

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**PROGRAMA SIMULADOR Y TUTOR DIDACTICO DEL
PROTOCOLO DE COMUNICACIONES DE REDES DE AREA
LOCAL CSMA/CD**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

DIEGO RUBEN SUAREZ BASANTES

JACK IVAN VIDAL CHICA

QUITO, MARZO 1999

Certifico que la presente tesis fue realizada
en su totalidad por los señores:

Diego Ruben Suárez Basantes

Jack Ivan Vidal Chica

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Corrales', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Dr. Luis Corrales
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional y sus profesores por la sólida formación recibida a lo largo de nuestra carrera universitaria.

A todas aquellas personas que de una u otra forma han colaborado en el desarrollo del presente trabajo.

Un reconocimiento especial al Dr. Luis Corrales, quién con su acertada dirección ha hecho posible la culminación de la presente tesis.

DEDICATORIA

A Dios, quién guía nuestro camino, por la oportunidad de alcanzar un nuevo objetivo en mi vida.

A mi familia, de manera especial a mis padres Sr. Fabián Suárez y Sra. Flor María Basantes, por su confianza, apoyo incondicional, e infinito cariño que constituyen la base de la fuerza interna que hace posible la exitosa culminación de una etapa más en mi vida.

Diego

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a Enma Chica y Araldo Vidal, mis padres, quienes día a día se esforzaron para que este feliz momento se cristalice.

Jack.

INTRODUCCION

CAPITULO I	1
REDES DE AREA LOCAL	1
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES	5
1.2.1 ESTÁNDARES EXISTENTES	8
1.3 HARDWARE DE LAS REDES DE ÁREA LOCAL	12
1.3.1 MEDIOS DE TRANSMISION	18
1.3.2 DISPOSITIVOS DE INTECONEXION	19
1.3.3 SERVIDORES Y ESTACIONES DE TRABAJO	
1.4 SOFTWARE DE LAS REDES DE ÁREA LOCAL	21
CAPITULO II	
EL ESTÁNDAR IEEE 802.3	35
2.1.ARQUITECTURA	36
2.2.METODO Y NOTACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE SERVICIO	36
2.3.ESPECIFICACIÓN DEL SERVICIO MAC	37
2.4.ESTRUCTURA DE LA TRAMA MAC	38
2.4.1. ELEMENTOS DE LA TRAMA MAC	39
2.4.2. TRAMAS NO VÁLIDAS	40
2.5.MODELO FUNCIONAL DEL METODO MAC	41
2.5.1. OPERACIÓN CSMA/CD	42
2.5.1.1. TRANSMISION SIN CONTIENDA	43
2.5.1.2. RECEPCION SIN CONTIENDA	44
2.5.1.3. OPERACIÓN CON CONTIENDA	45

2.6 ESPECIFICACIÓN DE SEÑALIZACIÓN FÍSICA E INTERFAZ AUI	51
2.6.1 ESPECIFICACIONES FUNCIONALES DE LA INTERFAZ AUI	51
2.6.2 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE AUI	54
2.6.2.1 FUNCIONES DE LA SUBCAPA PLS	54
2.7 SUBCAPA RS E INTERFAZ MII	56
2.7.1 ESPECIFICACIONES FUNCIONALES DEL MII	57
2.7.2 TRANSFERENCIA DE DATOS	58
2.7.3 FUNCIONES DE ADMINISTRACION	59
2.7.4 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE MII	61

CAPITULO III

IMPLEMENTACIONES DE 10 Mb/s y 100 Mb/s

3.1 GENERALIDADES	62
3.2 IMPLEMENTACIONES DE 10 Mb/s	63
3.2.1 FUNCIONES DEL MAU	65
3.3 IMPLEMENTACION TIPO 10BASE5	67
3.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE COAXIAL	68
3.3.2 CONECTORES PARA EL CABLE COAXIAL	69
3.3.3 MODELO DEL SISTEMA DE TRANSMISION	70
3.4 IMPLEMENTACION TIPO 10BASE2	71
3.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE COAXIAL	72
3.4.2 CONECTORES DEL TRONCO DE CABLE COAXIAL	72
3.4.3 MODELO DEL SISTEMA DE TRANSMISION	73
3.5 IMPLEMENTACION TIPO 10BROAD36	74

3.5.1	OPERACIÓN DEL MAU CON PAQUETES MENORES QUE 512 BITS	78
3.5.2	CARACTERISTICAS DEL CABLE COAXIAL	79
3.5.3	CONSIDERACIONES DEL SISTEMA	79
3.6	IMPLEMENTACION TIPO 10BASE-T	80
3.6.1	CARACTERÍSTICAS DEL SEGMENTO DE ENLACE SIMPLEX	81
3.6.2	ESPECIFICACIONES DEL MDI	82
3.6.3	FUNCION DE CRUCE	83
3.6.4	CONSIDERACIONES DEL SISTEMA	84
3.7	IMPLEMENTACION TIPO 10BASE-F	85
3.7.1	CARACTERISTICAS DEL MEDIO DE FIBRA OPTICA	87
3.7.2	CONECTORES DEL MEDIO OPTICO	88
3.7.3	IMPLEMENTACION TIPO 10BASE-FP	89
3.7.3.1	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES DE LA ESTRELLA 10BASE-FP	91
3.7.4	IMPLEMENTACION TIPO 10BASE-FB	91
3.7.5	IMPLEMENTACION TIPO 10BASE-FL	92
3.8	IMPLEMENTACION TIPO 1BASE5	93
3.8.1	ARQUITECTURA	95
3.8.2	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES	97
3.8.3	ESPECIFICACIONES DEL HUB	98
3.8.3.1	FUNCIONES DEL HUB PLS	99

3.8.4	INTERFAZ DEPENDIENTE DEL MEDIO	99
3.8.5	CARACTERISTICAS DEL SEGMENTO DE ENLACE	100
3.8.6	SINCRONIZACION	101
3.9	UNIDAD DE REPETIDOR PARA REDES DE BANDA BASE DE 10 Mb/S	101
3.9.1	COMPATIBILIDAD	103
3.9.2	FUNCIONES BASICAS	103
3.9.3	FUNCION DE AUTO PARTICION/RECONEXION	105
3.10	REDES MULTISEGMENTO DE BANDA BASE DE 10 Mb/s	105
3.10.1	MODELO DE SISTEMA DE TRANSMISION 1	106
3.10.2	MODELO DE SISTEMA DE TRANSMISION 2	108
3.11	IMPLEMENTACIONES DE 100 Mb/s	111
3.12	IMPLEMENTACION TIPO 100BASE-T4	111
3.12.1	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES PCS	113
3.12.2	INTERFAZ DE SERVICIO PMA	114
3.12.3	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES PMA	116
3.12.4	CARACTERISTICAS DEL SEGMENTO DE ENLACE	117
3.12.5	ESPECIFICACION DEL MDI	118
3.12.6	FUNCION DE CRUCE	118
3.12.7	CONSIDERACIONES DEL SISTEMA	120
3.13	IMPLEMENTACION TIPO 100BASE-X	120
3.13.1	SUBCAPA DEPENDIENTE DEL MEDIO FISICO (PMD)	121
3.13.2	SUBCAPA DE CODIFICACION FISICA (PCS)	122

3.13.2.1	ENCAPSULAMIENTO	124
3.13.2.2	MAPEO ENTRE MII Y PMA	125
3.13.3	SUBCAPA DE CONEXIÓN AL MEDIO FISICO (PMA)	126
3.13.3.1	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES	128
3.13.3.2	INTERFAZ DE SERVICIO DE SUBCAPA PMD	129
3.13.3.3	INTERFAZ DEPENDIENTE DEL MEDIO (MDI)	130
3.14	IMPLEMENTACION TIPO 100BASE-TX	130
3.14.1	ESPECIFICACION DEL SEGMENTO DE ENLACE	131
3.14.2	ESPECIFICACION DEL MDI	132
3.14.3	FUNCION DE CRUCE	133
3.14.4	CONSIDERACIONES DEL SISTEMA 100BASE-TX	133
3.15	IMPLEMENTACION TIPO 100BASE-FX	135
3.15.1	ESPECIFICACION DEL SEGMENTO DE ENLACE	135
3.15.2	ESPECIFICACION DEL MDI	136
3.15.3	FUNCION DE CRUCE	137
3.15.4	CONSIDERACIONES DEL SISTEMA 100BASE-FX	138
3.16	REPETIDORES PARA REDES DE BANDA BASE DE 100 Mb/s	139
3.16.1	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES	142
3.17	ALGORITMO DE AUTO NEGOCIACION	144
3.17.1	INTEROPERABILIDAD CON DISPOSITIVOS 10BASE-T EXISTENTES	146
3.17.2	COMPATIBILIDAD DE CABLEADO CON AUTO NEGOCIACIÓN	147
3.17.3	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES	147
3.17.4	INTERFAZ DE DE TECNOLOGIA DEPENDIENTE	157

3.18	REDES 100BASE-T MULTISEGMENTO	157
3.18.1	REDES MULTISEGMENTO DE SIMPLE DOMINIO DE COLISION	159
3.18.1.1	MODELO DE SISTEMA DE TRANSMISION 1	160
3.18.1.2	MODELO DE SISTEMA DE TRANSMISION 2	160
3.19	REDES 100VG ANY LAN	167

CAPITULO IV

ESPECIFICACION PRECISA DEL METODO CSMA/CD MAC

4.1	ESPECIFICACION PRECISA DEL METODO CSMA/CD MAC	173
4.1.1	DESCRIPCION DEL MODELO DE PROCEDIMIENTO	173
4.1.2	ORGANIZACIÓN DEL MODELO DE PROCEDIMIENTO	174
4.1.2.1	MODELO DE TRANSMISION DE TRAMAS	176
4.1.2.1.1	ENCAPSULAMIENTO DE TRAMAS	180
4.1.2.1.2	ADMINISTRACION DE ACCESO AL MEDIO PARA TRANSMISION	180
4.1.2.2	MODELO DE RECEPCION DE TRAMAS	185
4.1.2.2.1	DESENCAPSULAMIENTO DE DATOS RECIBIDOS	186
4.1.2.2.2	ADMINISTRACION DE ACCESO AL MEDIO DE RECEPCION	187
4.2	IMPLEMENTACIONES ESPECIFICAS	189
4.2.1	COMPATIBILIDAD	189
4.2.2	IMPLEMENTACIONES PERMITIDAS	190

4.2.3 VALORES PARAMETRIZADOS	190
4.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA SIMULADOR	191
4.3.1 FORMULARIO INICIAL	194
4.3.2 FORMULARIO DE TRABAJO	198
4.3.3 FORMULARIO DE SIMULACION	203
4.3.4 FORMULARIO DE PRESENTACION DE RESULTADOS	204
4.3.5 FORMULARIO DE INFORMACION AVANZADA	206
4.3.6 FORMULARIO TUTORIAL	207
CAPITULO V	
PRUEBAS DE SIMULACION	
5.1 PRUEBAS DE SIMULACION EN REDES DE 1 Mb/s	211
5.2 PRUEBAS DE SIMULACION EN REDES DE 10 Mb/s	213
5.3 PRUEBAS DE SIMULACION EN REDES DE 100 Mb/s	219
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES	226
GLOSARIO	
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

Desde hace dos décadas atrás el mundo experimenta una gran revolución en la aplicación de dispositivos semiconductores, tales como microprocesadores y memorias.

El costo de estos dispositivos ha descendido con rapidez, al tiempo que su complejidad y poder se han elevado en grado similar. Como resultado, los sistemas construidos con estos dispositivos han encontrado aplicación en casi todas las actividades de la vida diaria y continúan haciéndolo. Un sistema en particular, el computador, se ha convertido en una herramienta esencial en muchas industrias, negocios, universidades y otros lugares de trabajo. Con la caída en el costo de los semiconductores resulta cada vez más barato hacer computadoras de mayor capacidad.

También se ha hecho posible que cada usuario tenga su propio “computador personal”, cuando en el pasado habría tenido que compartir con varios usuarios un gran computador central.

Lamentablemente, aunque el costo de los semiconductores de las computadoras personales bajó, el costo de los periféricos, tales como impresoras y unidades de disco, había permanecido relativamente alto. Para reducir el costo efectivo de estos periféricos, se ideó un medio de compartirlos entre varios usuarios. Debido a la creciente cantidad de computadoras, se tenía la necesidad de la comunicación entre ellas para el intercambio de datos, programas, mensajes y otras

formas de información. Las redes de computadoras llegaron para llenar esta necesidad, proporcionando caminos de comunicación entre las computadoras conectadas a ellas.

Es así que, a partir de los primeros modelos que ofrecían velocidades de transmisión bajas (1 Mb/s), se han llegado a implementar, gracias al avance tecnológico experimentado en los últimos años, redes de alta velocidad hablándose hoy en día de velocidades en el orden de gigabits por segundo.

Debido a que los computadores enlazados en una red utilizan un simple medio de transmisión para compartir su información, se hace necesario proveer un mecanismo por medio del cual el acceso a dicho medio sea optimizado. Nacen entonces diferentes tipos de acceso que dan origen a diferentes tipos de red. Entre los métodos de acceso más conocidos podemos citar los siguientes:

- CSMA/CD
- Paso de testigo
- Demanda Prioritaria

De los métodos de acceso anotados, uno de los de mayor uso constituye el CSMA/CD implementado en las redes Ethernet y definido bajo el estándar 802.3 de la IEEE.

