando y sincronizando las operaciones de datos entre entidades de presentación. Esto es llamado servicio de diálogo de la sesión.
- f. **Capa de Presentación:** El propósito de esta capa es el de proporcionar el conjunto de servicios los cuales puedan ser seleccionados por la capa de aplicación para permitir interpretar el significado de los datos intercambiados. Estos servicios existen para el manejo de intercambio de registros, el despliegue y el control de la estructura de los datos.
- g. **Capa de Aplicación:** Los protocolos de esta capa sirven directamente al usuario final para proporcionarle el apropiado servicio de Información

distribuida para una aplicación, su manejo y el del sistema. El funcionamiento de OSI comprende aquellas funciones requeridas para inicializar, mantener, terminar y grabar los datos concernientes al establecimiento de conexiones para la transferencia de datos entre procesos de aplicación. Las otras capas únicamente existen para soportar a esta capa.

2.3 MODELO DE LAN DEL PROYECTO 802 DE LA IEEE

El informe del modelo de LAN del Proyecto 802 se muestra en la Figura 2.2. En él se observará que existen pequeñas diferencias con respecto a la estructura del modelo ISO/OSI. La capa física, la cual se representa en ISO por el equipo de comunicación de datos, está dividida en dos subcapas.

La necesidad de ISO/OSI para controlar el enlace de datos se satisface completamente a través del protocolo HDLC; en el Proyecto 802 esta necesidad es satisfecha por medio de dos subcapas.

En ISO/OSI la capa de red se divide en dos subcapas: la más baja de enrutamiento y la más alta la de circuito virtual. En el proyecto 802, el Datagrama sustituye al circuito virtual. Para identificar la diferencia básica, debemos notar que en una organización con circuito virtual, este tiene la responsabilidad de liberar correctamente los paquetes de información remanentes en la red. Por el contrario, con un Datagrama la estación destino es la responsable de realizar esta tarea. Esto simplifica la arquitectura de la red y hace que el aprovechamiento del diseño del software de la estación sea más sencillo, también presupone estaciones inteligentes tales como computadoras personales.

El proyecto 802 definió cuatro tipos de tecnologías de LAN's :

- a. Contención utilizando CSMA/CD
- b. Bus Token
- c. Anillo Token (Token Ring)
- d. Anillo Ranurado (Slotted Ring)

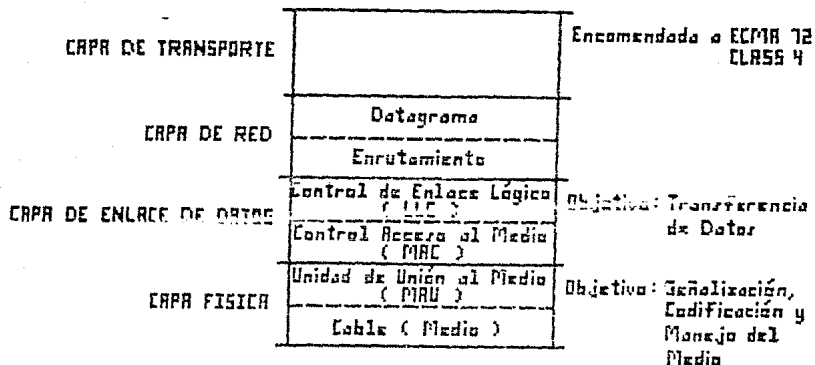


Figura 2.2 Modelo de Arquitectura de una LAN propuesta por el Proyecto 802 de la IEEE

Donde las cuatro tecnologías de acceso al medio difieren entre sí, pero el protocolo de control de enlace lógico es común a los cuatro, como puede observarse en la Figura 2.3.

Para que un dispositivo cumpla con los estándares debe cubrir todos los requisitos señalados en él. Por la misma razón, la unidad de acceso al medio de transmisión debe proporcionar todas las funciones de un modo estándar, operando en una o más de las tasas estándares de datos, tener una unidad de acceso estándar como interface y también tener una de las interfaces al medio estándar.

Para tener compatibilidad entre los dispositivos en comunicación los estándares deben existir para cada uno de los protocolos de las capas. El objetivo del proyecto 802 cubre únicamente las capas 1 y 2 del modelo de ISO/OSI. Los protocolos estándares de las capas más altas pueden ser aplicables siguiendo el modelo de ISO.

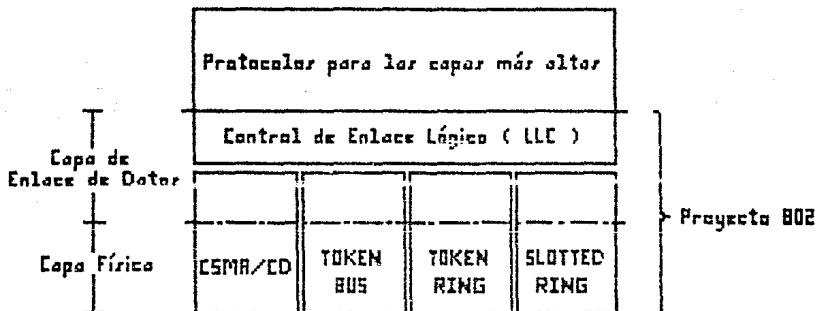


Figura 2.3 Tipos de tecnologías de LAN's definidas por el Proyecto 802

Capítulo 3

EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE LAN'S

3.1 INTRODUCCION

La evaluación del desempeño es una actividad esencial en todas las ramas de la ingeniería. Cualquier sistema que se esté diseñando debe satisfacer ciertas especificaciones de desempeño preasignadas. Diversas metodologías de diseño y procedimientos de evaluación son utilizados por los diseñadores para obtener sistemas que cumplan dichas especificaciones.

La naturaleza de las especificaciones de desempeño varían dependiendo del tipo de sistema que se trate y el punto de vista del evaluador. Todo sistema tiene una función (o conjunto de funciones) a realizar. Así, la condición más importante es la de satisfacer aquellas funciones para que el sistema se desempeñe correctamente.

Las especificaciones de desempeño se refieren a qué tan bien un sistema está realizando estas funciones. La elección de los requerimientos de desempeño usualmente son más subjetivas que las especificaciones de un correcto funcionamiento.

La diferencia entre correcto funcionamiento y desempeño de un sistema a menudo no es muy severa, ya que un correcto funcionamiento puede ser visto como uno de los aspectos del desempeño. Sin embargo, utilizaremos el término "Desempeño" para indicar qué tan bien está trabajando un sistema, asumiendo que está funcionando correctamente.

De acuerdo a lo anterior, puede interpretarse al desempeño como aquello que hace que un sistema sea de valor para sus usuarios. El desempeño sólo es uno de los aspectos importantes en la valuación de un sistema, el otro es el costo. Las decisiones concernientes a los sistemas, como decisiones de diseño, de implantación, de adquisición o de modificación, casi siempre son dictadas por ambas consideraciones.

3.2 OBJETIVOS DE UN ESTUDIO DE EVALUACION

Los objetivos de un estudio de evaluación dependerán principalmente de lo que el evaluador desee investigar con respecto al sistema en cuestión, así como en la forma en que dicho estudio se desee realizar. Básicamente estos objetivos estarán enfocados a:

- a. Investigar la confiabilidad del sistema.
- b. Predecir el comportamiento y desempeño del sistema, para diferentes combinaciones de factores cualitativos y cuantitativos relevantes del propio sistema.
- c. Formular posibles criterios alternos del desempeño del sistema, basado en el uso de cambios óptimos entre los diferentes factores que afectan el desempeño del sistema.

Sean cuales sean los objetivos de un estudio de evaluación, deben de ser clara y cuidadosamente expresados al inicio del estudio.

3.3 FASES DE UN ESTUDIO DE EVALUACION

Es útil hacer una distinción entre estudio de evaluación de desempeño y actividades de monitoreo continuo. Aunque la duración de ambos aspectos están limitadas, dado que el tiempo de vida de un sistema es finito, el monitoreo continuo usualmente se realiza para una parte substancial del tiempo de vida de un sistema ya existente. Su objetivo es el de guardar información acerca del desempeño del sistema bajo observación para detectar cualquier problema tan pronto como se presente. Un estudio de evaluación generalmente es mucho más limitado en tiempo, no siempre requiere que el sistema exista y usualmente se origina por la identificación de un problema o la suposición de su presencia.

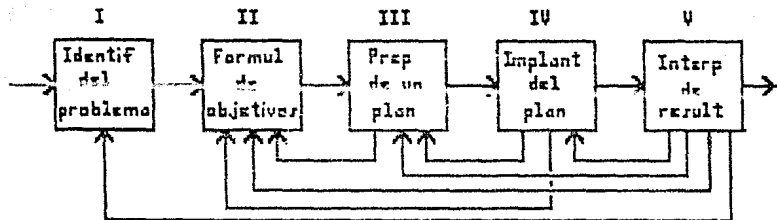


Figura 3.1 Fases de un estudio de evaluación de desempeño

Las actividades que constituyen un estudio de evaluación pueden ser agrupadas en cinco fases, mostradas en la Figura 3.1; en ella también se muestran algunas de las posibles trayectorias a seguir durante el estudio de evaluación.

Las fases II y III deben incluir una estimación cuidadosa del costo involucrado y los posibles beneficios del estudio. Cada decisión que se haga acerca de los objetivos y recursos será investigado en el estudio tomando en cuenta el criterio de Beneficio/Costo. Predecir con algún grado de confianza los beneficios que pueden resultar de un estudio de evaluación es sumamente difícil, mucho más que el predecir su costo.

Durante la fase II tiene que elegirse un conjunto adecuado de índices de desempeño. Las fases III, IV y parte de la V del estudio serán vistas como parte del procedimiento iterativo que forma la base del método científico: Formulación de una Hipótesis, Prueba de la Hipótesis y , si la prueba no es

satisfactoria, una Modificación de la Hipótesis. En una evaluación de desempeño una hipótesis no siempre se probará experimentalmente. Sin embargo, en la verificación experimental permanece el último criterio para la certidumbre.

3.4 CLASIFICACION DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION

Los estudios de evaluación pueden ser clasificados de acuerdo a sus objetivos. Tal vez la clasificación más popular es aquella que divide a los estudios en tres categorías:

- a. Estudios de Selección: Los estudios de selección pueden definirse como aquellos que se encargan de determinar, de entre las diferentes alternativas disponibles, la alternativa más conveniente para una aplicación dada.
- b. Estudios de Mejoramiento: Los estudios de mejoramiento son los concernientes a las modificaciones que se harán a un sistema existente para incrementar su desempeño o disminuir su costo o ambos aspectos.
- c. Estudios de Diseño: Los estudios de diseño son aquellos que pretenden responder a las cuestiones que surgen en el diseño de un sistema o de los componentes de un sistema.

3.5 INDICES DE DESEMPEÑO

El concepto de desempeño, como ya vimos es un concepto subjetivo. Esto permite que personas diferentes tiendan a utilizar diferentes índices de desempeño en los sistemas. Un índice de desempeño es un indicador que es usado para representar el desempeño de un sistema o de alguno de sus aspectos.

Estos índices, si son definidos cuidadosamente, serán el objetivo de las mediciones de algunos de los aspectos de desempeño de un sistema. La Tabla

3.1 muestra las clases más populares de índices de desempeño cuantitativos para un sistema de computación.

Tabla 3.1 Principales Índices Cuantitativos de Desempeño en Sistemas Computacionales

Clase de Índice	Ejemplos de Índices	Definición
de Productividad	<ul style="list-style-type: none"> - Tasa de Throughput - Tasa de Producción - Capacidad (Tasa Máxima de Throughput) - Tasa de Instrucciones Ejecutadas - Tasa de Datos Procesados 	Volumen de información procesada por el sistema en la unidad de tiempo
de Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de Respuesta - Tiempo de Turnaround - Tiempo de Reacción 	Tiempo entre la presentación de una entrada al sistema y la aparición de la salida correspondiente
de Utilización	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización del Módulo de Hardware - Utilización del Sistema Operativo - Utilización del Módulo de Software Público - Utilización de la Base de Datos 	Relación entre el tiempo en que una parte específica del sistema es utilizada durante un intervalo de tiempo dado y la duración de dicho intervalo

Diferentes índices de desempeño describen aspectos diferentes del comportamiento del sistema, por lo que generalmente no son independientes.

Un estudio de evaluación puede considerar índices de desempeño secundarios además de los primarios. Los índices primarios son aquellos en los cuales el evaluador está realmente interesado en conocer. Las especificaciones de desempeño usualmente están expresadas en términos de los índices primarios. Estos índices varían con el tipo de sistema, el evaluador y el pro-

blema que se desee estudiar. Dependiendo de las circunstancias, se puede hacer énfasis en unos o en otros, pero todos los tipos de índices siempre juegan un papel importante en la evaluación de un sistema. Así, los objetivos estarán enfocados a determinado tipo de índices, pero dándole una adecuada atención a los otros.

Índices secundarios usualmente son sugeridos por el mismo estudio. Sus valores pueden ser útiles en la detección de síntomas de ineficiencia o en encontrar pistas acerca de las causas de éstas.

La evaluación de los índices de desempeño se puede obtener a través de la medición de diversos parámetros del sistema. Los parámetros que sean elegidos para este fin dependerán básicamente de lo que se desee estudiar.

Tabla 3.2 Principales Parámetros que Intervienen
en la Medida del Desempeño de una LAN

- . Carga de Trabajo en el Sistema
- . Velocidad de Transmisión
- . Tasa de Error en la Transmisión
- . Capacidad del Medio de Transmisión
- . Número de Estaciones del Sistema
- . Retardo de Propagación (en cada uno de los dispositivos de la red)
- . Longitud del Medio de Transmisión
- . Longitud del Paquete de Transmisión

Los índices de desempeño de un sistema dependerán de un número de parámetros que se consideren. Los parámetros que influyen considerablemente en los valores de un índice de desempeño dado son llamados factores. Algunos factores son llamados cuantitativos (como la demanda de tiempo de CPU de un job que constituye una cierta carga de trabajo) y otros son llamados no

cuantitativos (como la política de scheduling usada por el CPU).

Entre los principales parámetros que intervienen en la medida de los índices de desempeño de una LAN tenemos los mostrados en la Tabla 3.2.

3.6 TECNICAS DE EVALUACION

3.6.1 Clasificación de las Técnicas de Evaluación

Un estudio de evaluación siempre intentara responder las cuestiones relacionadas con el desempeño de un sistema. Por lo que, el evaluador tiene que reunir información del desempeño del sistema. Típicamente esta información consiste de los valores de los índices de desempeño del sistema bajo una determinada carga de trabajo. Los métodos a través de los cuales podemos obtener esta información son llamados "Técnicas de Evaluación". Las técnicas conocidas pueden clasificarse de varias maneras. La más popular de ellas es la que clasifica a las técnicas de evaluación en:

- a. Técnicas de Medición
- b. Técnicas de Modelado

Las Técnicas de Medición obtienen la información que requieren para evaluar el desempeño de un sistema directamente del sistema a través de la medición de algunos de sus parámetros.

Las Técnicas de Modelado se basan en la representación del sistema a través de la elaboración de un modelo conceptual el cual represente el comportamiento del sistema. Dentro de estas técnicas tenemos a las Técnicas de Simulación (basadas en modelos experimentales) y las Técnicas Analíticas (basadas en modelos matemáticos).

3.6.2 Técnicas de Medición

En la fase de planeación de un estudio de evaluación una de las decl-

siones a tomar es la concerniente con la técnica de evaluación a ser usada. Si se selecciona una técnica empírica, los objetivos más importantes de la fase de planeación consisten en:

- a. Decidir que se medirá
- b. Seleccionar la herramienta de medición
- c. Diseñar los experimentos y estimar su costo

En la fase de implantación del plan, los experimentos son ejecutados y los datos son recolectados y almacenados. Finalmente los datos son analizados por el evaluador en la fase de interpretación de los resultados.

Cualquier experimento de medición puede verse como si estuviera basado en la caracterización conceptual de la entrada-salida del sistema a ser medido. Este modelo conceptual es del tipo de respuesta a un estímulo. Esto es, se determina cual es la entrada que se desea para estudiar el desempeño del sistema, se introduce al sistema y se miden los parámetros que se hayan escogido para poder estudiar el comportamiento del sistema. Posteriormente dichos datos recolectados son analizados para poder concluir los estudios de evaluación.

Las herramientas de medición generalmente miden los parámetros del sistema a través de la detección de eventos. Un evento es cualquier cambio en el sistema o en la carga de trabajo en la cual el evaluador está interesado. Tales eventos corresponden a las transiciones de estados.

Muchas de estas mediciones son indirectas, dado que sus resultados son obtenidos a través de un proceso de reducción de datos.

La medición de estos eventos puede realizarse en el momento de detección o, si la ocurrencia de cada evento es grabada en algún medio de almacenamiento, se puede realizar posteriormente. Hay que notar que durante el tiempo de detección, los parámetros a medir deben estar disponibles a las herramientas de medición.

Una vez que los índices de desempeño y los parámetros de instalación de nuestro interés han sido especificados, resulta generalmente sencillo el determinar que herramientas serán capaces de detectar los eventos a medir para seleccionar el tipo de herramienta a utilizar.

Cada instrumento o herramienta de medición consiste de tres partes que ejecutan tres funciones distintas: un sensor, cuya tarea es la de sensar la magnitud de la cantidad a ser medida; un transformador, el cual sea capaz de ejecutar la transformación deseada de la información recibida por el sensor; y un indicador, que permita al evaluador leer los resultados de las mediciones.

Las características más importantes de una herramienta de medición son la siguientes:

- a. **Interferencia.** Si una herramienta hace uso de los recursos del sistema, su operación puede interferir con la del sistema y tener una influencia no despreciable en las cantidades a ser medidas. Así, la interferencia puede causar una degradación del sistema y errores en los resultados medidos.
- b. **Exactitud.** La exactitud de una herramienta está en función a la diferencia existente entre los valores recolectados por la herramienta de medición y los valores reales. Existen diversas fuentes de error que pueden causar que los valores medidos de una cantidad difieran del verdadero valor de dicha cantidad.
- c. **Resolución.** Es la máxima frecuencia en la cual un evento puede ser detectado y grabado correctamente.
- d. **Ambito o Alcance.** El ámbito de una herramienta relaciona a las clases de eventos que se pueden detectar. Esta característica puede ser interpretada de varias formas: como describir la flexibilidad de la herramienta, o la amplitud de su dominio de aplicación, o su transportabilidad de sistema a sistema.