A fin de facilitar la selección de un determinado tipo de red, sería conveniente contar con un modelo que permita visualizar el

comportamiento de dicha red bajo diferentes condiciones de operación (tales como, número de estaciones presentes en la red, la carga del medio, las distancias entre estaciones, etc.) sin necesidad de implementarla físicamente.

Por tal, el objetivo del presente trabajo es elaborar un programa simulador del método de Múltiple Acceso con Censo de Portadora y Detección de Colisión (CSMA/CD) acompañado de un programa tutor para familiarizarse con el uso del mismo y obtener alguna información adicional acerca de los varios tipos de red que implementan este método de acceso.

El programa simulador tiene como objetivo particular facilitar la modificación de las características de la red, a fin de obtener información acerca de cómo la variación de determinados parámetros puede influir en el comportamiento de este método de acceso.

Si bien es cierto el comportamiento de una red CSMA/CD depende de varios factores, dentro de estos existen algunos que son de mayor relevancia y cuyo correcto manejo constituye un aspecto crítico en el rendimiento de una red CSMA/CD. Dentro de estos factores podemos citar los siguientes:

- Velocidad de la red.
- Máxima longitud de un segmento.
- Número de estaciones presentes en la red.

- Tipo de medio de transmisión.
- Velocidad de propagación del medio de transmisión.
- Tamaño de los paquetes de información a transmitir.
- Retardos inherentes de MAUs y PHYs (originado por las funciones que estos realizan).

Por esta razón, dentro del presente trabajo se resaltarán únicamente aquellos factores que influyen de manera considerable en el comportamiento del método de acceso CSMA/CD.

Además, el programa simulador tendrá como otro objetivo generar información acerca de aspectos tales como: el tiempo empleado en la transmisión de un paquete de datos, el número de colisiones experimentado por dicho paquete, el tiempo de diferimiento de la transmisión debido a una colisión, y el número de intentos hasta que la transmisión ha tenido éxito. Estos valores, proveerán una medida de la eficiencia del protocolo CSMA/CD bajo las diferentes condiciones de operación permitidas por el programa de simulación.

En cuanto al programa tutor, éste tiene como objetivo proporcionar una ayuda en línea y contener además de la información de los valores de los parámetros arriba anotados, un breve resumen de los diferentes tipos de implementaciones que emplean el protocolo CSMA/CD como mecanismo de acceso al medio.

Un correcto empleo del programa tutor permitirá obtener el mayor provecho del programa de simulación.

Para un mejor entendimiento de la terminología aquí usada se comienza con un breve detalle de las características más importantes de las redes de área local, proporcionando información acerca de su componentes, principalmente en hardware, pero sin descuidar el tema relacionado con el software que estas requieren para su adecuada operación.

Para la realización de la presente tesis es de fundamental importancia el análisis del estándar IEEE 802.3, ya que éste define de una manera precisa el protocolo CSMA/CD. De ahí, que el programa simulador constituirá la implementación de las funciones del método CSMA/CD MAC modeladas como un programa escrito en lenguaje Visual Basic. Este modelo de procedimiento es pensado como la especificación de las funciones provistas en cualquier implementación CSMA/CD MAC.

Así, se especifica el modelo arquitectónico usado por el estándar IEEE 802.3, se definirán las interfaces de compatibilidad requeridas por este estándar, la forma como una capa provee un servicio a otra, y las características más relevantes de las capas presentes dentro del modelo presentado por el estándar IEEE 802.3, a fin de dar una

visión global de la forma como interactúan las capas que conforman dicho estándar.

Se definirá el método CSMA/CD, proveyendo sus características tanto para el caso de operación sin contienda así como también para aquellos casos que involucran al menos una colisión.

El estándar IEEE 802.3 está intentando abarcar varios tipos de medios y técnicas para señales con velocidades a partir de 1 Mb/s a 100 Mb/s. El capítulo III de la presente tesis proporciona las especificaciones necesarias para los sistemas de banda base de 10 Mb/s, los sistemas de banda ancha de 10 Mb/s, un sistema de banda base de 1Mb/s, una unidad de repetidor, y las consideraciones para la construcción de redes de 10 Mb/s multisegmento. Las especificaciones adicionales para un sistema de 100 Mb/s han sido aprobadas por la IEEE bajo el estándar 802.3u y son consideradas en el capítulo III de este trabajo.

Como una parte de las especificaciones para redes de 100 Mb/s se incluye una breve introducción a un tipo particular de red denominado 100VG Any LAN. 100 VG Any LAN definida por la IEEE bajo el estándar 802.12 constituye una red de gran flexibilidad ya que soporta el transporte de tramas de datos con diferentes formatos (por ejemplo, IEEE 802.3 e IEEE 802.5) razón por la cual ha experimentado una gran acogida dentro del mercado computacional.

100 VG Any LAN trabaja con el método de acceso denominado Demanda Prioritaria el cual constituye un método de acceso totalmente diferente al método CSMA/CD. En tal virtud, 100 VG Any LAN no será considerada dentro de las funciones del programa simulador.

Posteriormente, se detallará la especificación exacta del método de acceso CSMA/CD, tal como será implementado en un programa de computadora en lenguaje Visual Basic, acompañado del código fuente que hace posible la simulación de dicho método de acceso.

Como una forma de visualizar los resultados arrojados por el programa el capítulo V incluye varias pruebas de simulación. Dentro de estas pruebas será factible encontrar los resultados de la simulación para un tipo de red bajo diferentes condiciones de operación, así como los resultados de la simulación para diferentes tipos de implementación (10BASE-T, 10BASE5, 100BASE-T, etc.).

Finalmente, se resaltarán los puntos más importantes de la presente tesis.

1.1 Introducción

Las redes de área local se originaron como un medio para compartir dispositivos periféricos en una organización. A partir de esta primera aplicación se han usado para muchos propósitos, incluyendo las bases para sistemas de cómputo fiables y complejos en los cuales las tareas relacionadas con un computador central se distribuyen en varias máquinas más pequeñas.

Las distancias que cubre una red de área local son relativamente pequeñas, y ello permite usar medios de comunicación de alto rendimiento sin influir demasiado en el costo total del sistema. Esto significa que las velocidades a las cuales se transfiere la información pueden ser altas sin la costosa necesidad de fortalecer la señal que se transporta por la trayectoria de comunicación a intervalos frecuentes. Esto también reduce el costo de conexión a una LAN.

Las redes de área local se pueden usar dondequiera que se necesite el intercambio de información entre grupos de dispositivos a distancias modestas. Esto significa que son apropiadas para usarse en la mayoría de los centros de actividad humana, como la industria, los negocios, las escuelas, los hospitales y el hogar.

Se pueden entonces definir a las redes LAN como una colección de computadoras independientes las cuales tienen la facilidad de comunicarse con otras sobre un medio común y están usualmente confinadas a un área geográfica pequeña, tal como un simple edificio o un campus universitario. Las LANs pueden enlazar muchos cientos de sistemas y servicios, además de muchos miles de usuarios.

En la Figura 1-1 se muestra la estructura típica de una LAN; como se puede observar, se incluye una impresora como componente de la red, aunque también podrían incluirse otros dispositivos tales como scanners o plotters, siendo estos precisamente el hardware a ser compartido y que pueden estar conectados a las estaciones, al servidor o directamente a la red a través de una tarjeta de red. Las características y funciones de los demás componentes se detallarán más adelante.

1.2 Características generales

Una red de área local es simplemente un mecanismo de transporte de datos, y no necesariamente implica una solución a los problemas existentes en las aplicaciones. Por lo tanto, un correcto análisis de las necesidades del usuario, hecho al comienzo, puede extender el ciclo de vida de la red, limitar los costos de mantenimiento y asegurar un servicio más adecuado a los usuarios.

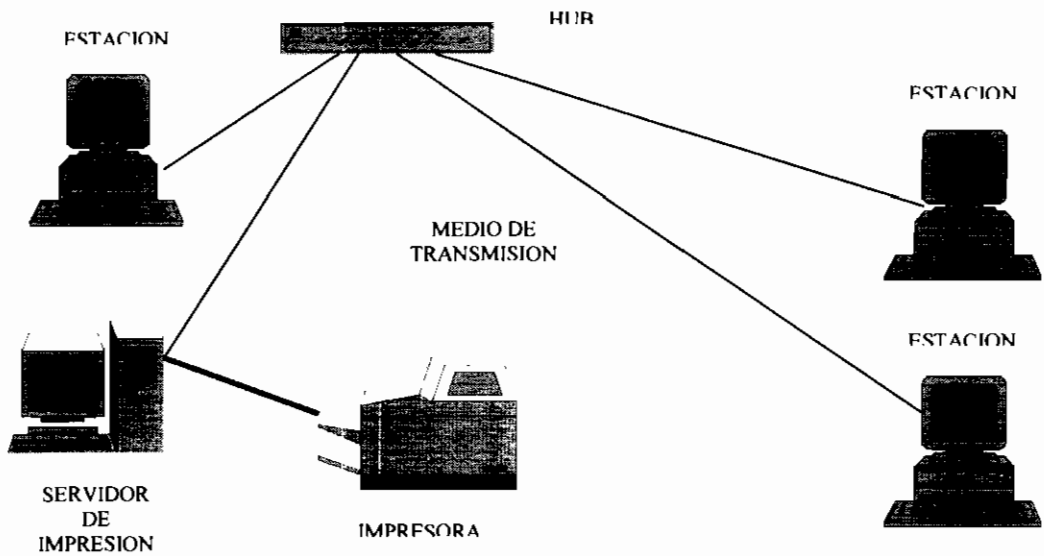


Figura 1-1. Estructura de una LAN

Existen algunas preguntas básicas que deberían ser contestadas antes de decidir por un modelo específico. Mencionemos algunas de ellas:

1. Teniendo en cuenta la aplicación direccionada, ¿qué tipos de dispositivos y cuántos se pretende interconectar? ¿Bajo qué topología?
2. Dependiendo del tipo de procesamiento, ¿qué requerimientos en tiempos de respuesta del sistema se esperan? ¿Cuál es el volumen de datos por unidad de tiempo que se transferirá?
3. ¿Cuál será el alcance físico que debe tener la red?
4. ¿Es necesario que múltiples dispositivos accedan a la red simultáneamente? ¿Cuántos y con qué tolerancia?

5. ¿Qué facilidades de reconfiguración ofrece la red a instalar? ¿Cuáles son los requerimientos adicionales y su costo, si se quieren realizar cambios?

Sin duda que estos no son todos los parámetros a evaluar, pero sí son de los más relevantes, y son precisamente estos los que determinan las características de la red. Una decisión desacertada es mucho más que una red lenta.

1.2.1 Estándares existentes

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), ha desarrollado una familia de estándares referentes a redes locales, conocido con el número 802. La diversidad de métodos de acceso, protocolos de línea, medios físicos, dispositivos conmutables, aplicaciones, etc., ha impuesto la necesidad de unificar criterios para hallar una solución armónica y eficiente, que ahorre esfuerzos aislados y busque un nivel de compatibilidad a través del desarrollo de recomendaciones (estándares) de uso “universal” para beneficio del usuario final.

Las recomendaciones pueden resumirse como sigue:

- IEEE 802.3, la cual consiste en una especificación para redes locales con topología de canal (bus), usando CSMA/CD como método de acceso.
- IEEE 802.4, la cual define una LAN, tipo canal, que usa “Token Passing” como método de acceso.
- IEEE 802.5, la cual define una LAN, tipo anillo, usando “Token Passing” como método de acceso.
- IEEE 802.6, que trabaja sobre especificaciones para redes metropolitanas.

Como se ha dicho, muchos son los factores que intervienen en la problemática de las LANs y por tanto no puede existir una única solución óptima en todos los casos.

Por ejemplo, el CSMA/CD es adecuado –según la experiencia existente– para LANs de propósito general en edificios con características de “oficina”, donde los tiempos no son críticos. En cambio, el “Token Bus”, por su característica determinística, permite que el usuario asegure el acceso desde cualquier nodo en un tiempo razonable, cualquiera sea la aplicación. Este método ha demostrado ser adecuado en procesos de control de producción y automatización de fábricas, donde los tiempos pueden ser críticos.

El esquema de la Figura 1-2 muestra una comparación entre el modelo OSI y la familia de estándares IEEE 802.

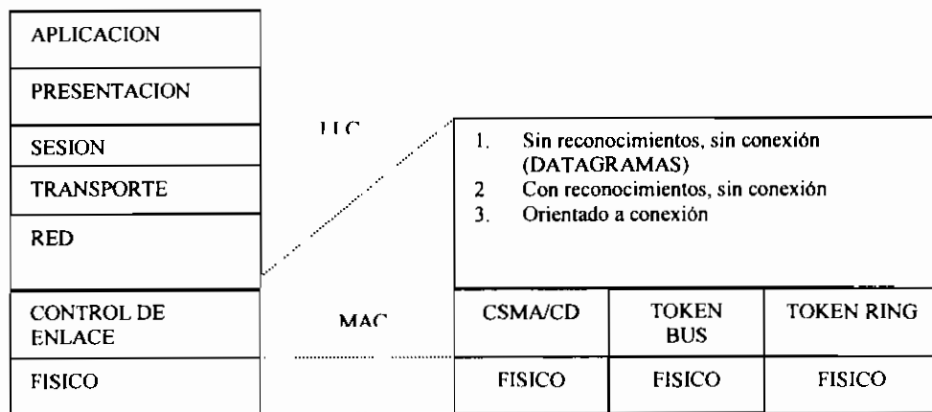


Figura 1-2. Estándares IEEE 802 y su relación con el modelo OSI

Como se ha mencionado anteriormente, el protocolo CSMA/CD se encuentra definido bajo el estándar 802.3 de la IEEE, razón por la cual es indispensable hacer el análisis de este estándar y de allí implementar un programa que permita simular el comportamiento de dicho protocolo.