- e. **Capacidad de Prereducción.** Es la parte de transformación de una herramienta que puede manipular los datos recolectados. Esta primera reducción puede ser ejecutada antes de almacenar los datos, sirve como un filtro de los datos recolectados. Una herramienta de estas características es llamada herramienta de conteo. Cuando no existe prereducción, se utiliza el término de herramienta de seguimiento.
- f. **Compatibilidad.** La compatibilidad se refiere a varios aspectos del sistema a ser medido. Esta propiedad nos indica que una herramienta debe de tener una interface apropiada al sistema, así como también debe ser compatible con los mecanismos de protección del sistema a medir, para que no influya en los valores a medir.
- g. **Costo.** El costo de la herramienta incluye el precio para su compra, renta o arrendamiento; el precio de su instalación y mantenimiento, el precio del adiestramiento de sus usuarios; así como el costo de su uso.

Es importante que una herramienta de medición sea fácil de instalar y fácil de utilizar.

Con respecto a su naturaleza, las herramientas de medición tradicionalmente son divididas en tres clases: herramientas de hardware, herramientas de software y herramientas de firmware.

- a. **Herramientas de Hardware.** Detectan eventos ocurridos en niveles relativamente microscópicos (por ejemplo la presencia de un voltaje eléctrico).
- b. **Herramientas de Software.** Son definidas como aquellas consistentes de instrucciones las cuales son adicionadas a un sistema de software-hardware para recolectar datos relacionados a su desempeño.
- c. **Herramientas de Firmware.** Son similares en naturaleza y características a las herramientas de software, pero su tiempo-espacio de interferencia (trade-off) tiene diferentes características. Aquí el tiempo es un punto

crítico que debe ser cubierto por la herramienta, mientras que esto rara vez sucede con las herramientas de software.

3.6.3 Técnicas de Simulación

La simulación es una técnica de evaluación la cual, a través de un modelo, representa el comportamiento de un sistema en el dominio del tiempo. La observación en el tiempo del comportamiento del sistema bajo estímulos generados por un modelo de entradas al sistema produce resultados numéricos los cuales serán utilizados en estudios de evaluación. Un modelo adecuado para este propósito es llamado un modelo de simulación o simulador.

Una condición esencial para la aplicabilidad de cualquier modelo es su credibilidad. Los resultados obtenidos al experimentar con un modelo no pueden ser confiables si el modelo no es lo suficientemente seguro. La seguridad de un modelo está definida con respecto a los índices de desempeño seleccionados para el estudio. Los valores resultantes de los índices en los experimentos de simulación deben estar lo suficientemente cercanos a aquellos valores que el sistema simulado produzca bajo las mismas entradas.

Un simulador es visto como un sistema, especialmente cuando reproduce no solo el comportamiento del sistema modelado, sino también su estructura y organización. Cuando estas reglas son usadas, muchas de las relaciones matemáticas existentes entre las variables que pueden ser usadas para describir el sistema pueden permanecer ocultas implícitamente en el modelo como lo están en el sistema.

Algunas veces, el modelo consiste de ecuaciones matemáticas que describen el comportamiento dinámico del sistema. En este caso, la técnica usada puede ser llamada simulación sólo si las ecuaciones son resueltas por un método numérico que siga la evolución de sus soluciones en el dominio del tiempo. Así, el simulador incluye tanto a las ecuaciones como el algoritmo para su solución.

En todos los casos el tiempo de simulación no coincide con el tiempo

real.

Cuando una técnica de simulación es seleccionada por un estudio de evaluación, la fase III (preparación del plan) incluye la formulación y construcción del simulador, su calibración y validación y el diseño de los experimentos de simulación. La interpretación de los resultados de la simulación es ejecutada en la fase V del estudio. Una estimación cuidadosa del costo involucrado (tiempo de programación, tiempo de depuración, costo del computador) es especialmente necesaria en estudios de simulación, la cual a menudo resulta ser muy costosa.

La formulación de un modelo de simulación requiere de un estudio de decisiones. Estas decisiones tendrán un enorme impacto en la construcción del simulador. Muchas de ellas serán dictadas o influenciadas por los objetivos del estudio.

Algunos de los problemas específicos a ser considerados en la formulación del modelo de simulación son:

- a. Grado de Detalle: La elección del grado de detalle tal vez sea el problema más importante ha resolver. Un simulador con mayor detalle comúnmente es más preciso y tiene un campo de aplicación más amplio que uno con menor grado de detalle. Hay que buscar un balance muy delicado y difícil entre los requerimientos del estudio y el costo del simulador.

Un índice ampliamente aceptado para caracterizar el detalle de un simulador es la relación Tiempo-Real-a-Tiempo-Simulado, ésta es la relación entre el tiempo de ejecución del simulador con un conjunto dado de datos de entrada y el tiempo del sistema simulado tomado para procesar la carga de trabajo modelada por estos datos de entrada. Por ejemplo, si se necesita un minuto de tiempo de computadora para simular tres minutos del tiempo del sistema simulado, la relación que caracteriza al simulador es 1:3.

Otro índice, tal vez más significativo, es la resolución del simulador. La

resolución del simulador puede ser definida como el intervalo de tiempo simulado entre dos eventos consecutivos a considerar. La resolución en espacio es la pieza de información más pequeña tratada por el simulador, por ejemplo una palabra, una página, una rutina o un job.

- b. **Flexibilidad:** Construir un simulador flexible es la única manera conveniente para manejar el problema de los impredecibles que pueden surgir en un estudio de evaluación. La otra alternativa es construir un simulador tan detallado que cuide todos los problemas que pudieran surgir. Un simulador flexible siempre será capaz de acomodar fácilmente los cambios requeridos por el proceso de calibración, así como aquellos cambios reflejados por el sistema y las modificaciones de la carga de trabajo.
- c. **Lenguaje:** La elección del lenguaje a ser utilizado para implantar el simulador, es de gran influencia en su costo, dado que afecta su tiempo de programación y de depuración, su tiempo de ejecución, mantenimiento, legibilidad y transportabilidad.
- d. **Estructura del Modelo:** Existen varios tipos de modelos para un sistema de computadora. La elección del modelo del sistema influye en la carga de trabajo del modelo y viceversa. Estas elecciones a menudo se ven afectadas, o a veces determinadas, por la elección del lenguaje.
- e. **Variables:** Las variables de salida de un simulador corresponden a los índices de desempeño primarios y secundarios seleccionados para el estudio. Las variables de entrada, las de salida y las internas serán seleccionadas de acuerdo al grado de detalle de las distintas secciones del simulador.
- f. **Experimentos:** Los requerimientos esperados de los experimentos a ser ejecutados con el simulador, deberán de ser apropiadamente atendidos al momento en que el modelo sea construido. El simulador tiene que ser construido para permitir recolectar los datos necesarios durante la ejecución del simulador.

Una de las preguntas fundamentales que surge cuando se utiliza una técnica de modelado, es ¿Qué tan bien el modelo representa al sistema modelado? Sólo una respuesta satisfactoria a esta pregunta puede dar a los resultados de un estudio, basado en una técnica de modelado, la credibilidad necesaria.

Podemos decir que un modelo es lo suficientemente preciso, si los valores de los índices generados por el simulador difieren de aquellos que son generados por el sistema modelado, dentro de un máximo de errores. Cuando la precisión del modelo no es satisfactoria, el modelo debe ser modificado y el proceso de verificación repetido. Esta operación es llamada Calibración. Existen tres tipos de modificaciones que pueden hacerse a un simulador para calibrarlo:

- a. Cambios Generales: Por ejemplo adicionar rutinas al simulador o modificar ciertas rutinas del simulador.
- b. Cambios Locales: Por ejemplo reemplazar en el modelo algunos componentes con equivalencias externas.
- c. Cambios de Algunos Parámetros Especiales, llamado calibración de parámetros.

Para calibrar un modelo podemos seguir una metodología de calibración en forma iterativa, como lo muestra la Figura 3.2. En ella podemos apreciar que se comparan los resultados que se obtienen del modelo simulado, bajo determinadas condiciones de trabajo, contra los resultados que produce el sistema bajo las mismas condiciones de trabajo. Entonces, en base a un criterio de calibración, decidiremos si el modelo simula el comportamiento del sistema de manera aceptable. En caso de no cumplir con dicho criterio, habrá que hacer las modificaciones necesarias al modelo (o a las condiciones de trabajo) y volver a repetir este procedimiento las veces que sean necesarias, hasta que se pueda decir que el modelo del sistema es válido o aceptable.

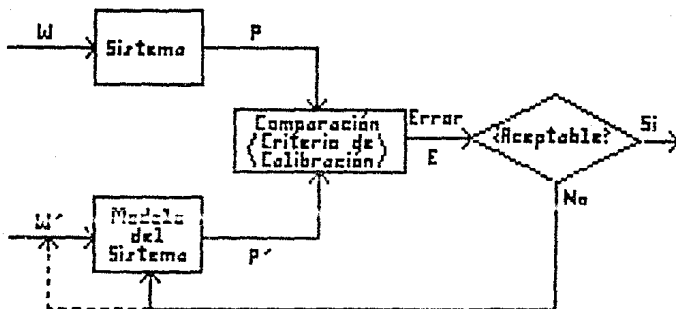


Figura 3.2 Metodología de Calibración y Validación para un Modelada por Simulación

Dados ciertos requerimientos de precisión en términos del error máximo aceptable, diremos que un modelo es válido para alguna condición de entrada si satisface los requerimientos cuando sus variables de entrada corresponden a esa condición. El dominio de validez de un modelo es el conjunto de condiciones de entrada en la cual el modelo es válido. Por supuesto, el tamaño del dominio depende de que tan estrictos sean los requerimientos de precisión.

Un experimento consiste del conjunto de pruebas de simulación ejecutadas para obtener respuesta a las preguntas que surgen en un estudio de evaluación. Un estudio puede requerir muchos experimentos, y un experimento puede consistir de un número de sesiones o corridas. Durante una sesión o corrida, los datos del comportamiento del sistema son recolectados, así como de su carga de trabajo. Así, la duración de una sesión dependerá del número de observaciones a realizar.

Los principales problemas que surgen en el diseño de los experimentos

Son:

- a. La Identificación de los Factores: Generalmente, ésta es una tarea muy difícil de realizar. En esta tarea de identificación, el investigador tiene que recurrir a sus experiencias pasadas, a su conocimiento del sistema o a su intuición. Para facilitar esta tarea podemos dividir a los factores en factores primarios (los que son de interés para el estudio) y factores secundarios (los que indirectamente y de alguna forma ayudan a realizar el estudio). Además, hay que considerar que existen factores controlables (aquellos cuyos valores pueden ser elegidos por el experimentador) y factores observables (aquellos que sólo pueden ser medidos durante el experimento).

- b. La Selección de los Niveles de Cada Sesión: Teniendo identificados a los factores a ser controlados, sus niveles o valores deben ser seleccionados. Estos niveles deberán cubrir adecuadamente el rango de variabilidad de los factores. Algunas veces, el número de niveles a considerar para un factor está limitado por los objetivos del experimento.

Una vez identificados los factores a medir en el experimento y seleccionado los niveles de cada uno de ellos, hay que determinar la duración del experimento. Este tiempo algunas veces es dictado por el diseño seleccionado, otras veces, esta duración es en sí misma uno de los índices de desempeño a medir o está directamente relacionado a un índice.

3.6.4 Técnicas Analíticas

Un modelo para la evaluación del desempeño de un sistema será analítico si dicho modelo es resuelto por una técnica diferente a la de simulación.

La fase de planeación del estudio analítico consiste de las siguientes operaciones principales:

- a. Formulación del modelo.
- b. Solución del modelo.
- c. Validación y calibración del modelo.

Estas operaciones son análogas a las de un estudio de simulación. Primero, un modelo del sistema y de su carga de trabajo será diseñado y construido. Entonces, mientras el modelo de simulación debe ejecutarse, el modelo analítico debe resolverse ya sea en forma simbólica o en forma numérica, para obtener los resultados deseados.

Algunas veces es posible utilizar un modelo ya existente, cuyas soluciones simbólicas o gráficas sean conocidas. En este caso, los resultados pueden obtenerse por una simple introducción al modelo de los valores de los parámetros de entrada que caracterizan a nuestro sistema.

Para que los resultados de un estudio de modelado sean confiables, la precisión del modelo debe ser verificada, y si es necesario hacerla aceptable por medio de la calibración y la validación. Para comparar la exactitud del modelo se puede hacer lo mismo que se hizo con el modelo de simulación.

Un modelo es preciso para una condición específica de entrada si produce valores de los parámetros de desempeño suficientemente cercanos a aquellos valores producidos por el sistema bajo la misma condición de entrada. Por esta razón, deben definirse los errores máximos tolerables en los parámetros de desempeño, de modo que pueda decirse que el modelo es válido bajo una cierta condición de entrada si los requerimientos de precisión expresados en términos de estos errores son satisfechos.

La calibración es la verificación de la validez de un modelo bajo un número limitado de condiciones de entrada, seguida si es necesario de la modificación del modelo para hacer su precisión aceptable. Si es posible, esta verificación se hará comparando las salidas del modelo con datos medidos. La operación de calibración siempre deberá hacerse antes de utilizar el modelo en un estudio de evaluación.

Un modelo analítico puede arrojar soluciones exactas (cuando se trata de un modelo determinístico) o soluciones con un cierto grado de confiabilidad y exactitud (cuando se trata de modelos probabilísticos), dependiendo de lo complicado que se haga el enfoque matemático del sistema.

Capítulo 4

PROTOCOLO CSMA/CD

4.1 INTRODUCCION

El método de acceso al medio CSMA/CD para una topología Bus, descrito a nivel genérico en el Capítulo 1, ha tenido un gran desarrollo a partir de su surgimiento como una mejora a su antecesor, el protocolo CSMA.

El desarrollo pionero que sirvió como base para la estandarización del método de acceso al medio CSMA/CD fue la red ETHERNET. La primera especificación de ETHERNET, fue un documento de referencia para el diseño. El contenido de este documento se puede resumir en tres puntos principales:

- a. Una descripción global de ETHERNET.
- b. Una descripción de la estructura de ETHERNET en términos de un modelo funcional consistente de dos capas o estratos: La capa de enlace de Datos y la capa Física.
- c. La descripción a detalle de las dos capas mencionadas.

Una de las aportaciones más importantes de este documento fue el establecer las características que se debían cumplir en una LAN para que pueda ser considerada dentro de este escrito. Claramente se establecen las características de las dos capas más bajas de esta red, que permiten la fácil integración de varios dispositivos.

A partir de las especificaciones de la red Ethernet, se desarrolló el estándar CSMA/CD que se encuentra contemplado dentro de las dos principales organizaciones de estandarización: ISO e IEEE con sus estándares OSI/DIS 8802 y Proyecto 802.3 respectivamente. Actualmente existen varias implantaciones comerciales importantes basados en este estándar, razón por la cual, un estudio que permita determinar el desempeño de este tipo de red es de gran utilidad.

Las siguientes tres secciones describen, a mayor detalle, una LAN con protocolo CSMA/CD, basándose en el estándar 802.3 de la IEEE. La primera

de éstas describe los componentes básicos de la red; la segunda y tercera describen las especificaciones de las capas de Enlace de Datos y Física, respectivamente.

4.2 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

En el estándar 802.3 de la IEEE podemos identificar los componentes básicos que conforman a una LAN de topología bus y protocolo de acceso al medio CSMA/CD.

Cada uno de estos componentes son considerados como unidades con funciones específicas y que, interconectados en una forma apropiada, permiten la configuración de un sistema que realiza las funciones de una red de comunicación, como lo muestra la Figura 4.1

A continuación se describen los componentes identificados en el estándar:

- a. **Componente terminal del cable coaxial:** Este dispositivo es conectado a los extremos del medio de transmisión (cable coaxial), con el objeto de minimizar las reflexiones de la señal en estos puntos.
- b. **Cable coaxial troncal:** Este componente es el medio de transmisión por el cual compiten todas las estaciones para efectuar una transmisión de información a través de él.
- c. **Conector al cable coxial (Tap):** Este dispositivo permite la conexión al medio de transmisión (cable coaxial), minimizando la interferencia y manteniendo un nivel aceptable de carga capacitiva.
- d. **Cable de unión del MAU con el Tap:** Este cable permite la conexión física del MAU con el tap, considerando que su longitud no debe ser mayor a 30cm.

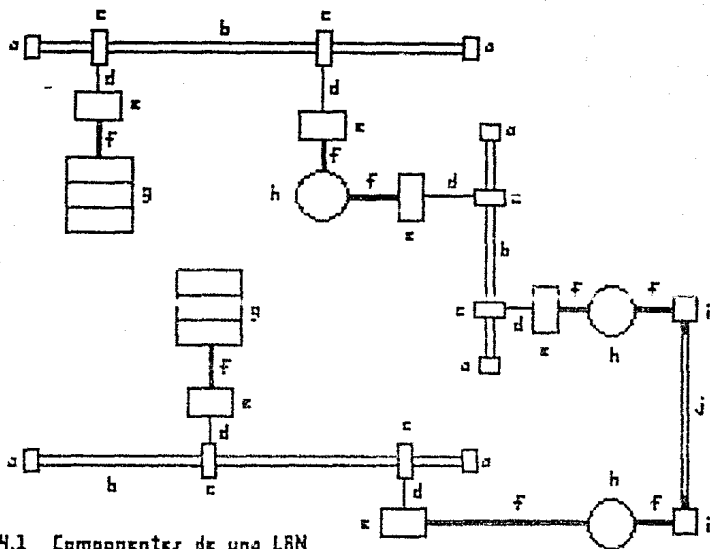


Figura 4.1 Componentes de una LAN

- e. --- Unidad del Medio Físico (PMA): Este dispositivo realiza la función principal de acoplador al medio, controlando la recepción y envío de señales previamente codificadas del o hacia el medio. Este dispositivo también realiza la función de detección de la concurrencia en la transmisión de dos o más señales (Colisión).
- f. Cable de Interface de Unión (AUI): Este cable nos permite la conexión del MAU con el equipo terminal de datos (DTE). Se trata de un conjunto de cinco pares trenzados blindados que permiten al DTE poder ser instalado a cierta distancia del medio de transmisión proporcionando mayor flexibilidad a la configuración. La longitud máxima de este cable es de 50m.
- g. Equipo Terminal de Datos (DTE): Este dispositivo es el controlador de comunicaciones de cada estación donde se realizan funciones como: la formación de los paquetes para su transmisión, el control de la trans-

misión y la recepción, la identificación de paquetes, la detección de errores en la recepción y manejo de colisiones, y en general todas aquellas funciones que permitan a una estación llevar un control distribuido de acceso al medio de transmisión.

- h. Unidad Repetidora: Esta unidad es utilizada para extender la longitud de la red, permitiendo la conexión de dos cables coaxiales troncales o la unión de un cable coaxial troncal con un segmento de liga.
- i. Transductor de enlace punto a punto: Este dispositivo realiza la función de conectar un repetidor a través de un cable AUI con un segmento de liga proporcionando amplificación y adecuación de la señal para su transmisión por este medio.
- j. Segmento de Liga: Este cable permite la interconexión punto a punto de dos cables troncales a gran distancia contribuyendo de esta forma a dar mayor flexibilidad al diseño de la configuración de la red.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LA CAPA DE ENLACE DE DATOS

Dentro de la capa de Enlace de Datos (DLC) se contemplan dos subcapas constitutivas: la subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC) y la subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC). La subcapa de Control de Enlace Lógico es la parte superior de la capa de control de enlace de datos y es común para los diversos métodos de acceso que son definidos en el estándar 802. Estándares independientes definen cada método acceso al medio e indican las características y funciones de la subcapa de MAC.

En este estándar se incluye una descripción de las especificaciones de las interfaces que han de mediar entre la subcapa LLC y la capa de Red, la subcapa LLC y la subcapa MAC, y la subcapa MAC y la capa de Control de Enlace Físico. En la especificación de la interface LLC-Red, se da una descripción de los varios servicios que la subcapa LLC, conjuntamente con las capas y subcapas inferiores, ofrecen a la capa de red. Esta descripción se da en forma de primitivas, que presentan de una forma abstracta el intercambio

lógico de información y control entre la subcapa LLC y la función de servicio de que se trate (función para la capa de Red, para la subcapa MAC o para la administración de la subcapa LLC).

La especificación de la subcapa LLC se realiza con el fin de definir los servicios que presta. Los servicios que una capa (o subcapa) presta, son las capacidades que ofrece a la capa (o subcapa) próxima superior. Para poder prestar estos servicios tiene un grupo de funciones definidas y construidas en base a los servicios aportados por capas y subcapas inferiores.

Cada servicio es descrito a través de primitivas de servicio y parámetros. Un servicio tiene uno o más parámetros los cuales constituyen la actividad de la interface. Cada primitiva de servicio puede o no tener parámetros.

Las primitivas son de tres tipos:

- a. REQUEST - La primitiva es enviada desde una capa superior hacia una capa (o subcapa) inferior para solicitar el inicio del servicio.
- b. INDICATION - Esta primitiva es enviada desde una capa inferior a una capa superior para indicar que un evento interno de una capa inferior es importante para una capa superior. Este evento puede estar relacionado con una solicitud de servicio remoto o puede ser causado por un evento interno dirigido a las capas superiores.
- c. CONFIRM - Esta primitiva es enviada desde una capa inferior hacia una capa superior para comunicar los resultados de una o más solicitudes de servicio previo. Puede indicar una falla o nivel de complicación.

4.3.1 Interface entre la Capa de Red y la Subcapa LLC

Para permitir el intercambio de paquetes entre entidades remotas de la capa de Red, se establecen los siguientes tipos de servicios:

- a. **Servicios de Conexión Sin Reconocimiento.**
Es un servicio de transferencia de datos por medio del cual entidades de la capa de red pueden intercambiar unidades de datos del servicio de enlace (LSDU) sin establecer una conexión al nivel de enlace de datos.
- b. **Servicios Orientados a la Conexión.**
Este grupo de servicios da los medios para establecer, utilizar, recomenzar y terminar conexiones en la capa de enlace de datos, utilizándose para ésto conexiones punto-a-punto entre varios puntos de acceso al servicio en la capa de enlace de datos (LSAP's).

4.3.2 Unidad de Datos de Protocolo de la Subcapa LLC

La estructura de la Unidad de Datos de Protocolo (PDU) de la subcapa LLC para el sistema de comunicaciones usando procedimientos orientados a la transmisión de bits, está definida de la forma siguiente:

DSAP	SSAP	CONTROL	INFORMACION
8 bits	8bits	8 ó 16 bits	8 + m bits

Donde:

- DSAP: Campo de la dirección del punto destino de acceso al servicio.
- SSAP: Campo de dirección del punto fuente de acceso al servicio.
- Campo de CONTROL: Utilizado para designar funciones de comando y de respuesta. Este campo se detallará al describir los elementos de procedimientos.
- Campo de INFORMACION: Esta compuesto de m (cero o más) bytes, dependiendo del método de control de acceso al medio utilizado.

4.3.3 Procedimientos de la Subcapa LLC

En general existen dos tipos de operaciones para la comunicación de datos entre puntos de acceso al servicio:

a. Operación Tipo 1

En este tipo de operación los PDU's son intercambiados entre LLC's sin la necesidad de establecer una conexión de enlace de datos.

b. Operación Tipo 2

Con las operaciones de tipo 2 una conexión de enlace de datos deberá ser establecida entre dos LLC's para permitir el intercambio de información por medio de PDU's. Con este tipo de operación el control de tráfico entre la fuente y el destino será efectuado a través de un esquema numerado de tipo cíclico dentro de un módulo de 128 y medido en términos de PDU's.

Procedimientos de este tipo son aplicables a conexiones de enlace de datos balanceadas. Una conexión de enlace de datos balanceada envuelve dos LLC's participantes. Para propósitos de control, cada LLC deberá asumir la responsabilidad de la organización de su flujo de datos y las operaciones de recuperación de errores de enlace. Cada LLC debe ser capaz de enviar y recibir PDU's de comando y respuesta.

Existen dos clases de LLC. La clase I que soporta operaciones de tipo 1, y la clase II que soporta operaciones de tipo 1 y 2. Lo anterior implica que toda LAN, bajo este estándar, debe tener la capacidad de realizar operaciones de tipo 1.

4.3.4 Elementos de Procedimientos de la Subcapa LLC

En esta sección se especifican los elementos para la comunicación de datos utilizando la estructura PDU's de LLC.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-16
PDU FORMATO I	0								Pf	NCR)
PDU FORMATO S	1	0	0	0	X	X	X	X	Pf	NCR)
PDU FORMATO U	1	1	M	M	Pf	M	M	M		

Figura 4.2 Formatos de las Unidades de Datos

Estos elementos de procedimientos son definidos en término de las acciones que ocurrirán en el LLC en la recepción de comandos en un enlace lógico de datos (tipo 1) y una conexión de enlace de datos. Cada elemento de procedimiento es utilizado solo para uno de los dos tipos de operaciones.

Tres formatos son definidos para el campo de control (ver Figura 4.2) usados para la transferencia numerada de información (FORMATO I), transferencia numerada de supervisión (FORMATO S) y transferencia NO numerada de información (FORMATO U).

El FORMATO-I es utilizado para procesar la transferencia de información numerada con operaciones de tipo 2.

El FORMATO-S es utilizado para efectuar supervisión en el enlace de datos y funciones de control en operaciones de tipo 2 como: reconocimiento del FORMATO-I, solicitud de transmisión del FORMATO-I, solicitud de suspensión temporal de transmisión de PDU's FORMATO-I.

El FORMATO-U es de tipo NO numerado y es usado en operaciones de tipo 1 y 2 dependiendo del comando utilizado.

4.3.5 Interface LLC-MAC

Esta interface permite a la subcapa LLC el intercambio de unidades de datos con otras subcapas LLC conectadas a la red a través de la Subcapa MAC. Por medio de esta interface, la subcapa MAC es colocada en un estado conocido controlado por la subcapa LLC.

Esta interface se controla a través de las siguientes primitivas:

- a. MA_DATA.request
Esta primitiva define la transferencia de datos de una subcapa LLC local hacia otra en algún otro nodo o nodos en el caso de direcciones grupales.
- b. MA_DATA.confirm
Esta primitiva tiene un significado local y provee una respuesta a la subcapa LLC debida a la primitiva MA_DATA.request, indicando el éxito o fracaso de la petición.
- c. MA_DATA.indication
Esta primitiva define la transferencia de datos de la subcapa MAC hacia la subcapa LLC.

4.3.5.1 Estructura del FRAME

El FRAME es una estructura de datos que nos sirve como unidad de transmisión. Estas unidades de datos son formadas en la subcapa MAC y transmitidas a través de las capas inferiores del protocolo.

El FRAME esta compuesto por ocho campos:

- a. Preámbulo.- Este es un campo de *7bytes* que se utilizan para permitir a la capa de Generación de Señal Física (PLS) sincronizarse con la señal de entrada.
- b. Delimitador de Inicio del FRAME.- Este delimitador está formado por un

byte con la secuencia 10101011. Nos sirve para identificar el inicio del FRAME.

- c. Direcciones.- El FRAME contiene dos direcciones: Destino y Fuente, para indicar el destino y procedencia del mensaje. Cada campo de dirección puede ser de 16 ó 48bits.
- d. Longitud.- Este campo nos indica el número de bytes contenidos en el campo de datos. Si este valor es menor al requerido para el correcto funcionamiento del protocolo se adiciona al frame un campo de relleno (PAD) al final del campo de datos.
- e. Datos y Relleno.- El campo de datos y relleno contiene una secuencia arbitraria de datos de N bytes. La longitud del campo de datos y relleno es un múltiplo de 8 y está dada por :

$$\text{MAX}[0, \text{Tamaño.Mínimo.FRAME} - (8 * N + 2 * \text{Tamaño.Dirección} + 48)] \text{ bits}$$

La longitud máxima posible de un campo de datos es:

$$\text{Tamaño.Máximo.FRAME} - (2 * \text{Tamaño.Dirección} + 48) / 8 \text{ bytes}$$

- f. Secuencia de Verificación del FRAME.- Una verificación de redundancia cíclica (CRC) es utilizada para los algoritmos de transmisión y recepción. Este campo consta de 32bits y se calcula tomando en cuenta el contenido de los campos: Dirección Fuente, Dirección Destino, Longitud, Datos y Relleno.

Un FRAME se considera inválido cuando cumple cuando menos una de las siguientes condiciones:

- i. La longitud del FRAME es inconsistente con el campo de Longitud.
- ii. La longitud no es múltiplo de 8.

- iii. Los bits que forman el frame no generan un valor de CRC igual al recibido.

4.3.6 Subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC)

Esta subcapa en conjunto con la subcapa LLC conforman la capa de Enlace de Datos definido en el modelo OSI. Esta subcapa permite la independencia de una terminal de datos (DTE) del medio.

Las funciones realizadas en esta capa se agrupan en dos tipos:

- a. Encapsulamiento de Datos
 - i. Formación del FRAME
 - ii. Direccionamiento
 - iii. Detección de errores
- b. Manejo de Acceso al Medio
 - i. Reservación del medio
 - ii. Resolución de colisiones

Dentro de esta subcapa las funciones de transmisión y recepción son independientes.

Cuando una subcapa LLC solicita la transmisión de un FRAME, el componente de encapsulamiento de datos de transmisión se encarga de construir el FRAME con los datos y la dirección destino proporcionados por la LLC. Una vez formado el FRAME es entregado al manejador de acceso al medio para su transmisión. El manejador intenta evitar colisión al monitorear constantemente la señal que indica que el medio está ocupado. Cuando el medio se encuentra libre el FRAME se transmite. Cuando la transmisión ha terminado sin colisión, la subcapa MAC informa a la subcapa LLC, por medio de una primitiva de indicación, el resultado de esta operación y espera por una nueva primitiva de solicitud de transmisión.

En la recepción, cuando las capas inferiores del protocolo han detectado un FRAME, éste es enviado a la subcapa MAC donde los primeros bits son descartados por el manejador de recepción hasta el delimitador del FRAME. Una vez que el manejador recibe la señal de que la recepción ha concluido envía los bytes recibidos para su proceso por el encapsulador de datos de recepción, el cual decide si la dirección del FRAME corresponde a la estación. Si el código de CRC y la longitud del FRAME son correctas se envían los datos al LLC.

En caso de que varias estaciones intenten transmitir al mismo tiempo, es posible que surgan interferencias entre ellas, llamadas colisiones. Una estación determinada puede experimentar una colisión durante la parte inicial de su transmisión, antes de que la señal transmitida haya tenido tiempo para propagarse a todas las estaciones de la red. Una vez que este tiempo ha transcurrido se dice que esa estación tiene derecho total sobre el medio de transmisión. Este tiempo de adquisición está dado en función del tiempo de propagación del medio de transmisión.

Cuando una colisión es detectada se notifica al manejador de transmisión de la subcapa MAC, el cual suspende la transmisión y envía un mensaje (JAM) para asegurarse que todas las estaciones se percaten de que hubo una colisión. La transmisión es diferida hasta después de un intervalo de tiempo seleccionado aleatoriamente. Cuando se trata de la recepción de un mensaje que sufre colisión éste es descartado por el manejador de recepción del MAC.

El siguiente resumen de las capacidades funcionales de la subcapa MAC es a su vez una guía de las capacidades del estándar:

- a. Para transmisión de FRAMES.
 - i. Aceptar datos de la subcapa LLC y construcción de un FRAME.
 - ii. Enviar una serie de bits a la Capa Física para transmitirlos en el medio.

- b. Para recepción de FRAMES.
 - i. Recibir una serie de bits de la Capa Física.
 - ii. Presentar a la subcapa LLC los FRAMES que son direccionados a esa estación.
 - iii. Descartar los FRAMES no direccionados a esa estación.

- c. Diferir la transmisión de una serie de bits cuando el medio físico se encuentre ocupado.

- d. Adicionar valores válidos de CRC a los FRAMES a transmitir y verificar la estructura del FRAME.

- e. Verificar el CRC y la estructura de los FRAMES recibidos para determinar errores de transmisión.

- f. Diferir la transmisión de un FRAME un tiempo, para permitir que las estaciones de la red estén listas para la recepción de un nuevo FRAME.

- g. Abortar la transmisión cuando se detecte una colisión.

- h. Retransmitir después de una colisión tantas veces como esté especificado.

- i. Enviar un mensaje (JAM) para asegurarse que todas las estaciones se percaten de que hubo una colisión.

- j. Descartar las transmisiones recibidas cuya longitud no cumpla el mínimo especificado.

- k. Estructurar el FRAME de transmisión para ser enviado a las capas inferiores.

- l. Obtener el mensaje de los FRAMES recibidos.

4.4 DESCRIPCION DE LA CAPA FISICA

Las funciones de la capa Física son realizadas en conjunto por el medio de transmisión y tres subcapas: Unidad Generadora de Señal Física (PLS), Unidad de Interface de Unión (AUI) y la Unidad de Unión al Medio (MAU).

4.4.1 Interface MAC-PLS

Esta interface define la comunicación entre la capa Física y la de Enlace, permitiendo a la subcapa MAC intercambiar bits de datos con otras MAC's conectadas a la red a través de la subcapa PLS. Esta comunicación entre subcapa y subcapa se controla a través de dos tipos de primitivas: primitivas que soportan interacciones entre MAC-MAC y primitivas de significado local.

4.4.2 Subcapa de Generación de Señal Física (PLS)

Esta subcapa se encarga de la codificación de las señales a ser transmitidas así como de controlar a la Unidad de Interface de Unión (AUI) por medio de la cual el Equipo Terminal de Datos (DTE) es independiente del medio de transmisión utilizado.

Las funciones realizadas en esta subcapa son:

- a. **Función de Inicialización e Identificación:** Esta función es realizada cuando el equipo es prendido y nos sirve para colocar a la subcapa MAC en un estado conocido e identificarla.
- b. **Función de Modo:** El MAU puede funcionar en el modo normal donde el DTE tiene una conexión directa con el medio y puede transmitir información o en el modo monitor donde las transmisiones son aisladas del medio y la estación sólo funciona como un monitor del medio.
- c. **Función de Salida:** Efectua la tarea de condicionar al MAU para la recepción de mensajes provenientes de la capa MAC y controlar el envío de éstos.

- d. **Función de Entrada:** Efectua la tarea de transferir datos del MAU a la subcapa MAC.
- e. **Función de Sensado de Error:** Se encarga de enviar un mensaje a la subcapa MAC cada vez que cambia el estado del canal de colisión a no_colisión y viceversa.
- f. **Función de Identificación de la Portadora:** Esta función se encarga de enviar un mensaje a la subcapa MAC indicando si el medio se encuentra libre o no.

4.4.3 Unidad de Interface de Unión (AUI)

La subcapa PLS en el DTE está conectada a la subcapa MAU a través de la interface de unión (AUI); permitiendo por un lado que el DTE pueda ser instalado a cierta distancia del medio (50m máximo), dando de esta forma flexibilidad al diseño de la configuración. Por otro lado, permite que el DTE sea independiente del tipo de medio de transmisión.

Esta interface consiste de cuatro circuitos diferenciales, dos de los cuales nos sirven para la transmisión de datos codificados y los otros dos para la transmisión de información de control codificada.

Para la codificación de las señales de datos se utiliza la codificación Manchester que es un mecanismo que combina la señal de datos con la señal de reloj para formar "símbolos de bits" (ver Figura 4.3).

La condición de IDL es utilizada como una señal codificada que comienza siempre con un nivel alto y no tiene ninguna transición durante dos períodos de reloj.

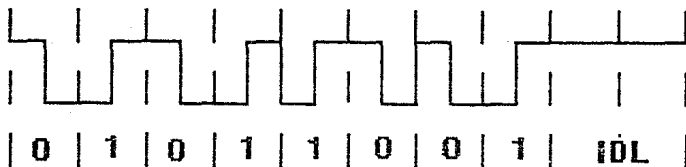


Figura 4.3 Características de la señal

La codificación de la señal de control se hace utilizando un mecanismo más simple: los símbolos codificados son CS0, CS1 y IDL. La señal CS0 es una señal de frecuencia igual a la duración de un bit (BR), la señal CS1 tiene una frecuencia de BR/2 y la señal de IDL se codifica en este caso igual a la señal de IDL de la codificación de datos.