La IEEE en su estándar 802.3 determina la especificación exacta de cómo opera el método de acceso CSMA/CD de tal forma de hacer posible la implementación de dicho protocolo como una combinación de componentes de hardware y software. Se detallan las características funcionales, eléctricas, y mecánicas de los componentes utilizados en la construcción de los diferentes tipos de red abarcados por dicho estándar. Así, es posible encontrar información acerca de los requisitos

de diseño que deben cumplir dispositivos tales como: la interfaz AUI, la interfaz MII, las unidades de conexión al medio (MAUs), conectores, los distintos medios de transmisión empleados, y las unidades de repetidores. Adicionalmente el estándar IEEE 802.3 especifica aspectos propios de cada uno de los tipos de implementaciones que éste define.

Dentro de estos aspectos se pueden citar: la topología utilizada por una red, el número máximo de estaciones que esta puede interconectar, su alcance, su velocidad, la forma como la información es codificada para su transmisión, el tipo de elementos usados por esta (MAUs, conectores, medio de transmisión, etc.). En cuanto a la especificación de capa física, los medios de identificación de cada implementación son dados por tres campos simples. En general, el tipo de capa física es especificado por estos campos:

<velocidad de datos en Mb/s> <tipo de medio> <máxima longitud del segmento (x 100)>

Finalmente el estándar define las consideraciones para la construcción de redes de banda base multisegmento tanto para velocidades de 10 Mb/s y 100 Mb/s de tal forma de garantizar la correcta operación del protocolo.

Si se desearía realizar un modelo **exacto** del comportamiento de una red sería necesario no solo limitarse al estudio teórico de las características dadas en el estándar correspondiente, sino además se deberían investigar, entre otros aspectos, el tipo de aplicaciones presentes en una red, los requerimientos de cada usuario, la forma como los usuarios acceden a estas aplicaciones; en otras palabras, investigar la carga generada por cada usuario de la red. Por tal, el anterior análisis debería ser realizado para cada red particular lo que conllevaría a un trabajo interminable. A fin de facilitar una forma de simular lo que un usuario experimentaría en una red, se trabajará con diferentes niveles de carga también simulados, simplificando así la tarea de investigación de las redes CSMA/CD existentes abarcándolas de una manera general. Es justamente por este motivo que se debe optimizar el modelo considerando únicamente las principales características de las redes CSMA/CD que influyen en el comportamiento de este mecanismo de acceso.

De la gran variedad de factores señalados en el estándar IEEE 802.3 y que determinan el desempeño del protocolo CSMA/CD, un grupo de ellos se destaca por afectar de una manera más notoria al comportamiento del protocolo bajo análisis. De ahí que los primeros capítulos de este trabajo se centrarán en el análisis del estándar IEEE.

802.3 para encontrar aquellos factores que influyen en mayor grado en el comportamiento del protocolo CSMA/CD.

1.3 Hardware de las redes de área local

Las redes de área local están compuestas tanto de elementos de hardware como de software. Estos elementos dependerán del tipo de implementación y su correcto complemento garantizará el adecuado funcionamiento del sistema.

Los siguientes párrafos definen de una manera general los elementos que componen una red LAN, haciendo énfasis en aquellos aspectos que de manera significativa influyen en el rendimiento del protocolo CSMA/CD.

Los valores exactos de estos parámetros serán presentados en las especificaciones correspondientes a cada tipo de implementación definidas por el estándar.

1.3.1 Medios de transmisión

El medio de transmisión es el camino físico entre el transmisor y el receptor dentro de un sistema de transmisión de datos. Las

características y calidad de una transmisión de datos están determinadas por la naturaleza de la señal y del medio. En el caso de medios guía, el medio por sí mismo es más importante en la determinación de las limitaciones de la transmisión.

Dentro de los tipos de red definidos en el estándar IEEE 802.3, la totalidad de ellos usan como camino de transmisión un medio físico (cable), en tal virtud, el análisis de parámetros tales como velocidad de propagación, ancho de banda, y alcance del medio físico son de fundamental importancia.

Por ejemplo, la velocidad de propagación del medio de transmisión, determina la máxima longitud que un segmento de enlace de este tipo puede soportar sin incurrir en excesivos retardos que ocasionarían una incorrecta operación del protocolo y por ende un mal funcionamiento de la red. En cuanto al ancho de banda, este determinará la velocidad a la cual se puede transmitir la información a través del medio físico. En consecuencia los parámetros antes anotados serán considerados dentro del grupo de factores que afectan de manera significativa la operación de la red, y serán especificados en cada implementación donde ellos son empleados.

A continuación se detallan las principales características de los medios de transmisión más utilizados en las redes de área local.

Par trenzado

Un par trenzado está formado por dos hilos aislados de cobre entrelazados de manera espiral. Generalmente estos pares se agrupan en un solo cable y se cubren con una malla protectora. La Figura 1-3 muestra un cable de este tipo.

Los cables de par trenzado requieren de amplificadores cada 5 o 6 Km para señales analógicas. Para señales digitales, se usan regeneradores cada 2 o 3 Km.



Figura 1-3. Cable de par trenzado

En los pares trenzados, su ancho de banda depende del calibre del alambre y de la distancia de la corrida; en muchos casos pueden obtenerse transmisiones de varios megabits por segundo en cortas distancias, como por ejemplo en una red 10BASE-T donde la velocidad de transmisión es de 10 Mb/s para una longitud de cable de par trenzado (UTP Categoría 3) de 100 m.

El cable de par trenzado puede ser de dos clases: sin blindaje o UTP (Unshielded twisted pair) y con blindaje o STP (Shielded twisted pair). El cable UTP ofrece muchas ventajas sobre el cable coaxial ya que este es más económico y de fácil instalación.

La Tabla 1-1 lista las características más relevantes de las diferentes categorías de cable UTP existentes, así como las principales características del cable STP.

Tipo de cable	Velocidad	Observación
UTP Cat. 5	≥ 100 Mb/s	Dentro de los cables UTP es el de más alto grado y el más costoso
UTP Cat. 4, 3	Hasta 100 Mb/s	Son los más populares. En la actualidad se los utiliza con velocidades de transmisión de hasta 100 Mb/s como es el caso de las redes 100BASE-T4 y 100BASE-T2
UTP Cat. 2,1	≤ 5 Mb/s	Son los de más bajo grado y por ende los menos costosos
STP	≥ 100 Mb/s	Son los cables de par trenzado más costosos y son utilizados en redes 100BASE-TX

Tabla 1-1. Características de los cables de par trenzado

Cable coaxial

El cable coaxial, es otro medio típico de transmisión. La Figura 1-4 muestra un corte de un cable coaxial.

La construcción de un cable coaxial produce una buena combinación de un gran ancho de banda y una excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda que se puede obtener depende de la longitud del cable;

para cables de 1 Km por ejemplo, es factible obtener velocidades de datos de hasta 10 Mbps, y en cables de longitudes menores, es posible obtener velocidades superiores.

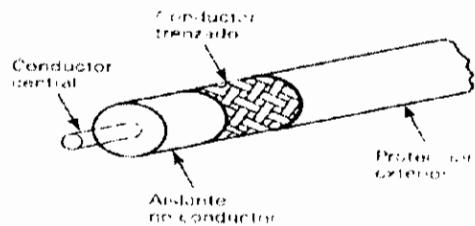


Figura 1-4. Cable coaxial

Los cables coaxiales se emplean ampliamente en redes de área local (10BASE5, 10BASE2, y 10BROAD36) y para transmisiones de larga distancia del sistema telefónico.

En cuanto a las aplicaciones en redes 802.3 de banda base se diferencian dos tipos de cable coaxial, estos son:

- Thick coax o Ethernet grueso: este tipo de cable coaxial es semejante a una manguera de jardín marcado cada 2.5 metros con objeto de indicar los lugares donde deben ser conectadas las estaciones.
- Thin coax o Ethernet delgado: es más pequeño y más flexible. Este es mucho más económico, pero solo puede utilizarse para distancias cortas.

Además de la clasificación anterior, existe otra de carácter más general que determina dos tipos de cables coaxiales; de banda base y de banda ancha.

El cable coaxial de banda base constituye un cable coaxial cuya impedancia característica es de 50Ω , que se utiliza en la transmisión digital, y presenta entre otras las siguientes características:

- Alcance de 1 a 10 Km.
- Ancho de banda, 10 Mbps.
- Poca inmunidad a los ruidos. Puede mejorarse con filtros.
- Bajo costo, simple de instalar y bifurcar.

El cable coaxial de banda ancha constituye un cable coaxial cuya impedancia característica es de 75Ω . El sistema que considera este tipo de cable coaxial emplea la transmisión analógica en el cableado que se utiliza comúnmente para el envío de la señal de televisión por cable.

Para la mayoría de las aplicaciones, el ancho de banda adicional de los sistemas de banda ancha no llega a justificar su complejidad y elevado costo, de tal manera que los sistemas de banda base son los de mayor uso.

Fibras ópticas

Los desarrollos recientes en los campos de la tecnología óptica han hecho posible la transmisión de información mediante pulsos de luz.

El cable de fibra óptica es más caro, pero este es invaluable para situaciones en las cuales las emisiones electrónicas y los riesgos ambientales son de importancia. La situación más común donde estas condiciones se presentan en una red es en conexiones LAN entre edificios.

El cable de fibra óptica puede ser usado en áreas en donde grandes cantidades de interferencias electromagnéticas se presentan, por ejemplo en una fábrica de acero.

El sistema de transmisión por fibra óptica se basa en los principios de reflexión y refracción de la luz. Es así posible encontrar dos tipos de cable de fibra óptica, fibras monomodos y fibras multimodos las cuales se ilustran en las Figuras 1-5a y 1-5b respectivamente.

Los enlaces de fibra óptica están siendo empleados en la instalación de líneas telefónicas y como columna vertebral (backbone) de las redes LAN. La fibra de un solo modo y la fibra multimodo pueden soportar diferentes longitudes de onda de luz y pueden emplear fuentes de luz

láser o LED. En la fibra óptica, la luz se propaga mejor en tres longitudes de onda centradas en 850, 1300 y 1500 nm.

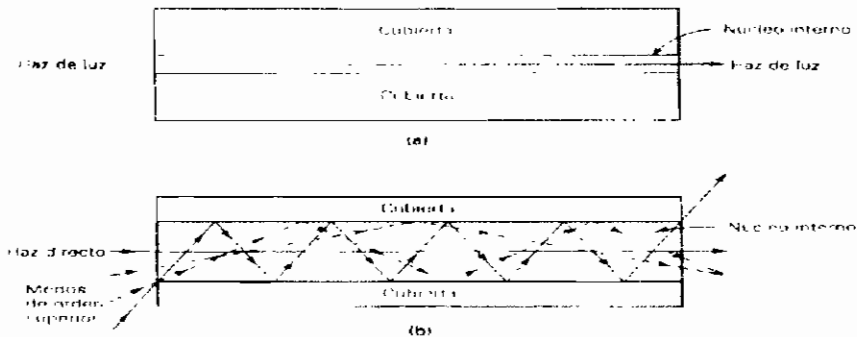


Figura 1-5: a) Fibra monomodo b) Fibra multimodo

1.3.2 Dispositivos de interconexión

Conectores

Son dispositivos diseñados para la conexión o “enlace” del medio de transmisión a un DTE. Debido a la gran variedad de arquitecturas de redes de computadoras existentes en el mercado, se hace necesario una extensa gama de conectores para cubrir los requerimientos de cada una de estas. Un conector dado, puede tener aplicación en uno o más tipos de redes, de acuerdo con las características de éste y con los requerimientos de la red. Así por ejemplo es posible encontrar conectores RJ-45 (4 pares), en redes 10BASE-T y en redes Token Ring corriendo a una velocidad de 10Mbps.

Tarjetas de red

Independientemente del tipo de cable que se use, las computadoras se conectan a la red por medio de una tarjeta de red, o adaptador de red (LAN adapter). Las tarjetas de red también conocidas como NICs (Network Interface Cards), tienen como una de sus funciones convertir las señales binarias que maneja el computador en señales más potentes que se transmitirán por el medio.

En muchos casos, las NICs son diseñadas para conectarse en el interior de uno de los slots I/O de la tarjeta madre de un computador (interna), pero es también posible que está sea diseñada para ser ubicada externamente (por ejemplo, conectado al puerto serial de un computador a través de una interfaz RS-232).

La tarjeta de red es la responsable de aceptar los datos desde la computadora y transmitirlos a la red usando como vía su *transmisor*. La NIC es también responsable de recibir los datos desde la red usando como vía su *receptor*, transfiriendo los datos recibidos al computador.