La conexión física entre el PLS y el MAU se realiza a través de un cable de interface (cable AUI) compuesto de cinco pares de alambres trenzados blindados, cuatro de los cuales nos sirven para la transmisión de las señales generadas por los circuitos de datos y de control y el quinto para la alimentación de voltaje al MAU.

4.4.4 Unidad de Unión al Medio (MAU)

La unidad de unión al medio tiene las siguientes características generales:

- a. Permite el acoplamiento de la subcapa PLS a través del AUI hacia el sistema de transmisión coaxial de banda base o medio.
- b. Soporta el tráfico de mensajes a una tasa de 10Mbps.

- c. Proporciona la amplificación suficiente para lograr una comunicación de hasta 500m de longitud en el cable coaxial troncal sin necesidad de repetidor.
- d. Permite al DTE probar al MAU y al medio de transmisión.

Esta unidad de unión se encuentra formada por tres circuitos básicos (ver Figura 4.4): un circuito de sensado de la entrada, un circuito identificador de colisión y un circuito amplificador y acoplador de las señales a introducir en el medio.

El componente MAU provee los medios por los que las señales de los cuatro circuitos de la interface AUI son acoplados a la línea de señal de banda base del cable coaxial único a través de un cable de unión no mayor a 30cm.

La recomendación para la señal a ser transmitida en el medio es: un componente de offset que puede variar de $-37mA$ hasta $-45mA$ y un componente de AC de $\pm 28mA$.

4.4.5 Cable Coaxial Troncal

El cable troncal de construcción coaxial, que nos sirve como medio de transmisión, debe de cumplir con las siguientes características: impedancia constante de $50 \pm 2\Omega$, atenuación de extremo a extremo no mayor a $8.5dB$ y una velocidad mínima de propagación de $0.77c$ (c = velocidad de la luz).

4.4.6 Componente Terminal del Cable Coaxial

Este dispositivo es colocado en los extremos del cable coaxial y es utilizado para proveer una impedancia terminal igual en su valor a la impedancia característica del cable, minimizando de esta forma las reflexiones en los extremos del cable. La impedancia de estos dispositivos debe ser $50 \pm 1\Omega$ para una velocidad de transmisión de 0 a $20MHz$. La potencia de este dispositivo debe ser como mínimo de $1Watt$.

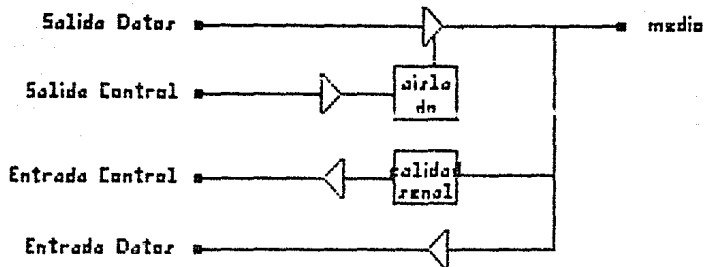


Figura 4.4 Modelo del MAU

4.4.7 Unidad Repetidora

Los repetidores son utilizados para extender la longitud de la red, así como su configuración más allá de los límites que marca un segmento coaxial único. Estos repetidores se conectan al segmento coaxial a través de un AUI y MAU permitiendo la interconexión de éste con otro segmento coaxial o con un segmento de liga (ver Figura 4.5).

La principal función del repetidor es la de amplificar y proporcionar simetría a las señales que lo llegan por ambos extremos presentándola en el lado contrario con las características requeridas para su identificación en las estaciones de trabajo.

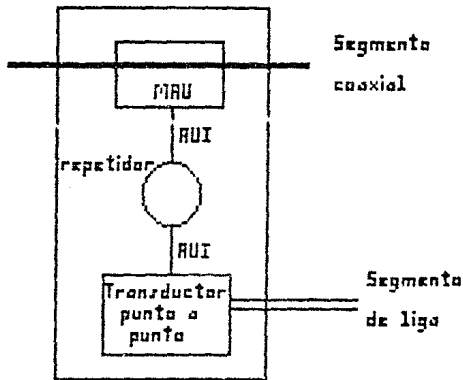


Figura 4.5 Unidad repetidora

4.4.8 Consideraciones del Sistema

Debido a las limitaciones físicas de los componentes de la red existen algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta al momento del diseño de una configuración. A continuación detallamos una lista de las configuraciones máximas admisibles por este estándar:

- a. Un cable coaxial troncal con su dispositivo terminal constituye un segmento coaxial. Un segmento coaxial puede contener un máximo de 500 m de cable coaxial y un máximo de 100 MAU's conectadas a él. La velocidad de propagación del cable coaxial se asume de $0.77c$ como mínima. El retraso máximo de propagación de extremo a extremo para un segmento coaxial es de $2165 n.s.$
- b. Una enlace punto a punto de repetidor a repetidor constituye un segmento de liga. Un segmento de liga puede contener un retraso máximo

de propagación de extremo a extremo de 2570ns. No está permitido conectar estaciones de trabajo a un segmento de liga.

- c. Los conjuntos repetidores son necesarios para la interconexión de 2 segmentos, pudiendose conectar en cualquier posición de un segmento coaxial, pero solamente al final de un segmento de liga.
- d. La trayectoria de transmisión máxima permitida entre dos estaciones cualesquiera es de cinco segmentos, cuatro repetidores, dos MAU's y dos AUI's. De los cinco segmentos un máximo de tres pueden ser segmentos coaxiales y el resto segmentos de liga.
- e. Si el cable se segmenta se sugiere que estos segmentos se calculen de tal forma que la discontinuidad no se adhiera en fase. Esto se logra utilizando longitudes que sean un múltiplo non de la longitud de onda del cable.
- f. La posición en que un MAU es conectado al cable coaxial debe de controlarse de tal forma que las reflexiones no se sumen en fase lograndose ésto, al espaciar una conexión de otra con un mínimo de 2.5m.

4.5 USOS Y APLICACIONES

Existen varias implantaciones prácticas que utilizan el protocolo de acceso al medio CSMA/CD. Entre las más importantes se encuentran: ETHERNET, DECnet, Z-Net, Econet y Cluster-One. A continuación se citan cada una de estas redes con sus características más importantes.

4.5.1 ETHERNET

La arquitectura ETHERNET básicamente depende de un cable coaxial sencillo a través del cual se transmiten mensajes entre terminal y terminal. La LAN ETHERNET tiene las siguientes características:

- a. Transmisión Banda-Base (Señales codificadas en fase)
- b. Transmisión de tipo Difusión
- c. Frecuencia de transmisión de *10Mbps*
- d. Topología de Arbol sin Raíz (Bus)
- e. Método de acceso al medio: CSMA/CD
- f. Tipo de tecnología de transmisión: Conmutación por Paquetes
- g. Longitud de paquetes de 64 a *1518Bytes*
- h. Nivel de Implantación de acuerdo al estándar ISO/OSI: Capa Física y Capa de Enlace de Datos
- i. Máxima distancia entre estaciones de trabajo: *2.5Km.*
- j. Máxima longitud de un segmento: *500m.*
- k. Número máximo de estaciones de la Red: *1024*
- l. Número máximo de estaciones por segmento: *100*

Un paquete de transmisión a ser enviado por la red ETHERNET está formado por una cadena de Bytes divididos en seis grupos: Preámbulo, Dirección Destino, Dirección Fuente, Tipo, Paquete de Datos y Trailer

A continuación se citan algunas ventajas y desventajas relativas de la red ETHERNET:

- a. Ventajas: Relativa simplicidad, gran compatibilidad, bajo tiempo de retardo, estabilidad, buena capacidad de transmisión y fácil reconfiguración de estaciones.

- b. Desventajas: Alto costo de interfaces; transmisión banda base; dificultad para el manejo de prioridades, asegurar un tiempo de transmisión máximo, recuperación de errores, capacidad de encriptamiento, transmisión full-duplex e implantación de mecanismos sofisticados de seguridad.

Existen algunas versiones de ETHERNET que han sido desarrolladas a partir de los principios básicos de esta red y entre las cuales se encuentran:

- DECnet (DEC)
- DIX (DEC, Intel y Xerox)
- Cluster-One (Apple)
- Z-NET (Ziilog)

4.5.2 DECNet

Fundamentalmente DECNet es una LAN del tipo de ETHERNET. La red ETHERNET da la facilidad de un rápido acceso a datos en estaciones remotas y altas tasas de transmisión, que en conjunción con el software DECNet permiten que la transferencia de archivos sea práctica.

En ETHERNET de Banda-Base un simple cable reemplaza los numerosos cables de interconexión tradicionales en redes de comunicación de datos. En Banda-Amplia se ofrece al usuario la facilidad de integrar a la red dispositivos para la transmisión de imágenes y voz.

Para la integración de la DECNet se aprovechan y agregan las dos capas más bajas de DNA (Digital Network Architecture) a partir de ETHERNET. La Figura 4.6 muestra la relación entre ETHERNET, DECNET Y DNA.

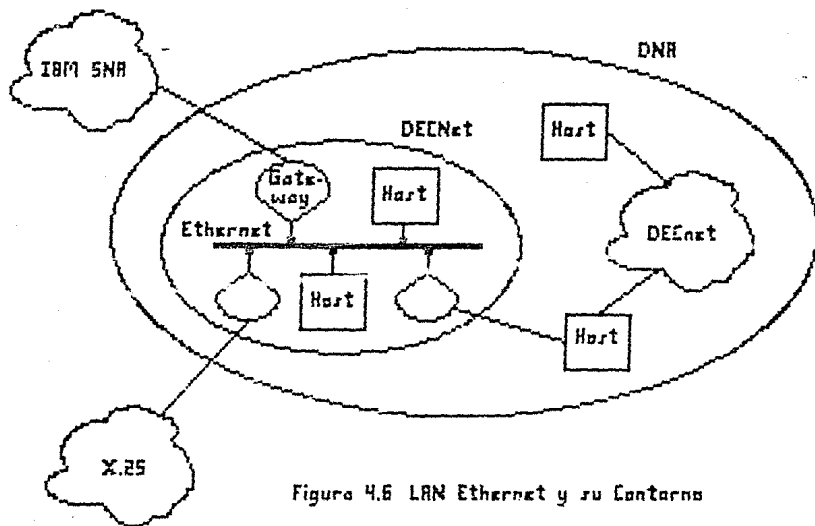


Figura 4.6 LAN Ethernet y su Contorno

DEC se ocupa de la realización del software y hardware para las capas superiores no contempladas dentro de ÉTHERNET. Entre sus principales desarrollos se encuentran:

- a. Software para comunicaciones Inter-Red (Emuladores de Protocolos)
- b. Interfaces (Gateways)
- c. Productos para transferencia de archivos y emuladores de terminales
- d. ~~Productos para Servicios de Red (Monitores)~~
- e. Hardware para comunicaciones
 - Dispositivos para Unibus Asíncrono
 - Dispositivos para Unibus Síncrono

- Dispositivos para Q-bus Asíncrono
- Dispositivos para Q-bus Síncrono
- Dispositivos Síncrono/Asíncrono
- Modems
- Multiplexores Estadísticos
- Cables de comunicación
- Herramientas de Red en General.

4.5.3 CLUSTER/ONE

Cluster/One es una LAN que emplea CSMA/CD como método de acceso al medio y un sistema de transmisión basado en un bus de 16 alambres para transmisión de datos a 0.24Mbps (240Kbps).

Es posible enlazar a la red hasta 65 estaciones (se contemplan como estaciones solamente computadoras personales Apple II y III).

La topología de la red es flexible (tipo BUS, ESTRELLA o ARBOL) con un máximo de 65 estaciones intercomunicadas en una distancia no mayor de 300m. Se permite el uso de sistemas operativos DOS y CP/M además de la utilización de varios lenguajes. La Red facilita el uso de File-Servers en conjunción con dispositivos de almacenamiento masivo.

4.5.4 Z-NET

Z-Net es una LAN diseñada por Zilog Inc. Utiliza el protocolo CSMA/CD en Banda-Base y puede interconectar hasta 255 sistemas en un área de 1200m. El medio de transmisión es un cable coaxial.

Existen tres tipos de estaciones que se pueden conectar a esta red:

- a. Estación de usuario que genera y recibe datos.
- b. Estación de recursos compartidos (Discos, Cintas e Impresoras).
- c. Estaciones de comunicación Host-Host.

El corazón de los tres tipos de estaciones es una tarjeta que integra un procesador Z-80A , una memoria de 64 KBytes RAM y 6 KBytes de ROM.

4.5.5 ECONET

Es una LAN de bajo costo, tipo Banda-Base y empleando CSMA/CD como protocolo de acceso al medio (par trenzado). Econet utiliza una dirección de 8 bits para interconectar hasta 255 estaciones, en un área no mayor de 1000m y a una tasa de transmisión de 210Kbauds. En situaciones críticas (cuando se tienen 255 estaciones interconectadas) la tasa real de transmisión es aproximadamente de 1Kbaud.

4.6 PRODUCTOS EN EL MERCADO

Las redes locales de computadoras topología bus y protocolo de acceso al medio CSMA/CD, se han vuelto muy populares entre los fabricantes de equipo de comunicaciones para computadoras en el mercado de EUA, principalmente aquellas redes locales que siguen las especificaciones de ETHERNET.

Un gran número de productos de hardware y software que se apegan a las especificaciones del estándar 802.3 de la IEEE se encuentran ya en el mercado.

4.6.1 Productos de Hardware

Los primeros productos de hardware en ser manufacturados fueron las tarjetas de circuitos que resolvían parcial o totalmente algunas de las funciones de la red descrita en el estándar 802.3. Un ejemplo de estas tarjetas lo tenemos en el producto iSBC55, la cual es un controlador de comunicaciones basado en

tecnología firmware, fabricado por INTEL; otro ejemplo es el producto N12010A fabricado por INTERLAN, el cual es un controlador de comunicaciones que realiza entre otras funciones las correspondientes a las capas 1 y 2 del modelo ISO/OSI y provee de información al sistema para la medida del desempeño de la red.

Estas tarjetas controladoras, que contienen varias docenas de chips se han vuelto obsoletas con el surgimiento de chips de tecnología VLSI que realizan por sí solos todas las funciones de la tarjeta logrando de esta forma: el abaratamiento de los costos, dar mayor confiabilidad a la red, hacer más sencillo el diseño, la instalación y el mantenimiento, requerimientos menores en espacio y en potencia entre otras ventajas.

La familia de chips fabricada por INTEL para estos fines es un ejemplo de esta nueva tecnología, donde su chip 82586 realiza las funciones antes realizadas por la tarjeta ISBC55. El uso de este chip en conjunto con algunos chips de interface serial como el 82501 realizan en su totalidad las funciones descritas en el estándar 802.3.

Paralelamente se han venido manufacturando cables especiales, para la conexión de la red, que cubre los requerimientos recomendados por el estándar 802.3 por compañías como Computer Systems Products, MALCO, Times Fiber Communications y otras más.

Existe un gran número de dispositivos especialmente diseñados para funcionar conectados a una red de tipo CSMA/CD que resuelven alguna aplicación específica como: estaciones de trabajo para gráficas, soportes para bases de datos como el DBS-200, servidores de archivos, controladores de periféricos que permiten al propietario un mejor aprovechamiento de la red.

El lugar que ocupa la fibra óptica dentro de las redes de comunicación es cada vez más importante y lo podemos apreciar al ver el gran desarrollo que se ha tenido al poderse ofrecer entre otras cosas: cables para la conexión punto a punto de varios kilómetros de longitud, transductores ópticos tipo estrella como el NET10 que nos permite aprovechar las ventajas de la fibra óptica

al conectar en una sola red a varias subredes considerándose al dispositivo únicamente como una extensión más del medio de transmisión.

4.6.2 Productos de Software

Una vez que los productos de hardware, que siguen las recomendaciones del estándar 802.3 de la IEEE, comenzaron a desarrollarse surgió la necesidad de un software que los soportara y permitiera el mejor aprovechamiento de éstos. Apartir de entonces se han desarrollado facilidades de software para la solución de las capas 3 a la 7 del modelo ISO/OSI para que funcionando en conjunto con los productos de hardware que resuelven las capas 1 y 2, se cuente con una red de comunicaciones completa.

Ejemplos de este software especializado lo tenemos en el producto INA950-1 manufacturado por INTEL o en el producto FUSION desarrollado por Network Research Corporation, que permite adicionalmente la conexión de productos de diferentes fabricantes, o en el producto 4110a desarrollado por Plexus Computers, que permite el procesamiento distribuido en una LAN.

Capítulo 5

MODELADO Y SIMULACION DE UNA LAN (CSMA/CD)

5.1 INTRODUCCION

En este capítulo realizaremos un estudio de evaluación para analizar el comportamiento de una LAN con topología Bus y protocolo de acceso a medio CSMA/CD, cuyo funcionamiento fue descrito en el capítulo anterior. Este estudio está basado en la metodología descrita en el capítulo III.

5.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Como hemos visto, el objetivo principal de una LAN es el de satisfacer, de la mejor manera posible, las necesidades locales de comunicación que existen en una organización. Para esto se debe de seleccionar, de entre todos los productos de LAN's existentes en el mercado, aquel que cubra nuestros requerimientos de comunicación de la mejor manera posible.

Esta no es una tarea sencilla, dado que debemos evaluar y tomar en cuenta diversos aspectos de cada uno de los productos de LAN's existentes para poder decidir cual de ellos será el que mejor cubra nuestras necesidades.

El problema a tratar en esta capítulo es el de realizar un estudio sobre una LAN específica, el cual nos permita determinar cuales son las necesidades que pueden cubrirse con dicha LAN. Para lo cual debemos de contar con una herramienta que nos permita analizar el comportamiento de la LAN y, además, nos ayude a decidir si dicha LAN nos puede o no servir.

5.3 FORMULACION DE OBJETIVOS

5.3.1 Objetivo General

Evaluar el desempeño de una LAN con topología Bus y protocolo de acceso CSMA/CD para poder determinar cual es su comportamiento bajo diferentes condiciones de trabajo.