Sin embargo las NICs internas o externas son idénticas en lo que a la red le concierne.

Es evidente que la tarjeta de red tiene un número substancial de tareas, ya que al contrario de un sistema centralizado cada computador es responsable de determinar cuando éste puede transmitir.

Basado en las varias tareas que la NIC tiene que realizar, esta es dividida en varias secciones, la división de la NIC dependerá del tipo de red implementada, y cada una de las partes tendrá la responsabilidad de ejecutar un grupo determinado de tareas tal como lo especifique el protocolo.

La Figura 1-6 muestra una tarjeta de red 802.3 dividida en cada uno de sus segmentos, la discusión de las tareas que cada uno de estos cumple se detalla a continuación.

La sección *Administrador LAN*, es el cerebro de la tarjeta. Esta es responsable de la ejecución y administración de todos los procedimientos y procesamiento de datos en torno al protocolo LAN.

La sección *micro* contiene un microprocesador, un chip RAM y un chip ROM, esta sección provee el enlace entre el computador y la sección anterior.

La sección *NRZ-a-Manchester* recibe una señal NRZ desde la *Administrador LAN* y la convierte en una señal Manchester. La sección *Manchester-a-NRZ* recibe una señal Manchester desde la red y la convierte en una señal NRZ.

Las secciones *transmisión* y *control de transmisión* son responsables por la transmisión de tramas.

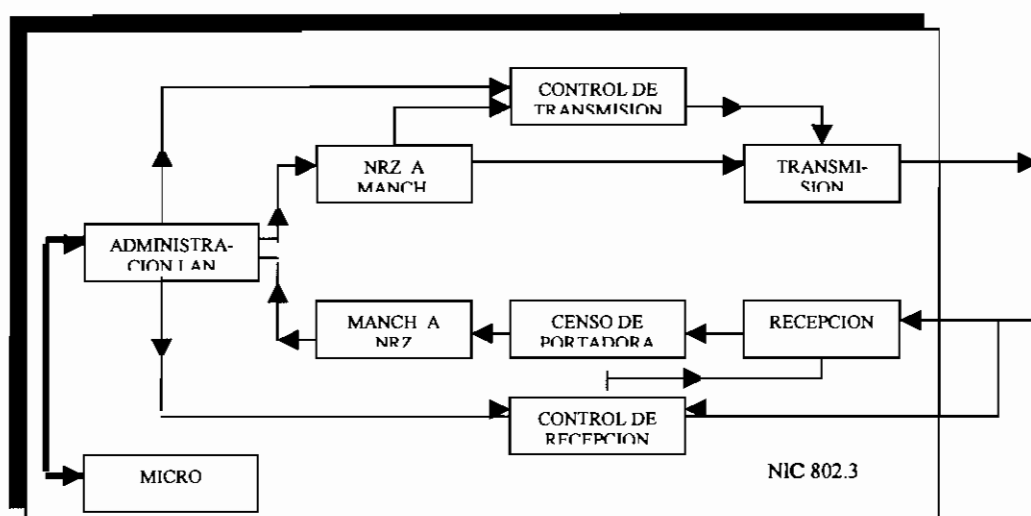


Figura 1-6. Tarjeta de red 802.3

Las secciones *recepción* y *control de recepción* son responsables por la recepción de tramas.

La sección *censo de portadora* es la responsable de determinar el estado de la red. Esta sección genera señales de control las cuales proveen

información acerca de la presencia o ausencia de portadora (carrier) sobre el cable de red.

HUBS

Antiguamente las redes de área local consistían simplemente de un cable que corría de oficina a oficina interconectando las computadoras, estaciones de trabajo y otros dispositivos. Debido a su simplicidad se hicieron rápidamente populares, pero el cable compartido presentaba dificultades a medida que las LANs cambiaban.

Los hubs reemplazan al simple cable con un sistema de cableado en estrella en los cuales los cables provenientes desde cada oficina convergen en un punto central.

Los hubs son dispositivos con múltiples puertos de usuarios a los cuales se conectan las computadoras y periféricos. Cuando un paquete se transmite desde una estación hacia el hub de una red Ethernet por ejemplo, éste es copiado hacia todos los otros puertos del hub. A pesar de que cada estación está conectada al hub con su propio cable, todas las estaciones ven todavía a cada paquete como si se encontrara sobre el bus de la red. De esta forma una red basada en hub es todavía una LAN de medio compartido.

Los hubs actúan como un repetidor, regenerando las señales que arriban a cada puerto y enviando estas fuera nuevamente. El cableado en estrella simplifica la administración y mantenimiento de las LANs dándoles mayor flexibilidad para cambios futuros.

Los hubs presentan el problema de dividir el ancho de banda. Por esta razón se han introducido nuevos tipos de hubs denominados hubs multisegmento. Los hubs multisegmentos se encargan de dividir la red en segmentos. Pocos usuarios por segmento, y baja contienda por el ancho de banda hace posible que el rendimiento de la red aumente.

Debido al hecho de que cada segmento constituye un dominio de difusión separado, los hubs multisegmento requieren de dispositivos tales como puentes o ruteadores para mover tramas entre segmentos.

Existen tres tipos de hubs:

1. Hubs simples: son productos con un número fijo de puertos
2. Hubs modulares: ofrecen un chasis con múltiples ranuras para sostener tarjetas o módulos de comunicaciones.
3. Hubs estacables: son similares a los hubs simples, excepto que pueden ser conectados entre sí para operar como una unidad simple.

Los denominados *hubs inteligentes* son hubs administrables, es decir que cada puerto puede ser configurado, monitoreándolo y habilitándolo o deshabilitándolo por un operador de la red desde la consola de administración.

Adicionalmente, cuando los equipos fuente y destino se encuentran en redes diferentes, se complican los problemas de enrutamiento, pues no sólo se debe resolver el problema de buscar caminos a través de una o más redes intermedias, sino que las mismas pueden caracterizarse por utilizar topologías y/o protocolos diferentes.

Los casos básicos a resolver son: conectar dos LAN, una LAN con una WAN, y dos WAN.

En cualquiera de los casos es necesario un elemento entre los dos tipos de red que haga las conversiones necesarias para permitir la comunicación, de manera que una estación en una red pueda ver a cualquiera de las estaciones en una red remota como si formara parte de su misma red local. Estos elementos se detallan a continuación

Repetidores

Cuando los segmentos exceden su máximo número de nodos o su máxima longitud, la calidad de la señal comienza a deteriorarse. Los

repetidores operan en la capa física del modelo OSI y proveen la amplificación de la señal y la sincronización requerida para conectar los segmentos.

La división de un segmento en dos o más segmentos con un repetidor permite a una red continuar con su crecimiento. La conexión de un repetidor cuenta como un nodo dentro del límite total de nodos a ser conectados sobre cada segmento.

Los repetidores también monitorean todas las características básicas de los segmentos conectados. Cuando estas condiciones no son reunidas en un segmento en particular, por ejemplo cuando una rotura ha ocurrido en un segmento de una Ethernet, todos los segmentos de la red pueden llegar a ser inoperables. Los repetidores limitan el efecto de estos problemas para la sección de cable faltante por “segmentación” de red, desconectando el segmento problema sin afectar el funcionamiento normal de los otros segmentos.

Puentes

Operan en la capa 2 del modelo OSI y permiten a las estaciones sobre diferentes segmentos comunicarse como si estuvieran conectadas sobre el mismo cable. Por tratarse los segmentos conectados como simples

dominios de difusión los puentes proveen transparencia de protocolos independientemente de las conexiones entre segmentos LAN.

Potencialmente todas las tramas que arriban a un puerto del puente son difundidas en todos los puertos de salida, los cuales primeramente las descomprimen y las transmiten por difusión (broadcast) desperdiciando de esta manera valioso ancho de banda.

Los puentes inteligentes alivian este problema por almacenamiento del campo de direcciones de las tramas y usando esta información para direccionar las tramas subsecuentes al segmento correcto realizando así una transmisión *unicast*. La transmisión de difusión (*broadcast*) se reserva para cuando la dirección de destino no se encuentra bien definida o para cuando se da el apareamiento de nuevos dispositivos en la red, y para informar del estado de la configuración a todas las estaciones.

Debido al hecho de que el número de estaciones puede aumentar y por ende el número de direcciones necesarias para identificarlas a través de la red, la tabla en la cual se almacenan las direcciones de cada estación puede llegar a rebasar su capacidad, en este caso el puente inteligente actúa como un puente convencional, (es decir realiza la difusión de la

información hacia todos los puertos) presentándose nuevamente el problema de división del ancho de banda.

Un puente LAN constituye un simple plano espacial de direcciones con igual acceso para todas. Sin información de la capa red, los puentes no pueden establecer prioridades de tráfico, por lo que una simple transferencia de archivos (que posee baja prioridad) puede convertirse en una transacción crítica.

Switch

Es un dispositivo con múltiples puertos, el cual puede soportar una estación simple o una LAN Ethernet o Token Ring entera. Actúa como un puente multipuerto de alta velocidad, conmutando paquetes entre LANs conectadas a cada puerto basados en las direcciones de destino.

Los switches operan en la capa 2 del modelo OSI. Esta tecnología es un resurgimiento de la tecnología de los puentes, pero más simple, menos costosa y con mejor rendimiento.

Los switches toman la decisión de envío basados en la dirección MAC de cada paquete. Generalmente no consideran otra información dentro del paquete. Pueden enviar los datos con muy bajo retardo, teniendo un

rendimiento cercano al de una LAN simple. Están disponibles para Ethernet, Fast Ethernet, FDDI ATM y Token Ring.

Tienen una transparencia de protocolo tal que permiten ser instalados en redes que corren múltiples protocolos con poca o ninguna configuración por software.

Usan el cableado, los repetidores/hubs, y los adaptadores de red existentes sin actualizaciones costosas de hardware. Simplifican movimientos adicionales y cambios.

Los switches resuelven la escasez de ancho banda en base a la segmentación. La segmentación es la acción de mejorar el rendimiento de una red grande dividiéndola en múltiples LANs más pequeñas, menos congestionadas mientras se mantiene la conectividad entre ellas.

Ruteador

Es un dispositivo que usa la información del protocolo de capa red (capa 3 del modelo OSI) para enrutar eficientemente paquetes de datos entre subredes sobre una gran red empresarial extendida dividida en segmentos.

Los ruteadores se comunican entre sí, intercambiando información que les permite encontrar la mejor ruta a través de una inter-red compleja.

Los ruteadores multiprotocolo deben poder reconocer y enrutar los varios protocolos de capa red usados en las LANs que están conectando (protocolos como IP, IPX, APPLE TALK).

Los ruteadores alivian muchos de los problemas de los puentes LANs debido a la creación de jerarquías de interconexión de redes por la división en subredes, las cuales comprenden un segmento LAN o varios segmentos LAN con puentes.

Los ruteadores envían el tráfico entre subredes basados en direcciones de la capa red en lugar de la capa MAC. El campo de direcciones de la capa red contiene dos partes: una primera dirección que especifica el segmento LAN o el puente LAN; y una segunda dirección que identifica el dispositivo dentro del segmento.

Basado en la jerarquía de direcciones, los ruteadores intercambian la topología y enlazan los estados de información, así ellos pueden encontrar los caminos de cada subred y se podrá seleccionar los ruteadores basados en su costo, retardo u otro criterio establecido por el administrador de la red.

Los ruteadores introducen retardos entre segmentos LANs que pueden ser más notorios que los introducidos por los puentes o hubs. Mas, en una red con ruteadores es posible configurar fácilmente cada puerto del ruteador y la estación con la dirección de red correcta; una dirección de red incorrecta puede producir errores en la red.

Gateways

Se conocen como gateways a aquellos elementos de transformación que operan en general en las capas superiores del modo o OSI. Los gateways convierten protocolos de las capas superiores y abren sesiones entre programas de aplicación.

Un gateway es generalmente entendido como un portal o pasarela entre una LAN y un recurso de información más amplio, como por ejemplo una red extensa de conmutación de paquetes o un mainframe remoto.

El típico enlace gateway es aquel que conecta un computador que es parte de una LAN con un dispositivo que utiliza una arquitectura totalmente diferente (por ejemplo SNA de IBM).

Los gateways son elementos casi exclusivamente de software.

1.3.3 Servidores y estaciones de trabajo

Estaciones de trabajo

Las estaciones de trabajo son precisamente las máquinas que van a hacer uso de los servicios de la red.

Aunque algunos fabricantes han intentado introducir otro tipo de máquina denominada computadora de red NC (Network Computer) la cual presenta varias características similares a las de una computadora personal (con excepción de que no poseen disco duro y por ende dependen de una red para acceder a los datos requeridos almacenados en el servidor correspondiente), estas no han dado el resultado esperado, de ahí que en la actualidad casi la totalidad de las estaciones de trabajo las constituyen las ya conocidas computadoras personales PCs.

Es en las estaciones de trabajo donde se carga el software manejador de la tarjeta de red o comúnmente conocidos como *drivers*, además, en estas se deben cargar tanto el protocolo de red utilizado (ejemplo: IPX) como el redirector (ejemplo: NETX, NETBIOS) del sistema operativo de red.

El número de estaciones presentes en una red es otro parámetro crítico en la evaluación de un método de acceso, ya que estas determinarán la carga generada sobre el medio.