5.3.2 Objetivos Particulares

- a. Diseñar un modelo basado en la técnica de simulación, que permita la evaluación de la LAN en cuanto a los índices de desempeño siguientes:
 - i. Delay : Tiempo promedio transcurrido entre que un paquete es recibido para su transmisión hasta que este es recibido en la estación destino completo y sin haber sufrido colisión. Este índice se mide en segundos.
 - ii. Throughput . Cantidad de bits contenidos en los paquetes recibidos sin colisión en la unidad de tiempo. Se mide en bits por segundo (*bps*).
 - iii. Utilización : Porcentaje de utilización de la red considerandose que como máximo ésta puede transmitir *10Mbps*.
- b. Implantar un modelo que simule el comportamiento de la LAN, observando la adecuada elección y almacenamiento de los resultados para su análisis posterior.
- c. Realizar un análisis de los resultados para la obtención del desempeño de la red.

5.4 PREPARACION DEL PLAN

5.4.1 Selección de la Técnica de Evaluación

Es importante notar que la creación de una herramienta que facilite la evaluación del desempeño se hace necesaria, y su diseño debe estar basado en alguna de las técnicas de evaluación: Medición Física, Modelado Analítico o Modelado por Simulación.

La medición física de una red real requiere de la experimentación directa sobre la red; lo cual implica el consumo de un tiempo/costo; la disponibilidad

de la red para su uso y la restricción en cuanto a los parámetros que puedan hacerse variar (por ej. topología).

La aplicación de una técnica puramente analítica requiere de un conocimiento matemático muy profundo, volviéndose más compleja conforme se considere una mayor cantidad de variables en el modelo. La validez del modelo debe ser realizada por algún método alterno, debido a que la abstracción podría hacer perder su claridad.

La utilización de una técnica de simulación requiere de conocer el funcionamiento de la red y sus componentes, de un grado de abstracción y profundidad matemática no demasiado compleja que permita el monitoreo de los eventos que se suceden en la red, haciendo más confiable el funcionamiento del modelo implantado en base a esta técnica.

Para la realización de este estudio se ha elegido la técnica de simulación, debido por un lado a la falta de una red real sobre la cual realizar mediciones, en el caso de la medición física, y por el otro lado a que al estructurar el funcionamiento del modelo en un programa de computadora se permite la variación de los parámetros característicos de la LAN y su monitoreo de una manera clara y accesible.

5.4.2 Formulación del Modelo

5.4.2.1 Grado de detalle

Las siguientes consideraciones concernientes al grado de detalle fueron tomadas en cuenta para la generación del modelo:

- a. La red que se tomará como base es la especificada por el estándar 802.3 de la IEEE de características *10Base5* (que significa: velocidad de transmisión de *10Mbps*, en banda Base y sobre segmentos coaxiales de *500m* de longitud máxima). Para los detalles del funcionamiento de cada dispositivo y de la red en general referirse al capítulo IV.

- b. El modelo estará basado en eventos que determinan la transición de estado de la red. Por lo anterior no se cuenta con una tasa de tiempo Real.contra.Simulado exacta, sin embargo se cuenta con una aproximación que la situa en $3325 : 1$ con lo que la resolución del modelo (tiempo transcurrido entre evento y evento aproximado) será de $0.2macg$.
- c. A cada dispositivo de la red se le asignará un retardo fijo sin importar el estado en que éste se encuentre (colisión, transmisión del JAM, etc)
- d. Los repetidores solo se considerarán como un retardo en la transmisión de la señal.
- e. La unidad de tiempo en el simulador será de un tiempo de bit, que es el valor inverso de la frecuencia de transmisión.
- f. No se considerarán errores en la transmisión debidos a contaminación de la señal por interferencia, así como los producidos por el mal funcionamiento del equipo de la red.
- g. Para la construcción del modelo se considerará el funcionamiento de las dos primeras capas del modelo ISO/OSI considerándose la llegada de los paquetes provenientes de las capas superiores con una distribución de Poisson con una media P que identifica la carga de trabajo en la estación.
- h. El tamaño de los paquetes se considerará con una distribución normal con una media T que identifica el tamaño del paquete así como el tiempo en que este tarda en transmitirse.

5.4.2.2 Flexibilidad

Para poder realizar un análisis del desempeño del sistema de la forma más precisa posible, es necesario el realizar varios experimentos con el mismo modelo variando algunos de sus parámetros. De esta forma podremos realizar un análisis más detallado acerca del comportamiento del sistema. Esto provoca

que la estructura del modelo tenga que ser flexible y permita el cambio de los parámetros principales del sistema para poder simular distintas condiciones de trabajo.

La flexibilidad del modelo radica en poder asignar una configuración u otra al permitir variar las distancias entre estaciones (en base a una tabla de retardos que contiene la distancia en tiempos de bits entre estación y estación) y el número de estaciones que componen la red, así como al poder asignar diferentes valores tanto a la media P , que identifica a la carga de trabajo de cada estación, como a la media T , que identifica el tamaño del paquete.

Es posible además, con este modelo la variación de la velocidad de transmisión, la longitud máxima de un segmento coaxial o de liga así como los retardos que cada dispositivo provoca en la señal. Cabe aclarar que estos parámetros no fueron variados durante los experimentos realizados debido a que quedaban fuera del objetivo de este estudio.

5.4.2.3 Lenguaje

El lenguaje a utilizar para la implantación del modelo será el *PASCAL* debido a las ventajas que ofrece en la realización de cálculos y a la facilidad de representar y manipular complejas estructuras de datos. Es importante considerar que la claridad del programa que represente al modelo es primordial para su buen funcionamiento, monitoreo y optimización siendo el *PASCAL* por sus facilidades para la estructuración un buen candidato.

5.4.2.4 Estructura del Modelo

Para generar el modelo del comportamiento de la red se tomará como base un sistema de líneas de espera como lo muestra la Figura 5.1. En ella podemos observar que existirán varias Estaciones de Trabajo (que nos representarán nuestra *POBLACION*), las cuales se encargarán de generar paquetes de información y los introducirán al sistema para que sean transmitidos; existirán varios Buffers de Almacenamiento (o *LÍNEAS DE ESPERA*) a donde irán arribando los distintos paquetes y esperarán a ser transmitidos.

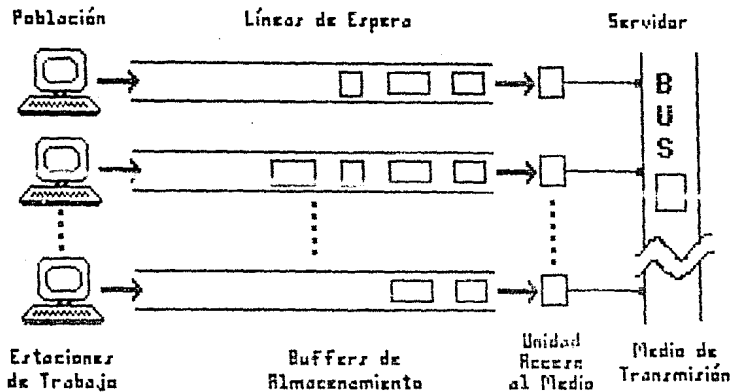


Figura 5.1 LAN vista como un sistema de líneas de espera

De los paquetes de información existentes en los distintos buffers de almacenamiento se seleccionará uno de ellos para que sea transmitido por el Bus (el cual nos representará la única Estación de Servicio o *SERVIDOR* en el sistema).

Para modelar a la red como un sistema de líneas de espera se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. Cada una de las estaciones de trabajo generará paquetes de información en forma aleatoria (siguiendo una distribución de Poisson) y tendrá la capacidad de generar una cantidad ilimitada de paquetes, por lo que consideraremos una población infinita.
- b. Cada buffer de almacenamiento tendrá una capacidad de almacenamiento finita. Si esta capacidad es sobrepasada, el paquete será desechado del sistema (esto implicaría el enviar una primitiva de control

a las capas superiores de la red para que ellas decidan que acción hay que tomar).

- c. La política utilizada dentro de cada buffer de almacenamiento será la FIFO (First Input - First Output)
- d. El paquete de información a transmitirse será seleccionado en base al protocolo CSMA/CD (el cual es usado como mecanismo de acceso al medio).
- e. El tiempo que durará la transmisión de un paquete de información cualquiera (Tiempo de Servicio) sera aleatorio, siguiendo una distribución normal con una media que dependerá del tamaño del paquete seleccionado para cada experimento.

5.4.3 Construcción del Simulador

El diagrama general de nuestro modelo de simulación, mostrado en la Figura 52, se encuentra constituido por tres módulos principales:

- a. **CARGA DE PARAMETROS:**
Este módulo se encargará de modificar los parámetros del sistema para poder simular diferentes condiciones de trabajo y poder realizar un análisis del comportamiento del sistema de una manera más detallada.
- b. **SIMULADOR:**
Este módulo es el encargado de reproducir el comportamiento del sistema en base al modelo planteado y bajo las condiciones de trabajo indicadas por el módulo anterior. También se encargará, durante la ejecución, de la recopilación de los datos representativos del sistema para poder realizar un análisis posterior del desempeño del mismo.
- c. **INTERPRETACION DE RESULTADOS:**
Con ayuda de este módulo podremos manejar los datos recopilados por el simulador durante la ejecución de los distintos experimentos, para representarlos de tal forma que nos faciliten su análisis.



Figura 5.2 Diagrama de Bloques General del Modelo

En vista de que el módulo de Carga de Parámetros y el de Interpretación de Resultados son muy sencillos y dado que no proporcionan información relevante para la comprensión del modelo, no los describiremos con mayor detalle y únicamente nos enfocaremos en el Simulador, el cual representa toda la estructura de nuestro modelo de una LAN.

La Figura 5.3 muestra un diagrama de bloques más detallado del Simulador.

Hay que tomar en cuenta que con un modelo de este tipo se deben ejecutar n programas concurrentes (uno por estación de trabajo) para poder simular el comportamiento de la red, lo cual resulta prácticamente imposible de realizar, dado que se necesitarían n computadoras personales o terminales para poder correr los programas. La otra alternativa es la de simular la ejecución de los n programas concurrentes a través de un solo programa secuencial.

Esta última alternativa básicamente tiene dos problemas, los cuales son:

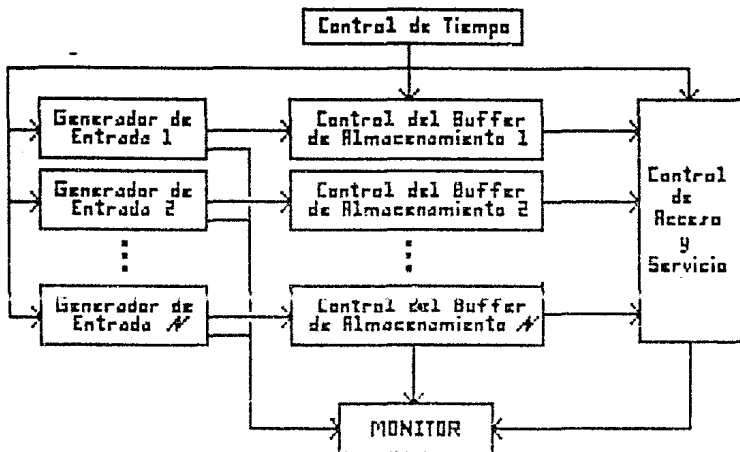


Figura 5.3 Diagrama General del Simulador

- a. Si el programa secuencial no simula adecuadamente la ejecución de los n programas concurrentes, se pueden obtener resultados falsos acerca del comportamiento de la red.
- b. El tiempo de ejecución de cada uno de los experimentos aumenta considerablemente.

El primero de estos problemas se puede fácilmente resolver si se tiene cuidado en el diseño del programa y no se pierden de vista las características de nuestro modelo. Tomando en cuenta estas consideraciones podemos representar a nuestro modelo como se muestra en la Figura 5.4, donde se ha resuelto el problema de no tener que ejecutar n programas concurrentemente.

En este modelo podemos observar que la unidad fundamental de simulación es el tiempo de bit; es decir, se analiza a la red cada intervalo de tiempo en que tarda en transmitirse un bit; lo cual al procesarse consume demasiado tiempo.

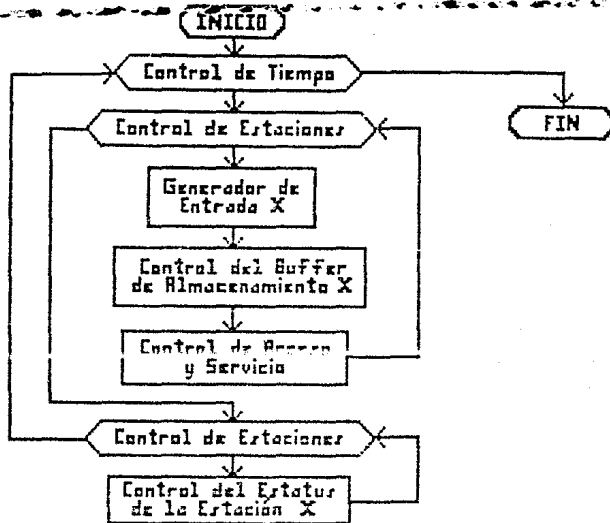


Figura 5.4 Diagrama de Flujo para modelar a la LAN a través de un programa secuencial

Para disminuir este tiempo de ejecución, podemos considerar como una segunda unidad de simulación el estado de la red o el evento que se está ejecutando en un momento dado; a grandes razgos ésto quiere decir que, si detectamos que una estación está transmitiendo y las demás están esperando a que ésta termine para poder utilizar el bus, podemos considerar que la transmisión se realizó sin ningún problema y analizar el siguiente evento, que sería determinar que estación será la siguiente en intentar transmitir, y desplazarnos hasta ese tiempo sin necesidad de analizar tiempos intermedios, dado que no sucede nada relevante en todo este intervalo.

Bajo estas nuevas consideraciones podemos esquematizar al modelo como lo muestra la Figura 5.5, en donde el modelo de líneas de espera se encuentra implícito. Los cambios realizados al modelo inicial no representan grandes pérdidas en la credibilidad del modelo, dado que en la transformación de uno a otro se conservaron las características mencionadas en la formulación del modelo.

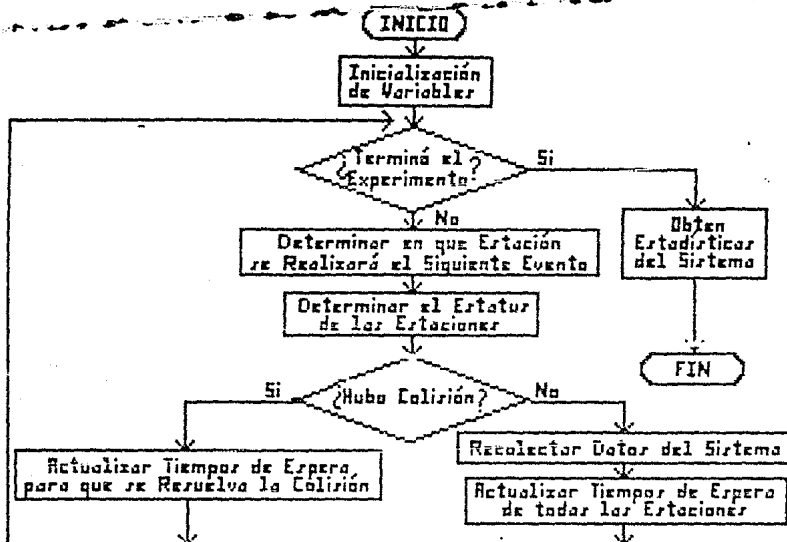


Figura 5.5 Diagrama de Flujo para modelar a la LAN considerando como unidad de simulación la transición de eventos

A continuación describiremos cada uno de los módulos del simulador para poder comprender su funcionamiento y la estructura del modelo.

Inicialización de Variables

Como el modelo está basado en la transición de eventos es necesario establecer cuáles serán las condiciones iniciales de la red, es decir habrá que conocer los tiempos de espera (reconocidos como *Espera* en el programa) en que cada una de las estaciones de trabajo intentará transmitir su primer paquete, para poder determinar cuál será el primer evento en el sistema, así como las *Longitudes* de dichos paquetes.

Determinar en que Estación se Realizará el Siguiente Evento

Aquí se determinará cuál será la siguiente estación en intentar transmitir un paquete (dicha estación será reconocida como la *Estación Evento*). Para esto se determina que estación tiene el menor tiempo de espera y

se le asigna a la *Estación_Evento* el número de dicha estación (el tiempo de espera de dicha estación será reconocido como *Mínimo*).

Determinar_el_Estatus_de_Todas_las_Estaciones

Una vez encontrado cual será la siguiente *Estación_Evento*, se determinará el estatus de todas las estaciones con el fin de identificar si existirá una colisión en la red. Para esto se le restará al tiempo de espera de cada una de las estaciones (con excepción de la *Estación_Evento*) el *Mínimo*, si el resultado es menor que el *Retardo* que existe entre la *Estación_Evento* y la estación en cuestión, entonces dicha estación entrará en colisión con la *Estación_Evento*.

Para todas las estaciones que entraron en colisión se obtendrá el tiempo que deben esperar para que se resuelva la colisión. Esto se hará sumando el *Mínimo*, el retardo de la *Estación_Evento* y el *JAM* a la estación en cuestión, almacenando dicho tiempo de espera en la variable auxiliar *Subtotal*.

Actualizar_Tiempos_de_Espera_para_que_se_Resuelva_la_Colisión

Para todas las estaciones que no entraron en colisión se verificará que no intenten transmitir ningún mensaje antes de que todas las estaciones se enteren de que ha ocurrido una colisión. Los mensajes de todas las estaciones que estaban transmitiendo serán cancelados y a las estaciones que entraron en colisión se les generará un tiempo aleatorio que tendrán que esperar para volver a intentar transmitir su paquete.

Recolectar_Datos_del_Sistema

Si se detecta que no se presentó ninguna colisión, entonces la transmisión de la estación evento habrá concluido exitosamente y podremos recolectar información del sistema para analizar posteriormente el desempeño de la red, a través de las variables: tiempo total transcurrido para la transmisión del paquete (*Total*), número de bytes transmitidos (*Buena*); tiempo total que dicho paquete tuvo que esperar para ser transmitido (*Acumulado*) y número de paquetes transmitidos (*Número*).

Actualizar_Tiempos_de_Espera_de_Todas_las_Estaciones

Como la *Estación_Evento* logró transmitir su paquete hay que determinar cuanto tiempo pasará para que ésta desee transmitir otro paquete. Para esto se generará un paquete de longitud aleatoria, así como el tiempo de espera que tendrá que transcurrir para que dicha estación intente transmitir su paquete.

Para actualizar los tiempos de espera de las demás estaciones hay que restarle al tiempo de espera de cada una de las estaciones el *Mínimo* y la longitud del paquete transmitido, de esta forma eliminamos el tiempo transcurrido desde que la *Estación_Evento* intentó transmitir su paquete hasta que la transmisión concluyó.

Obtener_Estadísticas_del_Sistema

Una vez terminado un experimento este modulo procederá ha obtener los valores de los índices de desempeño seleccionados para el estudio, con ayuda de los datos recopilados durante la ejecución del experimento, y almacenarlos para su análisis posterior.

La Figura 5.6 muestra la estructura del algoritmo del simulador.

```
PROGRAM Simulador.CSMA/CD ( INPUT, OUTPUT );
```

```
Procedure Inicialización.de.Variables;
```

```
Begin
```

```
  FOR I := 2 TO Numero.de.Estaciones DO
```

```
    BEGIN
```

```
      Espera[I] := Generar.Tiempo.de.Ulegada.del.Paquete;
```

```
      Longitud[I] := Generar.Tamaño.del.Paquete;
```

```
      Transcurrido[I] := 0;
```

```
      Subtota[I] := 0;
```

```
      Colision[I] := FALSE;
```

```
    END
```

```
End;
```

Figura 5.6 Algoritmo de Simulación de una LAN CSMA/CD

Procedure Determinar_en_que_Estación_se_Realizará_el_Siguiente_Evento;

Begin

Mínimo := *Espera*[1];

EstacionEvento := 1;

FOR *I* := 2 **TO** *NumeroDeEstaciones* **DO**

IF (*Espera*[*I*] < *Mínimo*) **THEN**

BEGIN

Mínimo := *Espera*[*I*];

EstacionEvento := *I*;

END

End;

Procedure Determinar_el_Estatus_de_Todas_Las_Estaciones;

Begin

ExisteColision := *FALSE*;

FOR *I* := 1 **TO** *NumeroDeEstaciones* **DO**

IF (*EstacionEvento* <> *I*) **THEN**

BEGIN

Colision[*I*] := *TRUE*;

Subtotal[*I*] := *Mínimo* + *Retardo*[*EstacionEvento*, *I*] + *JAM*;

ExisteColision := *TRUE*;

Colision[*EstacionEvento*] := *TRUE*;

END

ELSE

Colision[*I*] := *FALSE*;

End;

Figura 5.6 Algoritmo de Simulación de una LAN CSMA/CD (Continuación)

```

Procedure Actualizar.Tiempos.de.Espera.para.que.se.Resuelva.Ja.Colisión;
Begin
  Obten.SubtotalMínimo;
  FOR I := 1 TO Número.de.Estaciones DO
    IF ( NoHayColisión ) THEN
      BEGIN
        Obten.Máxima.Colisión;
        IF ( MáximaColisión > Espera[I] ) THEN
          BEGIN
            Transcurrido[I] := MáximaColisión - Espera[I] + Transcurrido[I];
            Espera[I] := MáximaColisión;
          END
        END
      ELSE
        BEGIN
          Alcatorio := Número.Alcatorio;
          Transcurrido[I] := Subtotal[I] + Alcatorio - Espera[I] + Transcurrido[I];
          Espera[I] := Subtotal[I] + Alcatorio;
        END
      END
    END
  End;

Procedure Recolectar.Datos.del.Sistema;
Begin
  Total := Total + Mínimo + Longitud[EstacionEvento];
  Bueno := Bueno + Longitud[EstacionEvento];
  Acumulado := Acumulado + Longitud[EstacionEvento]
    + Transcurrido[EstacionEvento] + Retardo[EstacionEvento, Destino];
  Numero := Numero + 1;
End;

```

Figura 5.6 Algoritmo de Simulación de una LAN CSMA/CD (Continuación)

```

Procedure Actualizar.Tiempos.de.Espera.de.Todas.las.Estaciones;
Begin
  FOR I := 1 TO NumerodeEstaciones DO
    IF ( EstacionEvento = I ) THEN
      BEGIN
        Espera[I] := Generar.Tiempo.de.Llegada.del.Paquete;
        Transcurrido[I] := 0;
        Collision[I] := FALSE;
      END;
    ELSE
      BEGIN
        Auxiliar := Espera[I] - Minimo - Longitud{EstacionEvento};
        IF ( Auxiliar < 0 ) THEN
          BEGIN
            Espera[I] := Retardo{EstacionEvento,I};
            Transcurrido[I] := Transcurrido[I] + ABS( Auxiliar ) + Espera[I];
          END
        ELSE
          Espera[I] := Auxiliar;
        END
        Longitud{EstacionEvento} := Generar.Tamaño.del.Paquete;
      End;
Procedure Obtener.Estadísticas.del.Sistema;
Begin
  UTILIZACION := Bueno / Total;
  THROUGHPUT := UTILIZACION *  $10^7$ ;
  DELAY := ( Acumulado *  $10^{-7}$  ) / Numero;
End;

```

Figura 5.6 Algoritmo de Simulación de una LAN CSMA/CD (Continuación)

BEGIN

Inicialización_de_Variables;

WHILE (*Total* < *NumerodeIteraciones*) **DO**

BEGIN

Determinar.en.que.Estación.se.Realizara.el.Siguiente.Evento;

Determinar.el.Estado.de.Todas.Las.Estaciones;

IF (*ExisteColisión*) **THEN**

 Actualizar.Tiempos.de.Espera.para.que.se.Resuelva.La.Colisión;

ELSE

BEGIN

 Recolectar.Datos.del.Sistema;

 Actualizar.Tiempos.de.Espera.de.Todas.Las.Estaciones;

END;

END;

 Obtener.Estadísticas.del.Sistema;

END.

Figura 5.8 Algoritmo de Simulación de una LAN CSMA/CD

5.4.4 Calibración y Validación del Simulador

Para justificar la validez del modelo generamos un experimento de prueba, donde fijamos los parámetros que deseábamos considerar en los experimentos y analizar los resultados obtenidos haciendo una comparación de nuestros resultados con algunos otros realizados por otros autores. De esta forma comparábamos las diferencias que existían entre unos y otros y en base a un criterio de aceptación o calibración determinamos si nuestros resultados estaban dentro de un rango de aceptación o si los rechazábamos.

A partir de los resultados obtenidos en el experimento de calibración realizamos una comparación de éstos con los obtenidos en el estudio de evaluación realizado por Shoch y Hupp a través de un modelo analítico. Los resultados que se obtuvieron de estas comparaciones se resumen en la Tabla 5.1 columna A; en la cual se puede observar que nuestros resultados están próximos a los de Shoch y Hupp pero no cumplen con el criterio de aceptación fijado, por lo cual tuvimos que hacer algunas pequeñas modificaciones

al modelo y realizar otro experimento de prueba para verificar la validez del modelo. Los resultados de este segundo experimento de calibración se muestran en la Tabla 5.1 columna *B*, en ella se observa que los resultados de este nuevo experimento caen dentro del rango de aceptación establecido, por lo que podemos decir que este nuevo modelo es válido para nuestros propósitos.

Tabla 5.1 Resumen de los resultados de los Experimentos Realizados para Calibrar el Modelo Construido

Índices de Desempeño	Resultados Experimento 1 (<i>A</i>)	Resultados Experimento 2 (<i>B</i>)	Resultados de Shoch y Hupp
UTILIZACION	87.1%	91.3%	60% a 95%
DELAY	4.3 msec	2.57msec	-
THROUGHPUT	8.71Mbps	9.13Mbps	-
Tam. Paquete	220bytes	245bytes	de 200 a 540 bytes
Tiempo Llegada	50 msec	43.7msec	39.5 msec

El criterio de aceptación que utilizamos para la validación del modelo fue el de considerar un rango de error de $\pm 10\%$ con respecto a los resultados de Shoch y Hupp.

5.4.6 Diseño de los Experimentos

Una elección adecuada de las características de cada uno de los experimentos es necesaria para la obtención de resultados que nos permitan analizar el desempeño del sistema en un tiempo razonable.

5.4.5.1 Selección de los Experimentos

5.4.5.1.1 Identificación de Factores

Siendo los factores aquellos parámetros de la red que influyen directamente sobre los índices de desempeño, hemos elegido para este estudio las

variación de los siguientes factores:

- a. Configuración de la red: El número de estaciones que conforman la red, su distribución geográfica, así como la forma en que se encuentran conectados a la red es un factor importante debido a su influencia directa sobre la frecuencia de colisiones y la carga de trabajo total sobre la red.
- b. Carga de trabajo: La carga individual de cada estación es un factor importante ya que nos indica el comportamiento de la red bajo diferentes condiciones de trabajo.
- c. Tamaño del paquete: Este factor influye al permitir que una estación que ha obtenido el control sobre el medio de transmisión, lo tenga por un mayor o menor tiempo teniendo de esta forma una influencia directa sobre la frecuencia de las colisiones.

Cabe destacar que todos estos factores son del tipo primario, debido a que su influencia sobre el desempeño es la que directamente nos interesa estudiar. No se considera ningún factor secundario. Debido a que éste es un estudio de evaluación por simulación todos los factores son tanto observables como controlables.

5.4.5.1.2 Elección de los niveles de los factores

Los rangos sobre los cuales cada uno de los factores podrán variar durante los experimentos, deben de ser elegidos de tal forma que nos permitan obtener un resultado que nos sirva para la determinación del comportamiento general de la red considerando los niveles que generalmente se presentan en la realidad. Por otro lado debe tomarse en cuenta al elegir estos rangos que debido a las combinaciones que se pueden generar, el número de rangos debe ser minimizado.

Atendiendo a estas consideraciones se tomarán los siguientes rangos para cada uno de los factores:

- a. Configuración: Cuatro rangos son considerados, limitados por un área geográfica limitada y pocas estaciones de trabajo y un área geográfica grande y número grande de estaciones de trabajo:

Rango 1:	10 Estaciones de Trabajo Área Geográfica de 500m (1 Segmento Coaxial)
Rango 2:	50 Estaciones de Trabajo Área Geográfica de 500m (1 Segmento Coaxial)
Rango 3:	25 Estaciones de Trabajo Área Geográfica de 2500m (3 a 4 Segmentos Coaxiales)
Rango 4:	250 Estaciones de Trabajo Área Geográfica de 2500m (3 a 4 Segmentos Coaxiales)

- b. Tiempo de Llegada: Se considerarán 15 rangos limitados por un nivel inferior de 100 *seg* (carga ligera) y un nivel superior de 0.5 *mseg* (carga pesada):

Rango 1:	100.0 <i>seg</i> ($1.0 \cdot 10^8 \text{ Bits}$)
Rango 2:	10.0 <i>seg</i> ($1.0 \cdot 10^8 \text{ Bits}$)
Rango 3:	7.5 <i>seg</i> ($7.5 \cdot 10^7 \text{ Bits}$)
Rango 4:	5.0 <i>seg</i> ($5.0 \cdot 10^7 \text{ Bits}$)
Rango 5:	2.5 <i>seg</i> ($2.5 \cdot 10^7 \text{ Bits}$)
Rango 6:	1.0 <i>seg</i> ($1.0 \cdot 10^7 \text{ Bits}$)
Rango 7:	0.65 <i>seg</i> ($6.5 \cdot 10^6 \text{ Bits}$)
Rango 8:	0.35 <i>seg</i> ($3.5 \cdot 10^6 \text{ Bits}$)
Rango 9:	100.0 <i>mseg</i> ($1.0 \cdot 10^6 \text{ Bits}$)
Rango 10:	65.0 <i>mseg</i> ($6.5 \cdot 10^5 \text{ Bits}$)
Rango 11:	35.0 <i>mseg</i> ($3.5 \cdot 10^5 \text{ Bits}$)
Rango 12:	10.0 <i>mseg</i> ($1.0 \cdot 10^5 \text{ Bits}$)

Rango 13: 5.0 msec (5.0 * 10⁴ Bits)
 Rango 14: 1.0 msec (1.0 * 10⁴ Bits)
 Rango 15: 0.5 msec (5.0 * 10³ Bits)

c. Tamaño de paquete: Se considerarán 5 tamaños medios de paquetes cuyos niveles límites son 64 y 64K bits/paquete:

Rango 1: 1K bits/paquete
 Rango 2: 8K bits/paquete
 Rango 3: 16K bits/paquete
 Rango 4: 32K bits/paquete
 Rango 5: 48K bits/paquete

Para la elección de la combinación de los diferentes rangos de cada factor se utilizará la forma factorial, considerandose todas las combinaciones posibles, ésto es con el fin de poder realizar un análisis de las interacciones entre los diferentes factores que influyen sobre los índices de desempeño.

Utilizando esta forma de determinar las combinaciones tenemos que el número total de experimentos a realizar será de:

$$\begin{aligned} \text{Número. Experimentos} &= \#_Rangos_Factor_1 * \#_Rangos_Factor_2 \\ &\quad * \#_Rangos_Factor_3 \\ &= 300 \text{ Experimentos} \end{aligned}$$

5.4.5.2 Determinación de la Duración de los experimentos

La consideración que nos determinará la duración de cada uno de los experimentos será el tiempo de estabilidad, que es el tiempo en que los resultados de los experimentos o índices de desempeño alcanzan la estabilidad. Esto quiere decir que la diferencia entre su valor tomado en este momento con respecto al valor tomado un tiempo antes se encuentra dentro de los límites aceptables de detalle deseables. A continuación se da un ejemplo del cálculo de este tiempo de estabilidad:

Número de Ciclos	Índice X	Porcentaje de Variabilidad
100	5.000	20 %
200	6.000	2.5 %
300	6.200	0.3 %
400	6.220	0.016 %
500	6.221	

Este porcentaje de variabilidad nos indica el grado de detalle que deseamos en la medición de cada uno de nuestros índices de desempeño.

El tiempo de estabilidad es variable de experimento a experimento, debido a que la variación de cualquiera de los factores influye en el tiempo que la simulación llegará a la estabilidad. El factor que más influencia tiene es la configuración de la red por lo que se tomará una medición del tiempo de estabilidad para cada una de las configuraciones tomando como fijo un paquete del rango 3 y una carga de trabajo del rango 7 de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Configuración	Promedio de Variación de Índices [%]			
	10 Ciclos	100 Ciclos	1000 Ciclos	5000 Ciclos
Rango 1	20	8	1.0	0.5
Rango 2	35	15	1.6	1.2
Rango 3	25	12	1.2	1.0
Rango 4	40	20	1.8	1.5

Antes de elegir el número de ciclos o tiempo de simulación para cada

una de las configuraciones, se debe de tomar cuenta el tiempo de proceso que cada ciclo consume para determinar cual será la duración total de la simulación. De esta forma existe un compromiso entre la exactitud de los resultados y el tiempo que se tiene disponible para procesar la simulación :

Configuración	Tiempo de Procesamiento por Ciclo [seg]	Tiempos de bits por Ciclo	Tiempo de Simulación por Ciclo [seg]
Rango 1	0.22	2000	$2 \cdot 10^{-4}$
Rango 2	0.81	2000	$2 \cdot 10^{-4}$
Rango 3	0.51	2000	$2 \cdot 10^{-4}$
Rango 4	1.12	2000	$2 \cdot 10^{-4}$

Debe considerarse que un tiempo de bit equivale a 10^{-7} seg.

Para la medida del tiempo de procesamiento se experimento en un equipo PC compatible.

Tomandose la consideración de que para cada configuración se realizarán 75 experimentos las limitaciones de tiempo de procesamiento así como las del detalle que requerimos en los resultados se eligió la siguiente duración para cada experimento en cada configuración:

Configuración	# Ciclos	% Detalle	Simulado [Seg]	Procesado [Seg]	Total [Hrs]
Rango 1	1200	0.8	0.24	264	5.5
Rango 2	900	1.8	0.18	729	15.18
Rango 3	1000	1.2	0.20	510	10.62
Rango 4	800	2.0	0.16	896	18.66

Tiempo Total de Simulación = 49.96 Hrs

Esta elección considera un porcentaje de detalle menor en promedio a 1.5 lo cual es razonable para la comparación entre los diferentes factores , sus combinaciones y los resultados obtenidos. El tiempo de proceso se calculó en 49.95Hrs que para un estudio de este tipo es razonable.

5.5 IMPLANTACION DEL PLAN

5.5.1 Ejecución de los Experimentos

Los experimentos se realizaron en una computadora personal y se apegaron en tiempo al calculado en el diseño de estos de la siguiente forma:

$$\begin{array}{r} \text{Tiempo_Real} = 53.00 \text{ Hrs} \\ \text{Tiempo_Estimado} = 49.96 \text{ Hrs} \\ \hline \text{Diferencia} \quad = 3.00 \text{ Hrs} \end{array}$$

5.5.2 Recopilación de los Resultados

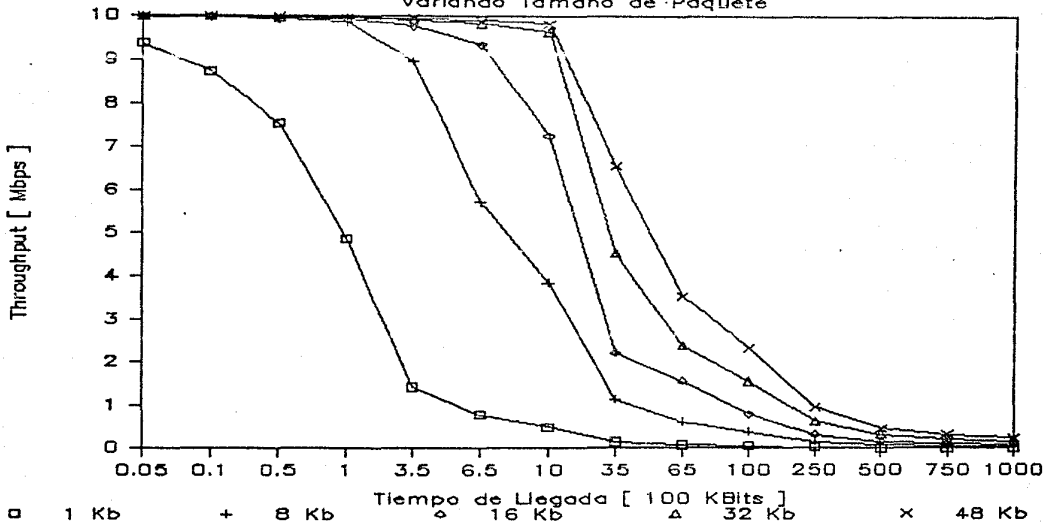
Los resultados obtenidos por la simulación son presentados en varias familias de gráficas, dentro de las cuales se puede observar la relación existente entre dos parámetros del sistema haciendo variar un tercer parámetro del mismo para tener una mejor representación del comportamiento del sistema.