Servidores

El servidor es un computador de gran capacidad en donde se hallan almacenados los recursos (información) que se desean compartir en una red. Las características de un servidor son muy similares a las de un computador convencional, con la diferencia de que estos poseen una mayor capacidad de procesamiento y almacenamiento.

El hardware de los servidores tienen la característica adicional de soportar la operación continua sin el riesgo de que se produzca un mal funcionamiento debido al excesivo trabajo.

Los servidores pueden ser divididos en dos clases que son: servidores de impresión, los cuales se encargan de administrar los requerimientos de impresión generados en la red; y servidores de archivos, los cuales se encargan casi exclusivamente de la administración de acceso a los archivos compartidos dentro de una red.

En la actualidad, debido a lo complejo de las aplicaciones existentes, se usan los denominados servidores multiprocesador en casi todas las redes, sin importar el tamaño que estas posean.

Los servidores multiprocesador ofrecen velocidad, tolerancia a fallos y seguridad para redes grandes. En general se denominan así a los sistemas que ofrecen estas prestaciones:

- Varios microprocesadores
- Un bus de alto rendimiento, o varios buses
- Decenas de megabytes de memoria con corrección de errores
- Baterías de discos RAID
- Arquitecturas de equipo avanzadas que reducen los cuellos de botella en el sistema
- Elementos redundantes, como por ejemplo dos fuentes de alimentación

1.4 Software de las redes de área local

El sistema operativo de la red se encarga de múltiples tareas, entre estas se encuentra el control de todos los recursos del sistema y su acceso compartido, así como el procesamiento de la información en toda

la red. Para ello, el sistema operativo debe presentar características tales como ser multiusuario y en algunos casos multitarea.

El sistema operativo de red se define en las capas superiores del modelo de referencia OSI, generalmente con el sistema operativo se provee un juego de protocolos para las capas inferiores del modelo OSI y programas de aplicación característicos o "nativos" de la arquitectura; sin embargo, predomina el concepto de sistemas "abiertos", esto significa que la mayoría de los sistemas operativos proveen también conectividad con redes que utilizan distintas arquitecturas a través de la mayoría de los protocolos estándares de la industria.

Una de las tareas principales del sistema operativo consiste en el control de acceso compartido a los archivos de datos y programas del servidor, proveyendo de mecanismos de seguridad para evitar que los usuarios contaminen o modifiquen el sistema, o para bloquear el acceso a archivos y directorios según su confiabilidad.

El control de impresión compartida se hace a través de "colas" de impresión, las cuales consisten en un espacio en el disco del servidor, donde se almacenan temporalmente los trabajos de impresión en un stack FIFO (First In - First Out), para ser atendidos a medida que la impresora va vaciando sus buffers.

Los sistemas operativos pueden ser clasificados en:

- *Cliente – Servidor*

Son los de uso más común. En este tipo de sistema operativo, la compartición de recursos no se da en un sistema “igual a igual”. El software del sistema operativo se instala en el o los servidores de archivos de la red, mientras que las estaciones que forman la LAN requieren únicamente una contraparte a la cual se la denomina *redirector* o *shell*. El redirector intercepta los requerimientos de la aplicación y determina si deben ser manejados por el sistema operativo local o si debe dirigirlos al servidor para que sean manejados por el sistema operativo de red.

- *Par – a – Par*

En este caso la compartición de recursos se da en un esquema “igual a igual”, es decir, el software se ejecuta en todas las estaciones de la red.

Es importante anotar que además del sistema operativo de red, es necesaria la instalación de un software adicional denominado driver o manejadores de la tarjeta de red. Los drivers son específicos para cada tarjeta de red y deben “cargarse” en los DTEs donde las tarjetas se alojan. El driver se comunica con la tarjeta de red, enviándole la información encapsulada en la trama MAC específica a ser utilizada.

Hasta aquí se han definido principalmente los elementos de hardware usados en una red de área local centrándose en aquellos aspectos que son considerados dentro de un modelo de simulación a fin de obtener un resultado lo más aproximado a la realidad. El presente capítulo detalla las características de la subcapa MAC, tal como es definida por el estándar IEEE 802.3, con el objetivo de determinar cuales son las funciones que cumple dicha capa para hacer posible la implementación de estas funciones como un programa de computación.

2.1 Arquitectura

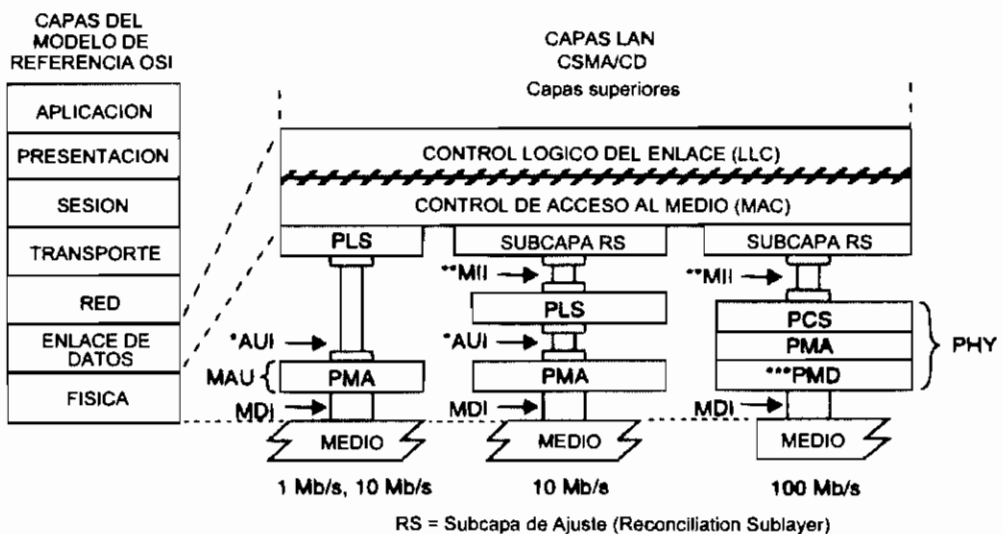


Figura 2-1 Relación de IEEE 802.3 con el modelo de referencia OSI

Este estándar está organizado a lo largo de una arquitectura lineal, enfatizando la separación de gran escala del sistema en dos porciones: Control de Acceso al Medio (MAC) subcapa de la capa Enlace de Datos, y

la Capa Física. Estas capas están propuestas para corresponder estrechamente a las capas más bajas del modelo OSI. La Figura 2-1 muestra la relación entre las capas del modelo de referencia OSI y las capas de IEEE 802.3.

El modelo arquitectónico está basado en un conjunto de interfaces cuyo aspecto crítico de diseño constituye su compatibilidad. De ahí, tres importantes interfaces de compatibilidad se definen dentro de la arquitectura de la capa física.

a) Interfaz Dependiente del Medio MDI (Media Dependent Interface).

Para comunicarse de una manera compatible, todas las estaciones se adherirán rigidamente a la especificación exacta de las señales del medio físico, y a los procedimientos que definen el comportamiento correcto de una estación.

b) Interfaz de Conexión a la Unidad AUI (Attachment Unit Interface).

Esta prevé que la mayoría de DTEs estará localizado a una cierta distancia desde su conexión al cable físico. El AUI se define como el segundo interfaz de compatibilidad. Mientras que la conformidad con este interfaz no es estrictamente necesaria para asegurar la comunicación, es altamente recomendada, puesto que permite máxima flexibilidad en entremezclar MAUs y DTEs.

c) Interfaz Independiente del Medio MII (Media Independent Interface).

Esta prevé que algunos DTEs estarán conectados a PHY remotos, y/o

a diferentes PHYs dependientes del medio. El MII se define como el tercer interfaz de compatibilidad. Mientras que la conformidad con este interfaz no es estrictamente necesaria para asegurar la comunicación, es altamente recomendada, puesto que permite máxima flexibilidad en entremezclar PHYs y DTEs. El MII es opcional

En el modelo arquitectónico usado aquí, las capas interactúan por medio de interfaces bien definidas, proporcionando servicios entre ellas.

En general, los requisitos del interfaz son:

- a) El interfaz entre la subcapa MAC y la subcapa LLC incluye los recursos para transmitir y recibir tramas, proporcionar información de estado de pre-operación para ser usado por las capas superiores en los procedimientos de recuperación de errores.
- b) El interfaz entre la subcapa MAC y la capa física incluye las señales para enmarcar (censo de portadora, inicio de transmisión), resolución de contienda (detección de colisión), las facilidades para pasar un par de cadenas de bits en serie (transmisión, recepción) entre las dos capas, y una función de espera para sincronización.

2.2 Método y notación de la especificación del servicio

El servicio de una capa (subcapa) es el conjunto de las facilidades que esta ofrece a un usuario en la capa o subcapa superior. Los servicios abstractos son especificados por descripción de las primitivas de servicio y los parámetros que caracterizan a cada servicio. Esta definición del servicio es independiente de cualquier implementación en particular (véase Figura 2-2).

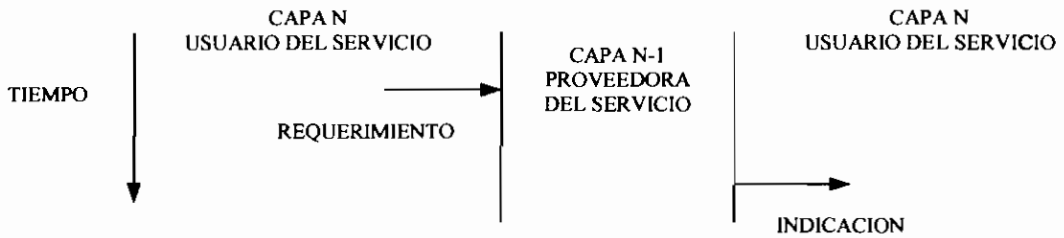


Figura 2-2 Notación de la primitiva de servicio

Las primitivas de servicio son de dos tipos genéricos:

- a) **REQUISITO.** La primitiva de petición pasa de la capa N a la capa N-1 para solicitar que un servicio sea iniciado.
- b) **INDICACION.** La primitiva de indicación pasa de la capa N-1 a la capa N para indicar un acontecimiento interno de la capa N-1 que es significativo para la capa N.

2.3 Especificación del servicio MAC

Los servicios provistos por la subcapa MAC permiten a las entidades de la subcapa LLC intercambiar unidades de datos LLC con sus entidades pares.

La primitiva de servicio MA_DATA.request es responsable de la transferencia de datos desde las entidades de la subcapa LLC local a una simple entidad par LLC o a múltiples entidades pares LLC; esta puede ser generada en respuesta al requerimiento de protocolos de capas superiores o de datos generados internamente en la subcapa LLC.

La primitiva MA_DATA.indication define la transferencia de datos desde la entidad subcapa MAC a la entidad o entidades subcapa LLC en el caso de direcciones de grupo. Las primitivas antes mencionadas son consideradas de carácter obligatorio dentro de este estándar.

2.4 Estructura de la trama MAC

La Figura 2-3 muestra los campos que componen la trama MAC.

De estos ocho campos, todos tienen una longitud fija a excepción del campo de datos LLC y el campo PAD, los cuales pueden contener un

número entero de octetos entre los valores mínimos y máximos determinados por el mecanismo de implementación específica del CSMA/CD. El mínimo y máximo tamaño de trama es la porción de la trama desde el campo DA hasta el campo FCS inclusive.

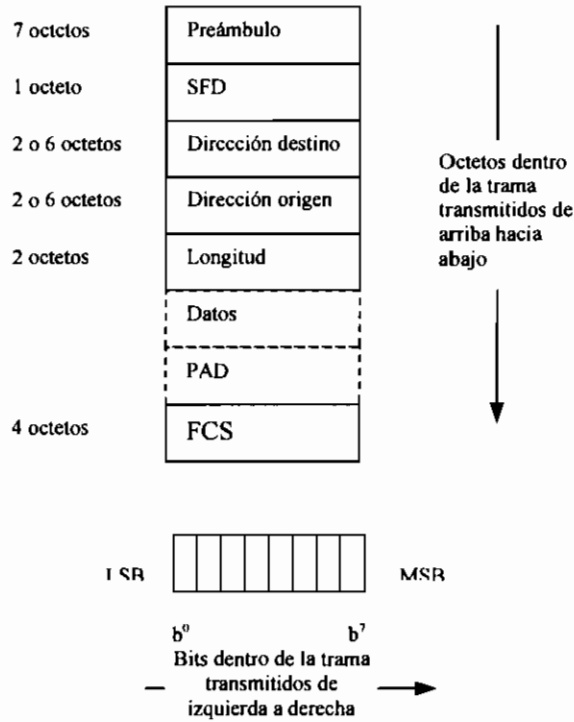


Figura 2-3. Estructura de la trama MAC

2.4.1 Elementos de la trama MAC

Preámbulo. Constituye un campo compuesto por 7 octetos de 1s y 0s alternados (comenzando con 1). Este campo permite a la circuitería del PLS alcanzar sincronización con la trama recibida.

Delimitador de inicio de trama. Conocido como SFD (Start Frame Delimiter), consiste de la secuencia 10101011 e indica el inicio de una trama.

Campo de direcciones. Cada trama MAC contiene dos campos de direcciones: el campo de dirección de destino (indica la estación a la cual se desea enviar tramas) y el campo de dirección de origen (indica la estación que envía la información) en ese orden.

Cada campo de dirección puede contener 16 o 48 bits.

El primer bit LSB (least significant bit) en el campo DA será usado para determinar el tipo de dirección como individual (es decir asociada con una sola estación en una red dada) cuando se fija a 0, o de grupo cuando se fija a 1. Las direcciones de grupo pueden ser de dos clases:

- a) Multicast.- es decir, direcciones asociadas a un grupo de estaciones relacionadas lógicamente.
- b) Broadcast.- es decir, direcciones asociadas con todas las estaciones de una red dada. Esto significa que todas las estaciones de la red serán capaces de escuchar los mensajes presentes en el medio de transmisión. Esto no significa que cualquier estación pueda generar direcciones broadcast lo cual se logra fijando todos los bits del campo de dirección a 1.

En el campo SA el LSB está reservado y es fijado a 0.

Para direcciones de 48 bits, el segundo bit será usado para distinguir entre direcciones globales (universales) o locales. Las direcciones globales son aquellas direcciones asignadas por la IEEE para garantizar que ninguna estación en el mundo tenga la misma dirección, para esto se fija el bit antes en mención a 0. Las direcciones locales son asignadas por el administrador de red y no tienen ningún sentido fuera de la LAN particular; este tipo de dirección se obtiene fijando el segundo bit de la dirección de 48 bits a 1.

Por último, cada octeto de cada campo de dirección transmitirá en primer lugar el bit menos significativo.

Longitud. Compuesto por 2 bytes, especifica el número de octetos de datos LLC presentes en el campo de datos.

Datos y PAD. El campo de datos contiene una secuencia de n octetos que constituyen la información a intercambiar. Debido al hecho de que un mínimo tamaño de trama debe completarse para garantizar el correcto funcionamiento del protocolo CSMA/CD, se hace necesario añadir bits adicionales. En aquellas tramas cuyo tamaño es menor al mínimo requerido por el estándar, esta secuencia de bits es conocida

como el campo PAD. La longitud del campo PAD requerida para un campo de datos LLC de n octetos de longitud es máx $(0, \text{TramaMin} - (8 \times n + 2 \times \text{TamañoDirec} + 48))$ bits. Mientras que el máximo tamaño del campo de datos LLC es $\text{TramaMax} - (2 \times \text{TamañoDirec} + 48)/8$ octetos.

Secuencia de chequeo de trama. Conocido como FCS (Frame Check Sequence), contiene 4 octetos cuyos valores son el resultado de un código de redundancia cíclica de 32 bits, cuyo valor es calculado en función de los campos DA, SA, Longitud, Datos LLC y PAD.

Finalmente, cada octeto de la trama MAC, con excepción del FCS, es transmitido primero el bit de menor orden.

2.4.2 Tramas no válidas

Una trama no válida será definida como aquella que cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de la trama es inconsistente con el campo de longitud.
- b) Su longitud no es un número entero de octetos.
- c) Los bits de la trama entrante no generan un valor CRC idéntico al CRC de la trama recibida.

Los contenidos de tramas no válidas no serán pasadas al LLC.

2.5 Modelo funcional del método MAC

Las subcapas LLC y MAC han sido creadas para cumplir las mismas funciones como las descritas en el modelo OSI para la Capa de Enlace de Datos. Sin embargo, la división de funciones presentada en este estándar requiere dos principales funciones, generalmente asociadas con el procedimiento de control de enlace de datos para ser implementadas en la subcapa MAC. Estas son:

- a) Encapsulado de datos (transmisor y receptor)
 - 1) Entramado (delimitación y sincronización de trama)
 - 2) Direcccionamiento (manejo de direcciones de origen y destino)
 - 3) Detección de errores (detección de errores de transmisión del medio físico)
- b) Administración de Acceso al Medio
 - 1) Distribución del medio (evitar colisiones)
 - 2) Resolución de contiendas (manejo de colisiones)

2.5.1 Operación CSMA/CD

Con referencia a la Figura 2-1, la subcapa PLS, componente de la capa física, provee un interfaz a la subcapa MAC para la transmisión de bits en serie hacia el medio físico. Las operaciones de transmisión de tramas

son independientes de las operaciones de recepción de tramas. Una trama transmitida direccionada a la estación de origen será recibida y pasada a la subcapa LLC en esa estación. Esta característica de la subcapa MAC puede ser implementada por funcionalidad dentro de la subcapa MAC o características full duplex de porciones de las capas inferiores.

2.5.1.1 Transmisión sin contienda

Cuando una subcapa LLC requiere la transmisión de una trama, el Encapsulamiento de Datos construye la trama desde los datos suministrados por el LLC. Este añade un preámbulo y un delimitador de inicio de trama en el comienzo de la trama. Usando la información pasada por la subcapa LLC, la subcapa CSMA/CD MAC también añade un PAD (relleno) en el extremo del campo de información MAC de longitud suficiente para asegurar que la longitud de la trama transmitida satisface el requerimiento de mínimo tamaño de trama. Este también añade las direcciones de origen y destino, un campo de cuenta de longitud, y una secuencia de chequeo de trama para proveer detección de errores. La trama es entonces manejada por la Administración de Acceso al Medio para su transmisión.

La Administración de Acceso al Medio intenta entonces evitar contienda con otro tráfico sobre el medio por monitoreo de la señal de censo de portadora provista por la subcapa PLS, postergando el paso de tráfico.

Cuando el medio está limpio, la transmisión de la trama es iniciada (después de un breve retardo inter-trama para proveer un tiempo de recuperación para otras subcapas CSMA/CD MAC y para el medio físico). La subcapa MAC entonces provee una cadena de bits en serie a la interfaz PLS para su transmisión.

El PLS lleva a cabo la tarea de generar las señales eléctricas sobre el medio que representan los bits de la trama. Simultáneamente, éste monitorea el medio y genera la señal de detección de colisión, la cual, en el caso de libre contienda bajo discusión, permanece apagada (off) por la duración de la trama. Cuando la transmisión ha sido completada sin contienda, la subcapa CSMA/CD MAC lo informa a la subcapa LLC usando la interfaz LLC a MAC y espera el próximo requerimiento para la transmisión de tramas.

2.5.1.2 Recepción sin contienda

En cada estación receptora, el arribo de una trama es primero detectado por la subcapa PLS, la cual se sincroniza con el preámbulo entrante y

enciende (on) la señal de censo de portadora. Como bits codificados arriban desde el medio, ellos son decodificados y regresados a su forma de datos binarios. La subcapa PLS pasa los subsecuentes bits hasta la subcapa MAC, donde estos son descartados hasta e incluyendo el fin del preámbulo y el delimitador de inicio de trama.

Entretanto, la Administración de Acceso al Medio teniendo observación del censo de portadora, ha estado esperando por los bits entrantes a ser liberados. La Administración de Acceso al Medio colecta los bits desde la subcapa PLS mientras la señal de censo de portadora permanezca encendida (on). Cuando la señal de censo de portadora es removida, la trama es truncada a un octeto límite, si es necesario, y pasada al Desencapsulamiento de Datos para procesamiento.

El Desencapsulamiento de Datos chequea el campo de dirección de destino (DA) de la trama para decidir si la trama deberá ser recibida por esa estación. Si así es, esta pasa la dirección de destino (DA), la dirección fuente (SA), y la unidad de datos LLC (LLCDU) a la subcapa LLC con un apropiado código de estado indicando recepción_completa o recepción_demasiado_larga. Esta también chequea tramas MAC no válidas por inspección de la secuencia de chequeo de trama (para detectar cualquier daño de la trama enrutada) y por chequeo de la adecuada alineación de octeto límite del extremo de la trama. Las

tramas con un FCS válido pueden también ser chequeadas por una adecuada alineación de octeto límite.

2.5.1.3 Operación con contienda

Si múltiples estaciones intentan transmitir al mismo tiempo, es posible que ellas interfieran con cada una de las otras transmisiones, a pesar de sus intentos de evitar esto por postergación. Cuando las transmisiones desde dos estaciones colapsan, la contienda resultante es llamada una colisión. Una estación dada puede experimentar una colisión durante la parte inicial de su transmisión (la ventana de colisión), antes de que su señal transmitida haya tenido tiempo suficiente para propagarse a todas las estaciones sobre el medio. Una vez que la ventana de colisión ha pasado, una estación transmitiendo se dice que tiene adquirido el medio; subsecuentes colisiones son evitadas debido a que se asume que todas las otras estaciones (funcionando adecuadamente) han sido notificadas por medio del censo de portadora y hacen un diferimiento de transmisión. El tiempo para adquirir el medio está así basado en el tiempo de propagación de viaje redondo de la señal de la capa física cuyos elementos incluyen el PLS, el PMA, y el medio físico.

En el evento de una colisión, la estación transmitiendo inicialmente notifica la interferencia sobre el medio y entonces enciende la señal de

detección de colisión. Esto es notificado a la Administración de Acceso al Medio y el manejo de colisión comienza. Primero, la Administración de Acceso al Medio refuerza la colisión por la transmisión de una secuencia de bits llamada jam (embotellamiento). Esto asegura que la duración de la colisión es suficiente para ser notificada a todas las otras estaciones transmitiendo envueltas en la colisión. Después que el jam es enviado, la Administración de Acceso al Medio termina la transmisión y planifica otro intento de transmisión después de un intervalo de tiempo seleccionado aleatoriamente. La retransmisión es intentada nuevamente frente a repetidas colisiones. Puesto que repetidas colisiones indican un medio ocupado, sin embargo, la Administración de Acceso al Medio intenta ajustarse a la carga del medio por retroceso (retardando voluntariamente sus propias retransmisiones para reducir su carga sobre el medio). Esto es llevado a cabo por expansión del intervalo de tiempo desde el cual la retransmisión aleatoria es seleccionada en sucesivos intentos de transmisión. Eventualmente, o la transmisión tiene éxito, o el intento es abandonado en la suposición de que el medio ha fallado o está sobrecargado. En el final de la recepción, los bits resultantes desde una colisión son recibidos y decodificados por la subcapa PLS justo como los bits de una trama válida. Tramas fragmentadas recibidas durante una colisión son distinguidas de transmisiones válidas por la Administración de Acceso al Medio.

2.6 Especificaciones de Señalización Física (PLS) e interfaz AUI

El propósito del AUI es proveer una interconexión simple, económica y que permita el desarrollo de MAUs simples y económicos. Sus características principales son:

- a) Soporta una o más de las velocidades de datos especificadas.
- b) Provee una separación de hasta 50 m entre el DTE y el MAU.
- c) Permite al DTE probar el AUI, el cable AUI, el MAU, y el medio mismo.
- d) Provee al DTE de una independencia de medios, así que medios tales como: coaxial de banda base, coaxial de banda ancha, y fibra de banda base puedan utilizar idénticos PLS, MAC y LLC.
- e) Puede funcionar en dos modos que son:
 - Modo normal. Este modo de operación es de carácter obligatorio. Cuando el interfaz opera en modo normal, el AUI está lógicamente conectado al MDI.
 - Modo Monitor. Es de carácter opcional. Cuando el interfaz opera en este modo, el MAU está aislado lógicamente del medio.

2.6.1 Especificaciones funcionales del AUI

El AUI está diseñado para hacer los diferentes medios tan transparentes como sea posible al DTE. La selección de las señales lógicas de control y

los procedimientos funcionales están diseñados para este fin. La Figura 2-4 es un modelo de referencia, de un MAU generalizado tal como es visto por el DTE a través del AUI.

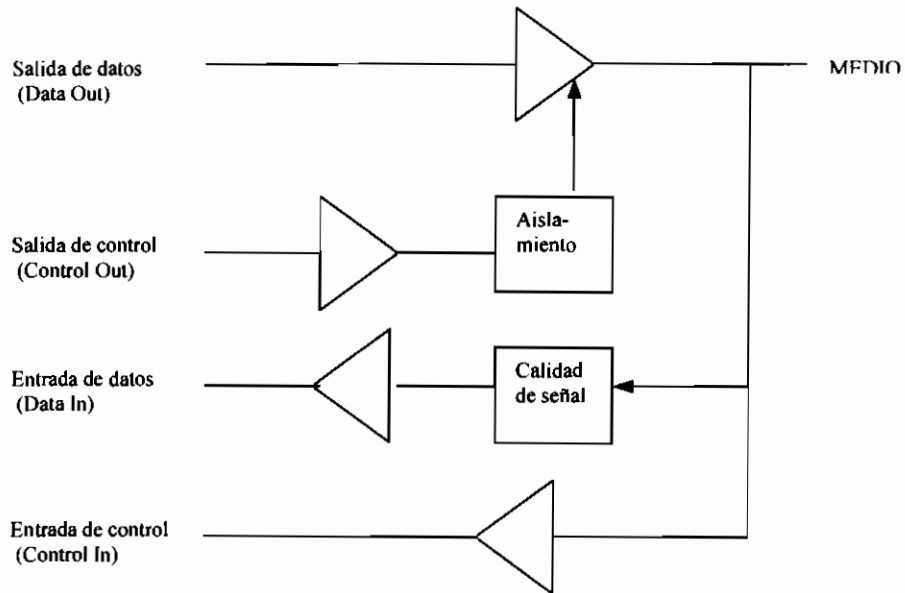


Figura 2-4. Modelo de MAU generalizado

El AUI consiste de tres o cuatro circuitos de señal diferencial (con una línea A y una línea B), alimentación y tierra. Dos de los circuitos portan datos codificados y dos información de control codificada. Los circuitos DO (Data Out) y CO (Control Out) son generados por el DTE, y los circuitos DI (Data In) y CI (Control In) son generados por el MAU. El interfaz también provee la alimentación desde el DTE al MAU. El circuito CO es opcional.