A continuación se describe cada una de las familias gráficas que se obtuvieron con la ejecución del simulador y de las cuales se han seleccionado las más representativas para presentarlas en este escrito.

- Familia 1 - Cuatro cuadros gráficos uno por cada Configuración.
- Cinco gráficas por cuadro, una para cada Tamaño de Paquete.
 - Cada gráfica confronta el Tiempo de Llegada contra el Throughput.

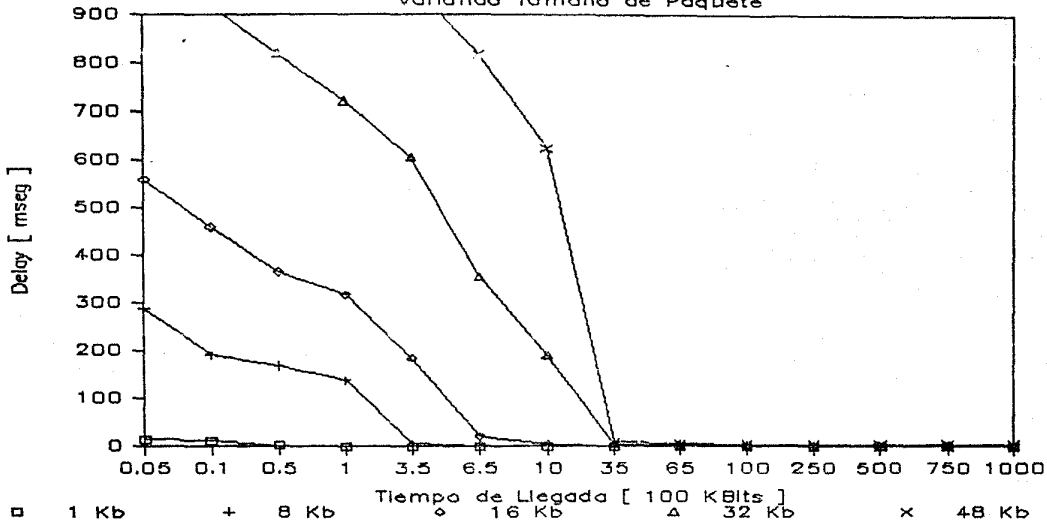
50 ESTACIONES DE TRABAJO

Varlando Tamano de Paquete



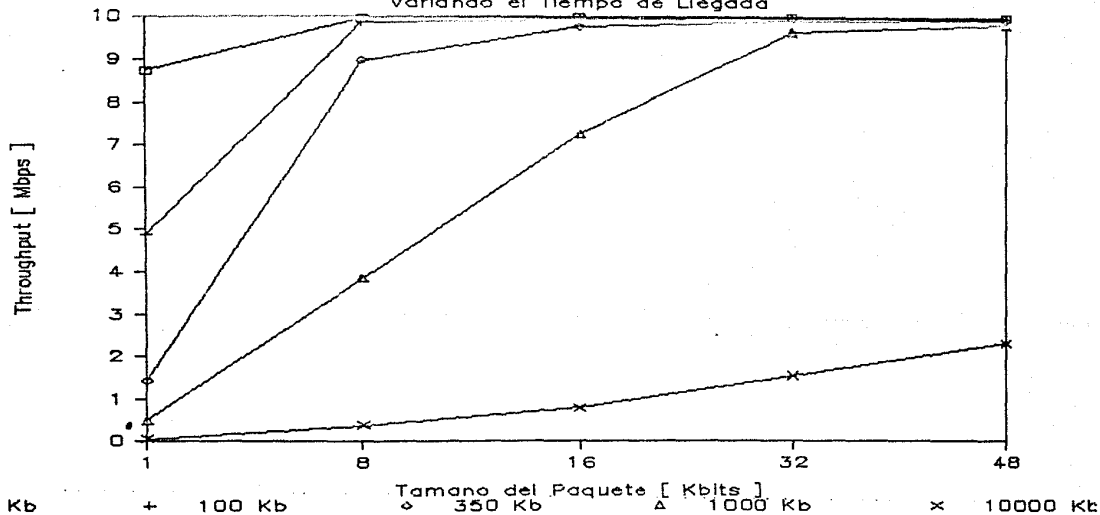
50 ESTACIONES DE TRABAJO

Variando Tamaño de Paquete



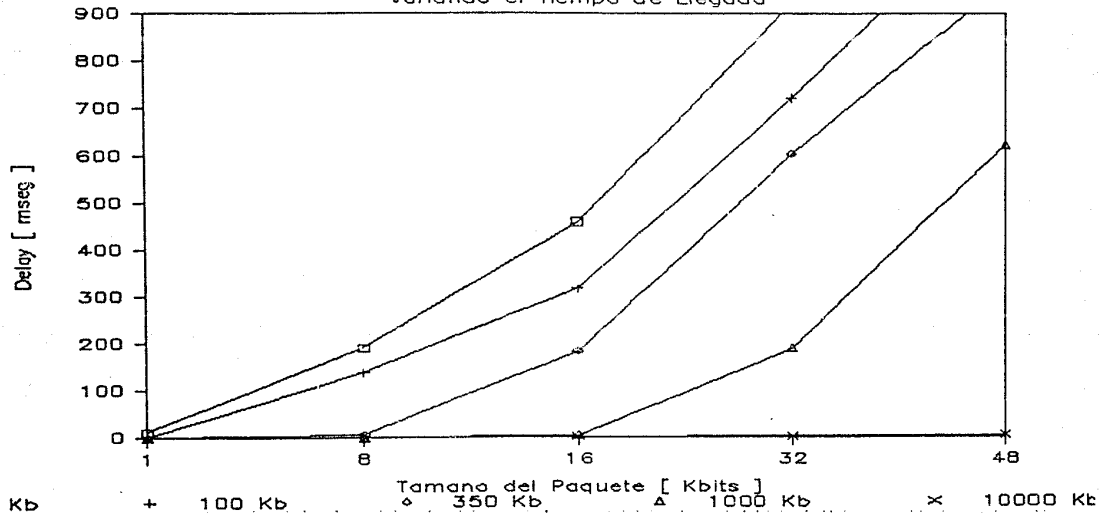
50 ESTACIONES DE TRABAJO

Variando el Tiempo de Llegada



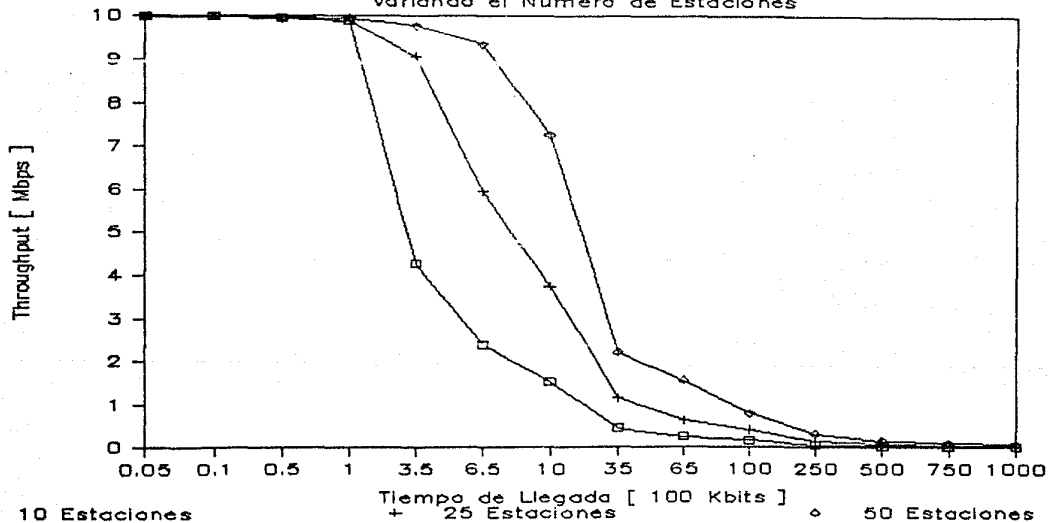
50 ESTACIONES DE TRABAJO

Variando el Tiempo de Llegada



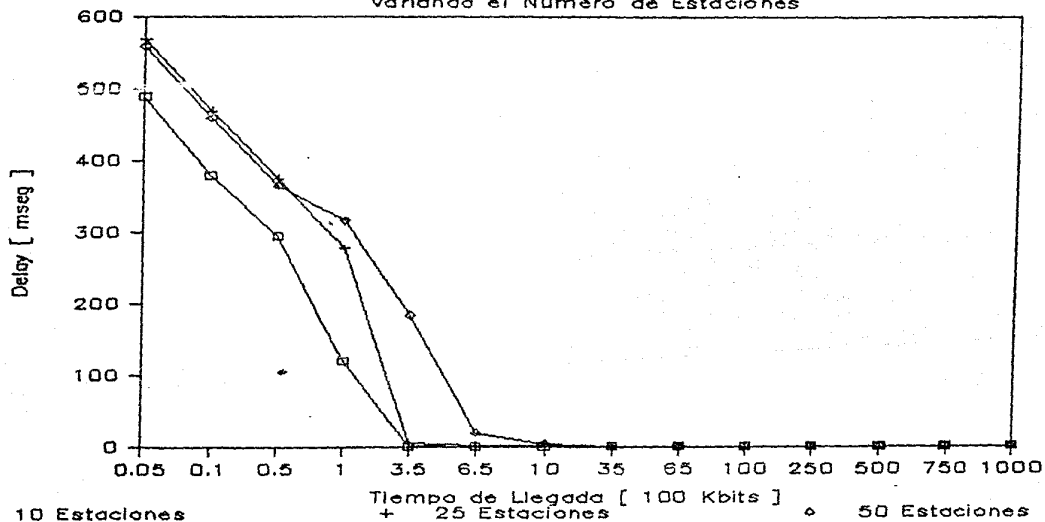
TAMANO DE PAQUETE DE 16 Kbits

Variando el Numero de Estaciones



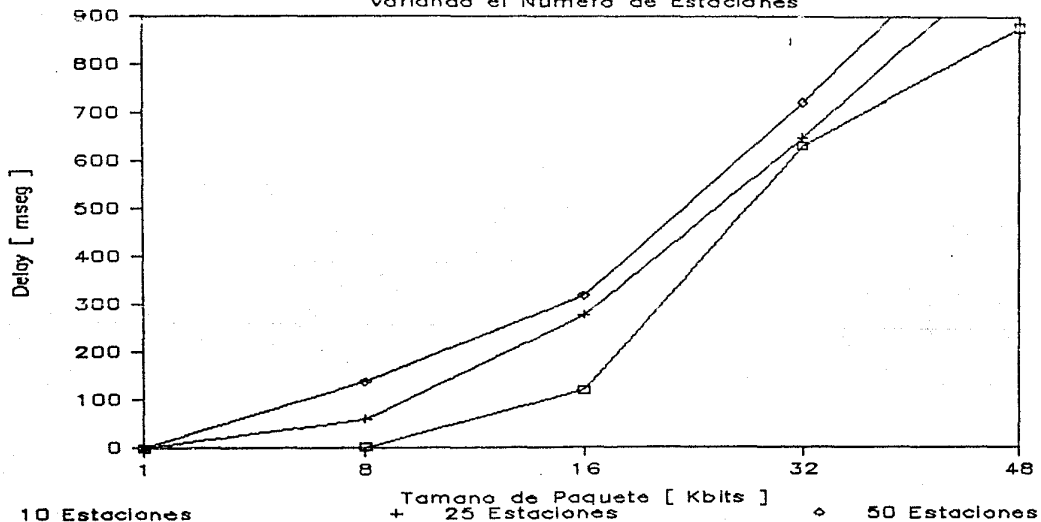
TAMANO DE PAQUETE DE 16 Kbits

Variando el Numero de Estaciones



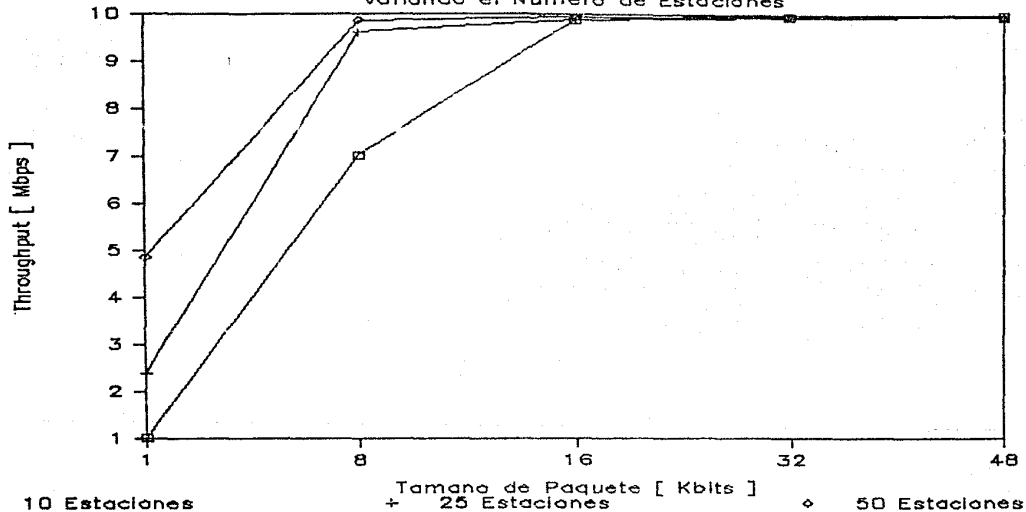
TIEMPO DE LLEGADA DE 100 Kbits

Variando el Numero de Estaciones



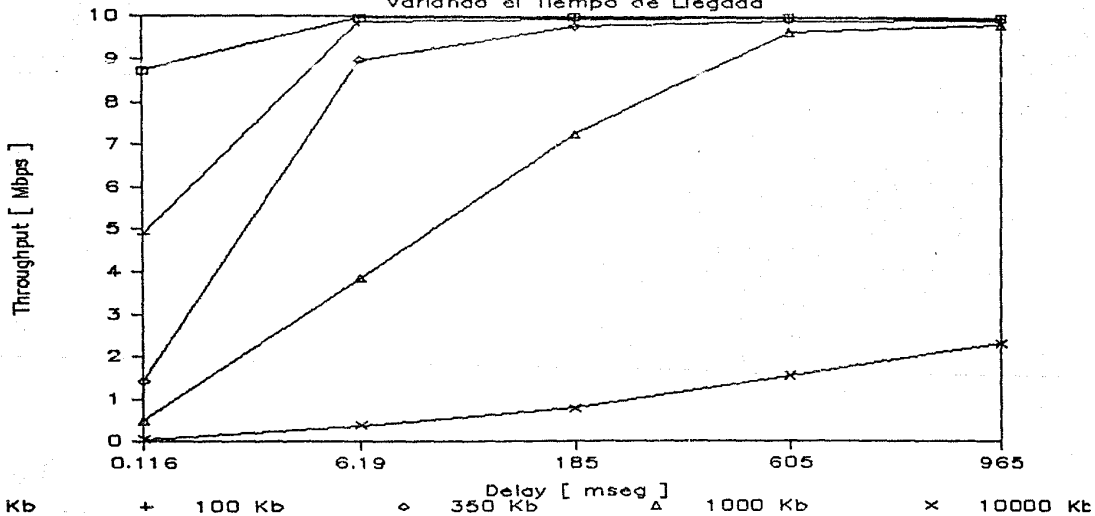
TIEMPO DE LLEGADA DE 100 Kbits

Varlando el Numero de Estaciones



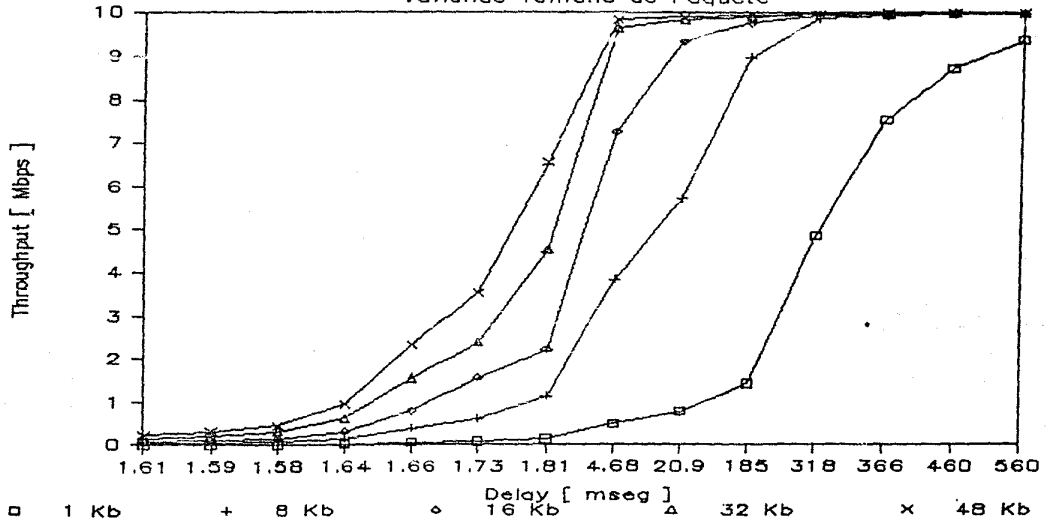
50 ESTACIONES DE TRABAJO

Varlando el Tiempo de Llegada



50 ESTACIONES DE TRABAJO

Variando Tamano de Paquete



- Familia 2. - Cuatro cuadros gráficos uno por cada Configuración.
- Cinco gráficas por cuadro, una para cada Tamaño de Paquete.
- Cada gráfica confronta el Tiempo de Llegada contra el Delay.
- Familia 3. - Cuatro cuadros gráficos uno por cada Configuración.
- Cinco gráficas por cuadro, una para cada Tiempo de Llegada.
- Cada gráfica confronta el Tamaño del Paquete contra el Throughput.
- Familia 4. - Cuatro cuadros gráficos uno por cada Configuración.
- Cinco gráficas por cuadro, una para cada Tiempo de Llegada.
- Cada gráfica confronta el Tamaño del Paquete contra el Delay.
- Familia 5. - Cinco cuadros gráficos, uno para cada Tamaño de Paquete.
- Cuatro gráficas por cuadro, una para cada Configuración.
- Cada gráfica confronta Tiempos de Llegada contra el Throughput.
- Familia 6. - Cinco cuadros gráficos, uno para cada Tamaño de Paquete.
- Cuatro gráficas por cuadro, una para cada Configuración.
- Cada gráfica confronta el Tiempo de Llegada contra el Delay.
- Familia 7. - Tres cuadros gráficos, uno por cada Tiempo de Llegada.
- Cuatro gráficas por cuadro, una para cada Configuración.
- Cada gráfica confronta el Tamaño del Paquete contra el Throughput.
- Familia 8. - Tres cuadros gráficos uno para cada Tiempo de Llegada.
- Cuatro gráficas por cuadro, una para cada Configuración.
- Cada gráfica confronta el Tamaño del Paquete contra el Delay.