Dos diferentes mecanismos de codificación pueden ser usados por el AUI. Un mecanismo usado para codificar datos y otro para codificar señales de control.

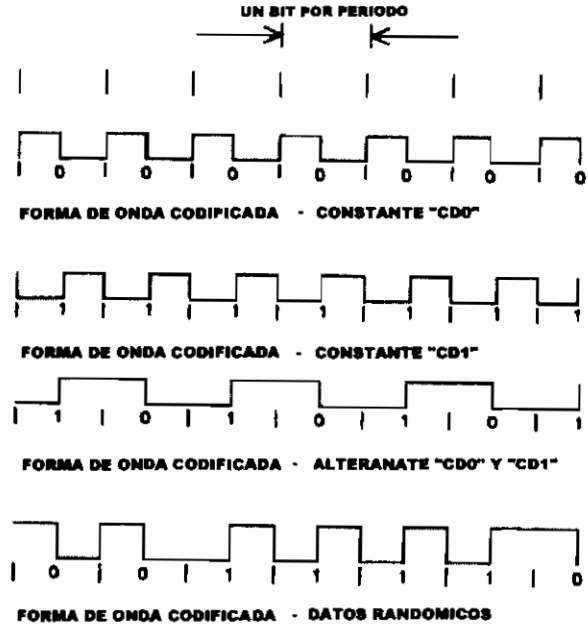


Figura 2-5. Ejemplos de formas de onda Manchester

La *codificación de datos* usa codificación Manchester, en tanto que la *codificación de control* es llevada a cabo por la generación de señales relacionadas con la frecuencia de la velocidad de datos.

En cuanto a las características mecánicas del interfaz AUI, éste utiliza un conector de 15 pines para su conexión. La Tabla A-1 del Anexo A lista la asignación de pines del conector a las señales AUI en tanto que la Figura A-1 del mismo anexo muestra la estructura de un conector AUI.

2.6.2 Características del cable AUI

El cable AUI esta compuesto de varios cables de par trenzado, los cuales pueden tener un solo blindaje o blindaje individual. La siguiente Tabla 2-1 lista las características más relevantes del cable AUI.

Parámetro	Valor
Impedancia diferencial característica	Para todas los pares de señal 3Ω y $78 \pm 5 \Omega$ medido a la frecuencia BR.
Atenuación	Para cada par de señales máximo 3 dB en el rango de BR/2 a BR
Jitter	Máximo 1.5 ns
Retardo	Máximo 257 ns (entre el controlador y el receptor)

Tabla 2-1. Características del cable AUI

2.6.2.1 Funciones de la subcapa PLS

Las funciones de la subcapa PLS consisten de una función de Inicialización (Reset) ejecutada en el encendido o en la recepción de un

requisito de inicialización (e inicializa todas las funciones PLS) y cinco funciones simultáneas y asincrónicas. Estas funciones son:

- a) Función Modo. Determina el modo de operación del MAU. La diferencia entre el modo *normal* y el modo *monitor* (opcional) radica en los mecanismos empleados para imprimir los datos sobre el medio físico, es decir, mientras en el modo *normal* los datos enviados desde el DTE se imprimen directamente sobre el medio, en el modo *monitor* los datos son impresos de tal manera que no causen interferencia en el medio. El modo *monitor* está pensado para permitir a la estación de red determinar si es esta la fuente de interferencia observada en el medio.
- b) Función Salida. Lleva a cabo la tarea de acondicionar el MAU para la salida y transferencia de datos desde la subcapa MAC al MAU.
- c) Función Entrada. Lleva a cabo la tarea de transferir datos desde el MAU a la subcapa MAC.
- d) Función Censo de Error. Su tarea consiste en enviar un mensaje de error en la calidad de señal a la subcapa MAC cuando hay un cambio en la información de la calidad de señal recibida desde el MAU.
- e) Función Censo de Portadora. Envía un mensaje de censo de portadora a la subcapa MAC cuando hay un cambio en el estado de portadora.

2.7 Subcapa de Ajuste (RS) e interfaz MII

El propósito del interfaz MII es proveer una interconexión simple, económica, y fácil de implementar entre la subcapa MAC y PHYs, y entre PHYs y las entidades de administración de estación.

Este interfaz tiene las siguientes características:

- a) Es capaz de soportar ambas velocidades de datos de 10 Mb/s y 100 Mb/s.
- b) Datos y delimitadores son sincrónicos a una referencia de reloj.
- c) Provee cuatro bits anchos (nibbles) independientes para transmisión y recepción del curso de datos.
- d) Usa señales de niveles TTL, compatible con los procesos digitales comunes CMOS ASIC.
- e) Provee un interfaz de administración simple.
- f) Es capaz de manejar una longitud limitada de cable blindado.

La implementación del interfaz puede asumir cualquiera de las tres siguientes formas:

- a) Chip a chip.
- b) Tarjeta madre a tarjeta hija.
- c) Interfaz entre dos circuitos impresos montables que son conectadas con una longitud de cable y un conector apropiado.

Para permitir la posibilidad que múltiples PHYs puedan ser controlados por una simple entidad de administración de estación, el interfaz de administración MII ha sido provista para acomodar hasta 32 PHYs, con la restricción que un máximo de un PHY pueda ser conectado al interfaz de administración por medio de la una interfaz mecánica constituida por un conector de 40 pines (definida más adelante).

Mientras que el AUI fue definido para existir entre las subcapas PLS y PMA para DTEs de 10 Mb/s, el MII maximiza la independencia de medios por una separación nítida de las capas Física y Enlace de Datos del modelo de referencia OSI.

2.7.1 Especificaciones funcionales del MII

El MII está diseñado para hacer las diferencias entre los varios medios absolutamente transparentes a la subcapa MAC. La selección de las señales lógicas de control y los procedimientos funcionales son todos diseñadas con este fin.

La Figura 2-6 describe un esquema visual de las entradas y salidas de la subcapa RS, y demuestra que el interfaz de administración MII está controlada por la entidad de Administración de Estación (STA).

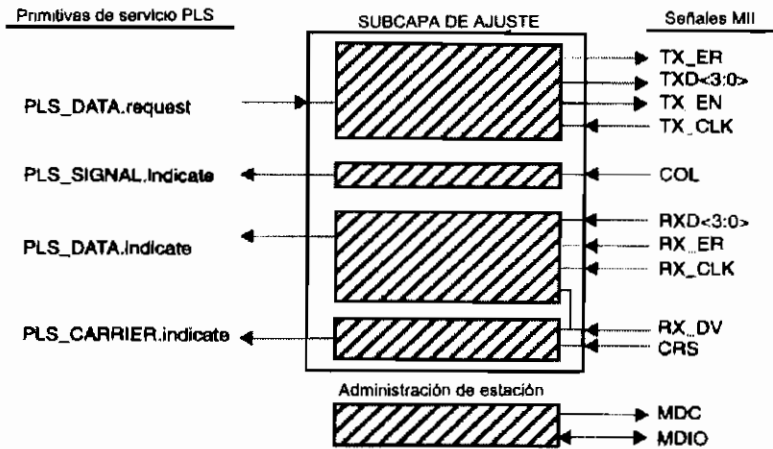


Figura 2-6. Subcapa RS

2.7.2 Transferencia de datos

Para el MII, la transmisión y recepción de cada octeto de datos deberá ser hecha un nibble en un tiempo con el orden de transmisión y recepción de nibbles como se muestra en la Figura 2-7.

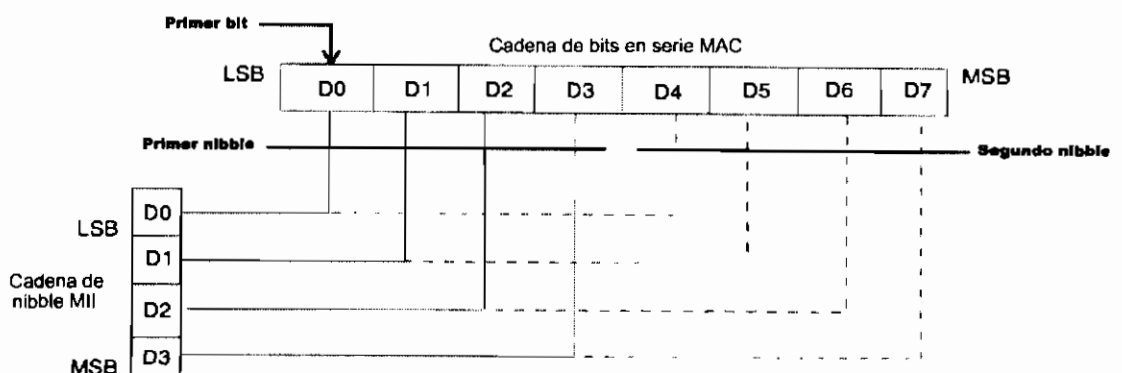


Figura 2-7. Transmisión y recepción de nibbles

Los bits de cada octeto son transmitidos y recibidos como dos nibbles; los bits 0 hasta 3 del octeto corresponden a los bits 0 hasta 3 del primer nibble transmitido o recibido, y los bits 4 hasta 7 del octeto corresponden a los bits 0 hasta 3 del segundo nibble transmitido o recibido.

Los datos en una trama bien formada deberán consistir de N octetos de datos transmitidos como $2N$ nibbles. Los datos fragmentados en una colisión pueden consistir de un número impar de nibbles (denominado exceso de nibbles).

2.7.3 Funciones de Administración

El interfaz de administración MII consiste de un par de señales que físicamente transportan la información de administración a través del MII, un formato de trama y una especificación de protocolo para intercambio de tramas de administración, y un conjunto de registros que pueden ser leídos o escritos usando esas tramas. La definición de registro especifica un conjunto de registros básicos y un mecanismo de extensión. El conjunto de registros básicos consiste de dos registros referidos como el Registro de Control (registro 0) y el Registro de Estado (registro 1). Las funciones de estado y control son consideradas básicas y fundamentales para PHYs de 100 Mb/s. Todos los PHYs que proveen

un MII deberán incorporar el conjunto de registros básicos. Los registros 2 hasta 7 son un conjunto de registros extendidos.

El conjunto completo de registros de administración es listado en la Tabla 2-2.

Dirección del Registro	Nombre del registro	Básico/Extendido
0	Control	B
1	Estado	B
2, 3	Identificador de PHY	E
4	Advertencia de Auto-Negociación	E
5	Habilidad de compañero de enlace de Auto-Negociación	E
6	Expansión de Auto-negociación	E
7	Transmisión de próxima página de Auto-negociación	E
8 hasta 15	Reservado	E
16 hasta 31	Específico del vendedor	E

Tabla 2-2. Registros MII

La Tabla A-2 del Anexo A muestra la asignación de los bits en el registro de control, en tanto que la asignación de bits en el registro de estado se muestra en la Tabla A-3 del mismo anexo.

Un PHY particular puede proveer registros adicionales fuera de esos arriba definidos. Direcciones de registro 16 hasta 31 pueden ser usadas para proveer funciones o habilidades específicas del fabricante. Las direcciones de registro 8 hasta 15 están reservadas para asignación dentro de futuras misiones de este estándar.

2.7.4 Características del cable MII

Este consiste de un paquete de cables de par trenzado con una cubierta blindada cubriendo dicho paquete. Cada par trenzado deberá proveer un camino de ida y uno de vuelta para una señal individual.

Las características más relevantes del cable se resumen en la Tabla 2-3.

Parámetro	Valor
Impedancia característica	De cada cable de par trenzado deberá ser $68 \Omega \pm 10\%$.
Retardo	Para cada par trenzado medido desde el conector MII al PHY, máximo 25 ns.
Variación de retardo	Medida desde el conector MII al PHY, máximo 0.1 ns.

Tabla 2-3. Características del cable MII

En cuanto a las características mecánicas de este interfaz, un conector de 40 pines deberá ser usado para el conector MII. La Figura 2-8 describe la numeración de pines del conector, como aparecerían en los contactos de un conector hembra desde el lado de apareamiento. La asignación de pines a las señales MII se listan en la Tabla A-4 del Anexo A.

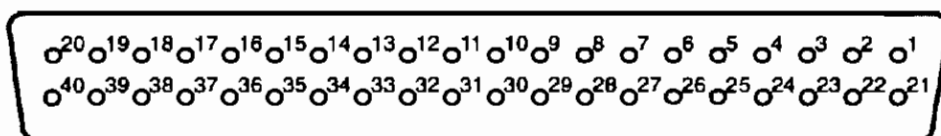


Figura 2-8. Conector MII

3.1 Generalidades

Una vez conocidos los elementos de hardware usados en una red de área local y las funciones llevadas a cabo por la subcapa MAC (dentro del modelo definido por el estándar IEEE 802.3) estamos en capacidad de entender como estos elementos se complementan para dar origen a los distintos tipos de red definidos en la norma 802.3 de la IEEE.