- Familia 9. - Cuatro cuadros gráfico uno por cada Configuración.
- Cinco gráficas por cuadro, una para cada Tamaño de Paquete.
- Cada gráfica confronta el Delay contra el Throughput.
- Familia 10. - Cuatro cuadros gráfico uno por cada Configuración.
- Cinco gráficas por cuadro, una para cada Tiempo de Llegada.
- Cada gráfica confronta el Delay contra el Throughput.

5.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS

Contando con los resultados presentados de una manera conveniente en familias de gráficas, y habiendo descrito el número y estructura de cada una de ellas, se procede a interpretar su comportamiento por separado. Cabe aclarar que este es un primer paso que facilitará una posterior y más profunda interpretación del comportamiento de la red en su totalidad.

Familia 1.

En cada configuración se confronta el tiempo de llegada contra el Throughput para cinco diferentes tamaños de paquetes, observando que conforme disminuye el tiempo de llegada aumenta el Throughput de la red estabilizándose en un máximo de 10Mbps para un tamaño fijo de paquete. El aumentar el tamaño del paquete repercute sobre el tiempo de llegada en que inicia el crecimiento del Throughput: conforme aumenta el tamaño del paquete el Throughput comienza a elevarse con un mayor tiempo de llegada. De manera similar el aumentar el número de estaciones de cada configuración crea que el Throughput comience a elevarse con un mayor tiempo de llegada.

Familia 2.

En cada configuración se confronta el tiempo de llegada contra el Throughput para cinco tamaños de paquetes, observando que conforme disminuye el tiempo de llegada aumenta el Delay sin llegar a estabilizarse. El tamaño del paquete tiene una influencia semejante al que presenta la familia 1 para el Delay.

Familia 3.

Por cada cuadro, que muestra una configuración, se confronta el tamaño del paquete contra el Throughput, observándose que al aumentar el tamaño de paquete de transmisión aumenta el Throughput del sistema para un tiempo de llegada fijo. Al aumentar el tiempo de llegada el crecimiento del throughput es menos pronunciado. Al aumentar el número de estaciones (cada configuración cuenta con un diferente número de estaciones) el throughput máximo se alcanza con un paquete de menor tamaño.

Familia 4.

En cada configuración se confronta el tamaño del paquete contra el Delay, observando que al aumentar el tamaño del paquete aumenta el Delay para un tiempo de llegada fijo. El aumento del tiempo de llegada influye sobre el tamaño del paquete con que inicia el crecimiento del Delay. Al aumentar el número de estaciones el crecimiento de la gráfica inicia con un menor tamaño de paquete.

Familia 5.

En cada cuadro gráfico se confronta el tiempo de llegada contra el throughput para tres configuraciones, observándose que al disminuir el tiempo de llegada aumenta el throughput. Conforme el número de estaciones aumenta el throughput alcanza su punto de estabilidad con un mayor tiempo de llegada. Al observar varios cuadros, cada cuadro con un tamaño de paquete diferente, al aumentar el tamaño del paquete el throughput alcanza su estabilidad con un mayor tiempo de llegada.

Familia 6.

En cada cuadro gráfico se confronta el tiempo de llegada contra el Delay para tres configuraciones, observando que al disminuir el tiempo de llegada aumenta el throughput. Conforme el número de estaciones aumenta el Delay tiende a iniciar su crecimiento con un mayor tiempo de llegada. En cada cuadro se varía el tamaño del paquete y conforme este aumenta el Delay inicia su crecimiento con un mayor tiempo de llegada.

Familia 3.

Por cada cuadro, que muestra una configuración, se confronta el tamaño del paquete contra el Throughput, observándose que al aumentar el tamaño de paquete de transmisión aumenta el Throughput del sistema para un tiempo de llegada fijo. Al aumentar el tiempo de llegada el crecimiento del throughput es menos pronunciado. Al aumentar el número de estaciones (cada configuración cuenta con un diferente número de estaciones) el throughput máximo se alcanza con un paquete de menor tamaño.

Familia 4.

En cada configuración se confronta el tamaño del paquete contra el Delay, observando que al aumentar el tamaño del paquete aumenta el Delay para un tiempo de llegada fijo. El aumento del tiempo de llegada influye sobre el tamaño del paquete con que inicia el crecimiento del Delay. Al aumentar el número de estaciones el crecimiento de la gráfica inicia con un menor tamaño de paquete.

Familia 5.

En cada cuadro gráfico se confronta el tiempo de llegada contra el throughput para tres configuraciones, observándose que al disminuir el tiempo de llegada aumenta el throughput. Conforme el número de estaciones aumenta el throughput alcanza su punto de estabilidad con un mayor tiempo de llegada. Al observar varios cuadros, cada cuadro con un tamaño de paquete diferente, al aumentar el tamaño del paquete el throughput alcanza su estabilidad con un mayor tiempo de llegada.

Familia 6.

En cada cuadro gráfico se confronta el tiempo de llegada contra el Delay para tres configuraciones, observando que al disminuir el tiempo de llegada aumenta el throughput. Conforme el número de estaciones aumenta el Delay tiende a iniciar su crecimiento con un mayor tiempo de llegada. En cada cuadro se varía el tamaño del paquete y conforme este aumenta el Delay inicia su crecimiento con un mayor tiempo de llegada.

Familia 7.

Por cada cuadro gráfico se confronta el tamaño del paquete contra el throughput para tres configuraciones, observando que al aumentar el tamaño del paquete el throughput aumenta hasta alcanzar su estabilidad. Conforme el número de estaciones aumenta el throughput alcanza su estabilidad con un menor tamaño de paquete. En cada cuadro se tiene un diferente tiempo de llegada que conforme aumenta provoca que el throughput se estabilice con un menor tamaño de paquete.

Familia 8.

Por cada cuadro gráfico se confronta el tamaño del paquete contra el Delay para tres configuraciones, observando que al aumentar el tamaño del paquete aumenta el Delay. Conforme el número de estaciones aumenta el Delay inicia su crecimiento con un menor tamaño de paquete. Al aumentar el tiempo de llegada el Delay inicia su crecimiento también con un menor tamaño de paquete.

Familia 9.

Por cada configuración se confronta el throughput contra el delay observándose que al aumentar el delay aumenta el throughput hasta alcanzar su punto de estabilidad. Conforme el tamaño del paquete aumenta el throughput se estabiliza con un menor tiempo de delay. Al aumentar el número de estaciones el throughput se estabiliza con un menor delay.

Familia 10.

En cada configuración se confronta el throughput contra el delay, observando que al aumentar el delay aumenta el throughput hasta alcanzar su punto de estabilidad. Conforme aumenta el tiempo de llegada la estabilidad del throughput es alcanzada con un mayor delay. Al aumentar el número de estaciones el throughput se estabiliza con un mayor delay.

Para evaluar el comportamiento de la red se considera que un delay de $200mscg$ es el máximo permisible, debido a que el tiempo que tarda en transmitirse el paquete de mayor tamaño ($48Kbits$) es de $4.8mscg$ trabajando a

10Mbps como velocidad de transmisión, por lo que con este tiempo de delay se pueden transmitir hasta **41.66** paquetes de **48Kbits**.

Si consideramos **50** estaciones de trabajo y observamos el comportamiento del delay bajo los criterios ya mencionados, podemos observar que con el menor tamaño del paquete el delay que se alcanza con el menor tiempo de llegada no llega a ser considerable (menor de **50msseg**). Con el segundo tamaño de paquete (**5Kbits**) es posible aceptar el delay para tiempos de llegada no mayores a **10Kbits**. A medida que el tamaño del paquete aumenta el delay que puede ser aceptado va situándose a un mayor tiempo de llegada.

Considerando la influencia que tiene el tamaño del paquete sobre el throughput podemos mencionar que para los tiempos de llegada y tamaños de paquete mencionados en el párrafo anterior el throughput del sistema se situa por encima de **8Mbps** (es decir se tiene un porcentaje de utilización del **80%**) hasta llegar al límite máximo.

Observando el comportamiento que tiene el delay con respecto al tiempo de llegada podemos considerar que para los dos primeros tiempos de llegada (**10Kbits** y **100Kbits**) el delay es aceptable al manejar tamaños de paquete de hasta **8Kbits**. Para el tercer tiempo de llegada (**300Kbits**) el delay es aceptable para tamaños de paquete de hasta **10Kbits**. Para un tiempo de llegada de **1000Kbits** el tamaño límite del paquete es de **32Kbits**.

La influencia del tiempo de llegada sobre el throughput considerando los mismos tiempos de llegada y tamaños de paquete mencionados en el párrafo anterior, se situa por encima de los **9Mbps** (es decir, se tiene un porcentaje de utilización del **90%**).

La repercusión que tiene el número de estaciones sobre el delay, se puede resumir de la siguiente forma:

Al aumentar el número de estaciones y para considerar un delay aceptable tenemos que aumentar el tiempo de llegada. Para **10** estaciones y buscando un delay aceptable tenemos que considerar que el tiempo

de llegada no sea menor a **80Kbits**. Para 25 estaciones de trabajo este tiempo de llegada no debe ser menor de **300Kbits**. Finalmente para 50 estaciones el tiempo de llegada no debe ser menor a **360Kbits**. El comportamiento del throughput para cada una de las condiciones anteriormente mencionadas es mayor a **9Mbps**.

Comparando el delay contra el throughput del sistema y para el criterio aceptable de delay ya mencionado (menor de **200ms**) se observa que el throughput se sitúa por encima de los **9Mbps** (porcentaje de utilización del 90%) para los cuatro tamaños máximos de paquete. Se puede considerar que el comportamiento del tamaño de paquete más pequeño no está dentro del rango del throughput mencionado, lo cual se observa en las gráficas de throughput contra tiempos de llegada en la que cada gráfica representa un tamaño de paquete diferente.

Podemos observar que la influencia del área sobre el comportamiento del sistema es mínima. Esto se desprende de observar las gráficas en las que intervienen las diferentes configuraciones y en las que el parámetro de mayor influencia es el número de estaciones.

Una consideración importante a realizar en el desempeño de una LAN es su comportamiento con respecto al tamaño del paquete predominante que se utiliza para envío de información. Si desamos transmitir un gran banco de información y la transmisión se puede realizar en base a seccionar el banco en tamaños de paquete ¿Qué tamaño de paquete es recomendable utilizar? Basandose en la premisa de mantener un throughput constante en el sistema se pueden determinar los tiempos de delay que para ese throughput tendrán dos diferentes tamaños de paquete. Si comparamos el delay del menor tamaño de paquete contra el del mayor tamaño de paquete el primero será mayor que el segundo.

Para poder considerar que es conveniente la transmisión de paquetes grandes es necesario que se cumpla la siguiente relación:

$$\frac{\text{DelaydelPaqueteGrande}}{\text{DelaydelPaquetePequeno}} < \frac{\text{TamanodelPaqueteGrande}}{\text{TamanodelPaquetePequeno}}$$

El segundo factor de la relación se puede considerar que siempre es mayor que la unidad, mientras que el primer factor por lo ya mencionado es menor que la unidad, con lo que se puede concluir que el tamaño de paquete recomendable para la transmisión debe ser grande.

Se puede decir que el sistema tiene un comportamiento satisfactorio con respecto a dos puntos principales :

Throughput

Debido a que el throughput es un índice estrechamente relacionado con la utilización del sistema, se observa que para bajas cargas de trabajo y pequeños tamaños de paquete, la utilización es mínima, y aumenta en proporción al aumento de estos dos parámetros. Cabe mencionar que este índice tiende a estabilizarse a un valor de 10 *Mbit/s* o su equivalente porcentaje de utilización de 100%.

Delay

Se puede observar que al incrementarse el tamaño del paquete, la carga de trabajo y/o el número de estaciones, el delay del sistema se va incrementado sin llegar a un punto de estabilidad.

Analizando conjuntamente el throughput y el delay se puede decir que para bajas cargas de trabajo la influencia del delay del sistema contra su throughput es nula, manteniéndose estático para cualquier valor de delay. Es lógico pensar que cuanto mayor carga de trabajo exista el delay será mayor y afectará en mayor medida el throughput del sistema. Para pequeñas cargas de trabajo el throughput se mantiene estable en un nivel muy bajo.

Si consideramos el comportamiento de throughput, bajo condiciones de trabajo críticas, este índice mantiene su estabilidad en el nivel más alto permitido por las características de velocidad del sistema. Esto significa que aún en condiciones críticas se realiza la transmisión de paquetes a una tasa máxima. El comportamiento antes mencionado es característico de este arquitectura. En las topologías de tipo Anillo, Estrella y Arbol se muestra un fenómeno denominado CONGESTION, para condiciones críticas de trabajo, el

cual se caracteriza por llevar al sistema a una baja tasa de throughput y un tiempo de Delay muy alto.

Este estudio nos permite visualizar el comportamiento general de la arquitectura escogida, a través de la presentación de gráficas, la descripción de las características más importantes, y las diferencias más notables con otras arquitecturas.

Conclusiones

Dada la gran importancia y el gran interés que se está teniendo en el campo de las redes de computadoras, especialmente en las Redes Locales de Computadoras, hemos querido mostrar a través de este escrito los aspectos más relevantes para comprender los conceptos generales, terminología y funcionamiento de una LAN.

Con ello se ha buscado cumplir uno de los objetivos del presente escrito, el que se refiere a presentar una forma clara y accesible de introducción a las LAN's, y en consecuencia solucionar el primer obstáculo al que se enfrenta una persona cuando desea utilizar y/o comprender una LAN.

Un segundo objetivo, y no por ello menos importante, es el de sentar las bases de los criterios que puedan auxiliar a una persona en la decisión de la elección de una arquitectura y/o de una configuración de LAN. El estudio de evaluación que comprende el presente escrito (basado en la simulación sobre un modelo) abarca la evaluación de una arquitectura de Red Local específica, a la cual analiza bajo diferentes condiciones de trabajo.

Es necesario tener una dimensión exacta de los alcances del presente estudio. Dado que este estudio contempla un tipo de arquitectura específica, el criterio de selección se limitará a servir como auxiliar para determinar bajo que condiciones red que se evalúa en este escrito puede ser de utilidad. En caso de que la persona que realice la evaluación, haya decidido utilizar la arquitectura que se estudia en este escrito, el análisis y los resultados desprendidos del mismo pueden ser utilizados para apoyar las decisiones de configuración de una LAN.

Cabe mencionar que este estudio contempla una arquitectura específica y en consecuencia no es suficiente para considerarlo como base única para la toma de decisiones, en lo que se refiere a la selección de una entre varias arquitecturas. Por lo que es conveniente tener estudios complementarios que evalúen las opciones alternas que puedan existir. Sin embargo es necesario mencionar que en el desarrollo de este estudio de evaluación de desempeño de la arquitectura considerada, se describió la base teórica que sustenta el funcionamiento del modelo del cual se desprenden los resultados que son la

base de la evaluación de la red, y que esta misma base teórica es el punto de partida para la realización de estudios que analicen el desempeño de las arquitecturas alternas que pueden ser susceptibles de selección.

Bibliografía

I. COMPUTER NETWORKS

Autor: Andrew S. Tanenbaum

Edit: Prentice-Hall (1981).

II. DESIGNING AND IMPLEMENTING LOCAL AREA NETWORKS

Autor: Dimitris N. Chorafas

Edit: McGraw Hill (1986).

III. LAN'S, ISSUES, PRODUCTS AND DEVELOPS

Autor: V. E. Cheogn y R. A. Hirschheim

Edit: John Wiley and Sons (1983).

IV. LINKED LOCAL AREA NETWORKS

Autor: Mayne

Edit: Prentice Hall (1984).

**V. DESIGN AND STRATEGY FOR DISTRIBUTED DATA
PROCESSING**

Autor: James Martin

Edit: Prentice Hall (1981).

VI. COMPUTER SYSTEMS PERFORMANCE EVALUATION

Autor: Domenico Ferrari

Edit: Prentice Hall (1978).

**VII. A COMPUTER AND COMMUNICATIONS NETWORKS
PERFORMANCE ANALYSIS PRIMER**

Autor: Stuck

Edit: Prentice Hall (1980).

VIII. THE ETHERNET SOURCEBOOK

Autor: Artículos recopilados por IEEE.

IX. NETWORKS AND COMMUNICATIONS BUYER'S GUIDE

Digital Equipment Corp. (Julio-Septiembre 1985)

X. IEEE STANDARD FOR LOCAL AREA NETWORKS

" Logical Link Control " (ISO-DIS 8802/2)

Aprobado por : IEEE (Julio 1984)

ANSI (Diciembre 1984)

XI. IEEE STANDARD FOR LOCAL AREA NETWORKS

" Bus Utilizing CSMA/CD as Access Method "

(ISO-DIS 8802/3)

Aprobado por : IEEE (Julio 1984)

ANSI (Diciembre 1984)

XII. " LOCAL NETWORKS "

Publicacion: Computing Surveys (Marzo 1984).

XIII. " OSI REFERENCE MODEL-THE ISO MODEL ARCHITECTURE FOR OPEN SYSTEMS INTERCONNECTION "

Autor: Hubert Zimmerzann

Publicacion: IEEE Transactions Communications

(Vol COM-28 No. 4 Abril 1980).