La IEEE dentro de su estándar 802.3 ha clasificado a las redes tomando en cuenta principalmente las siguientes características:

- Velocidad de transmisión
- Tipo de transmisión (banda base, banda ancha)
- Tipo de medio de transmisión
- Alcance físico de la red

Así por ejemplo, la implementación 10BASE-T hace referencia a un sistema de banda base con una velocidad de transmisión de 10 Mb/s y que usa una longitud máxima de 100 m de cable UTP (generalmente categoría 3).

Los siguientes párrafos detallan las implementaciones definidas en el estándar IEEE 802.3, resaltando aquellos aspectos que en mayor grado afectan el protocolo de acceso CSMA/CD.

3.2 Implementaciones de 10 Mb/s

Las siguientes cláusulas describen las características principales de las unidades de conexión (MAU), las especificaciones del medio de transmisión usado en cada implementación, una unidad de repetidor para redes de 10 Mb/s, y las consideraciones necesarias para la construcción de redes de 10 Mb/s multisegmento.

En general, sin importar el tipo de implementación, el propósito del MAU es proveer un medio de conexión de dispositivos simple, económico, y flexible al medio físico de la red local.

El MAU tiene las siguientes características generales:

- a) Habilita el acoplamiento de la subcapa PLS por medio del AUI (cuando es implementado) al medio de transmisión.
- b) Soporta tráfico de mensajes en una de las velocidades de datos aquí especificadas.
- c) Permite el manejo de una longitud limitada de medio de transmisión sin el uso de repetidores.
- d) Soporta configuraciones de sistema usando como mecanismo de acceso el CSMA/CD con la señalización de banda base o banda ancha definida.
- e) El MAU, dependiendo de la implementación, es capaz de operar en modo "Normal" y en modo "Monitor".

Similarmente, los objetivos trazados por el conjunto MAU-medio son como sigue:

- a) Proveer los medios físicos para la comunicación entre las entidades de la red local.
- b) Definir una interfaz física que pueda ser implementada independientemente entre los diferentes fabricantes de hardware y conseguir el nivel esperado de compatibilidad cuando se interconectan en una red local común.
- c) Proveer un canal de comunicación con un alto ancho de banda y baja tasa de bits errados.
- d) Proveer una alta disponibilidad de la red (habilidad de una estación para ganar el acceso al medio y habilitar la conexión de enlace de datos de una manera oportuna).

Además, todas las implementaciones de un determinado tipo de red deberán ser compatibles en sus interfaces MDI.

En cuanto a sus funciones, los componentes MAU proveen los medios por los cuales las señales de los circuitos (de señal) AUI (tres o cuatro) físicamente separados del DTE y sus mensajes entre capas asociados son acopladas a la línea de señal del medio de transmisión de red local. Para lograr este objetivo el MAU posee varias funciones (por ejemplo, transmisión, recepción, etc.), las cuales dependen de la implementación.

3.2.1 Funciones del MAU

Los MAUs llevan a cabo un gran número de funciones, las cuales dependen de la implementación y se listan a continuación:

- a) **Función Transmisión.** Es la capacidad de transmitir un flujo de bits en serie en el medio de banda base desde la entidad local DTE a uno o más entidades DTEs remotos en una misma red.
- b) **Función Recepción.** Es la capacidad de recibir flujos de bits en serie sobre el medio de banda base.
- c) **Función Presencia de Colisión.** La habilidad de detectar la presencia de dos o más estaciones con transmisiones concurrentes. Bajo ninguna condición esta función genera una salida cuando un único MAU transmite.
- d) **Función Monitor (Opcional).** Determina la operación del MAU en modo monitor. Esta función fue pensada para prevenir el mal funcionamiento de los componentes activos de la red.
- e) **Función Jabber.** Es la responsable de interrumpir automáticamente la transmisión e inhibir la salida de una cadena de datos irregularmente larga.
- f) **Función Loopback.** Provee la capacidad de transferir datos codificados Manchester desde el circuito DO (AUI) al circuito DI (AUI) cuando el MAU está enviando datos hacia el circuito de transmisión de su interfaz MDI y no está recibiendo mensajes de actividad de entrada sobre el circuito de recepción de su interfaz MDI.

- g) **Función Manejo de Fallas.** Hay dos tipos de fallas que deberán ser detectadas: local y remota. Las fallas locales son la detección de luz baja, jabber recibido, y condiciones de datos no válidos. Las indicaciones de estado remoto consisten de recepciones de una señal sincrónica de inactividad y fallas indicadas por una señal de falla remota denominada RF.
- h) **Función Prueba de Mensaje SQE.** Provee la habilidad para indicar al DTE que la función de Presencia de Colisión está operando y que un mensaje de error en la calidad de la señal puede ser enviado por el MAU. Esta función deberá ser ejecutada por MAUs que están conectados a DTEs y no por MAUs conectados a repetidores.
- i) **Función Prueba de Integridad del Enlace.** Provee la habilidad para proteger la red de la consecuencia de fallas del enlace simplex conectado al circuito de recepción de su interfaz MDI. Esta prueba se lleva a cabo por el monitoreo de pulsos de prueba de enlace. Si durante un tiempo determinado (50 ms a 150 ms) el MAU no detecta ningún pulso de prueba de enlace, éste entrará en un estado de falla de prueba de enlace. Si un número determinado de pulsos es recibido (2 hasta 10), se dice que el MAU ha pasado la prueba de enlace. Mientras tal falla esté presente, la transferencia de datos por las funciones de Transmisión, Recepción, y Loopback es deshabilitada.
- j) **Función Detección de Falla de Enlace y Luz Baja:** Provee la habilidad para detectar fallas en el segmento de fibra óptica

10BASE-FP e inhibir las funciones Transmisión, Recepción, Prueba SQE, Loopback, y Presencia de Colisión.

- k) Función Calificación Sincrónica. El MAU deberá tener la capacidad de interrumpir la recepción en el MDI cuando una recepción fiable no puede ser asegurada basada en las pérdidas de recuperación de reloj.

La Tabla 3-1 lista las funciones ejecutadas por cada MAU de acuerdo a la implementación.

Funciones del MAU	Tipo de implementación						
	10BAS E5	10BAS E2	10BRO AD36	10BAS E-T	10BAS E-FP	10BAS E-FB	10BAS E-FL
Transmisión	X	X	X	X	X	X	X
Recepción	X	X	X	X	X	X	X
Presencia de colisión	X	X	X	X	X	X	X
Monitor	X						
Jabber	X	X	X	X	X	X	X
Loopback				X	X	X	X
Manejo de fallas						X	
Prueba de mensaje SQE				X	X		X
Prueba de integridad del enlace				X			X
Detección de falla de enlace y luz baja					X		
Calificación sincrónica						X	

Tabla 3-1. Funciones del MAU de acuerdo a la implementación

3.3 Implementación tipo 10BASE5

El MAU 10BASE5 presenta adicionalmente las siguientes características:

- a) Permite el manejo de hasta 500 m de cable coaxial sin el uso de repetidores.
- b) Soporta una topología tipo bus para la interconexión de los medios.
- c) Es capaz de operar en modo normal y en modo monitor.

El conjunto MAU-medio para 10BASE5 presenta una tasa resultante de bits errados en la interfaz de servicio de capa física menor que una parte en 10^8 (en el orden de uno en 10^9 en el nivel de enlace).

3.3.1 Características del cable coaxial

Los requerimientos más importantes del cable coaxial son listados en la Tabla 3-2.

Parámetro	Valor
Impedancia característica	Valor promedio $50 \pm 2\Omega$ a 10 MHz.
Atenuación (para un segmento de 500 metros)	Máximo 8.5 dB a 10 MHz, y 6.0 dB a 5 MHz.
Velocidad de propagación	El mínimo valor requerido es de $0.77c$.
Jitter del cable sin agujerear (segmento de 500 metros)*	Máximo 8.0 ns en ambas direcciones en el extremo del receptor.

Tabla 3-2. Características del cable coaxial 10BASE5

Adicionalmente, el cable debe ser marcado con un color que contraste con el color del fondo. Las marcas deben estar separadas $2.5 \text{ m} \pm 5 \text{ cm}$ regularmente a lo largo de todo el cable, y son justamente en estas donde se deberán conectar los MAUs.

3.3.2 Conectores para el cable coaxial

Dos tipos básicos de conectores proveen los mecanismos necesarios para la conexión:

- a) Conectores tipo N. Todos los cables coaxiales deberán estar terminados con conectores tipo N. Las extensiones de línea coaxial deberán ser hechas con un par de conectores receptáculo tipo N juntados simultáneamente por una forma de barril.
- b) Conectores tipo tap. Usados para la conexión del MAU al medio de cable coaxial. La Figura 3-1 muestra un conector de este tipo.

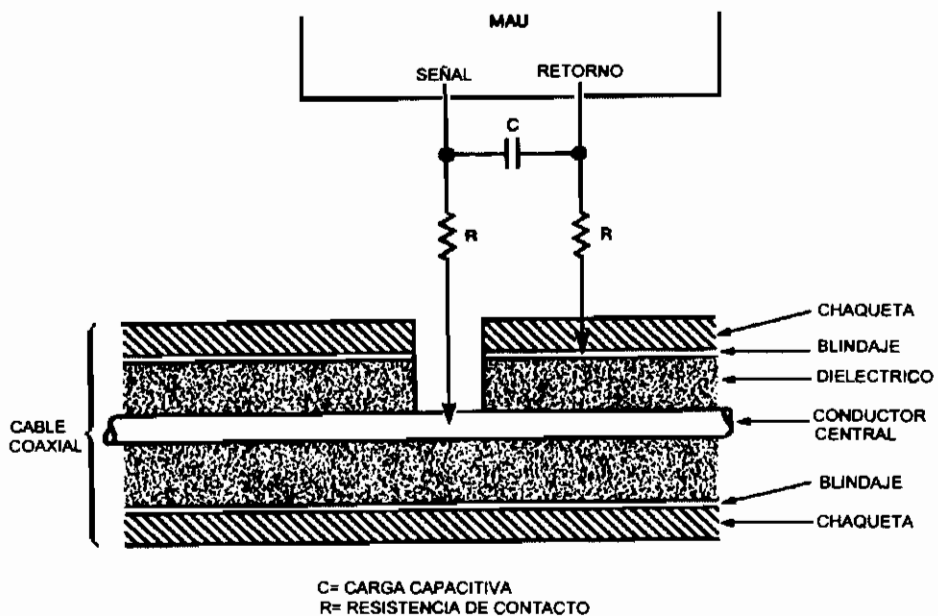


Figura 3-1. Conector tipo vampiro

3.3.3 Modelo del sistema de transmisión

La máxima configuración para el sistema de transmisión físico es como sigue:

- a) Un segmento de cable coaxial puede contener un máximo de 500 m de cable y 100 MAUs. La velocidad de propagación del cable coaxial se asume $0.77c$; es decir, el máximo retardo de propagación extremo a extremo en el segmento de cable coaxial es 2165 ns.
- b) Conjuntos de repetidores son requeridos para la interconexión de segmentos. Un repetidor ocupa la posición de un MAU sobre el cable coaxial y cuenta hacia el número máximo de MAUs en el segmento de cable coaxial.
- c) La unidad de repetidor especificada en 3.9 provee los mecanismos para conectar segmentos en banda base de 10 Mb/s en una red CSMA/CD.
- d) Los 500 m de longitud máxima del segmento de cable coaxial no necesariamente está constituida de una simple u homogénea longitud de cable. Los límites entre dos secciones de cable representan un punto de reflexión de señal debido a la discontinuidad de impedancia causada en dicho punto. Si un segmento de cable coaxial se encuentra compuesto de varias partes pequeñas, las longitudes deberían ser cambiadas, así que las reflexiones, cuando ellas ocurran, no tendrán una alta probabilidad de añadir en fase. Esto puede llevarse a cabo

usando longitudes que sean múltiplos enteros impares de una media longitud de onda en el cable en 5 MHz; esto corresponde a usar longitudes de 23.4 m, 70.2 m, 117 m (± 0.5 m) para todas las secciones. En el peor de los casos de seccionamiento se aconseja que la onda reflejada no sobrepase el 7% de la onda incidente en el MAU.

3.4 Implementación tipo 10BASE2

10BASE2 define los medios de incorporar las funciones del MAU en el DTE y acarrear así el tronco de cable coaxial directamente al DTE.

Estas especificaciones están dirigidas primordialmente a aplicaciones en las que hay un número relativamente bajo de dispositivos localizados en un área de trabajo.

El MAU 10BASE2 tiene la característica de permitir el manejo de hasta 185 m de cable coaxial sin el uso de repetidores, en tanto que el conjunto MAU-medio para 10BASE2 provee una tasa de bits errados en la interfaz de servicio de capa física menor que una parte en 10^7 (en el orden de uno en 10^8 en el nivel de enlace).

3.4.1 Características del cable coaxial

Los requerimientos más importantes del cable coaxial son listados en la Tabla 3-3.

Parámetro	Valor
Impedancia característica	Valor promedio $50 \pm 2\Omega$ a 10 MHz.
Atenuación (para un segmento de 185 metros)	Máximo 8.5 dB a 10 MHz, y 6.0 dB a 5 MHz.
Velocidad de propagación	El mínimo valor requerido es de 0.65c.
Jitter del cable sin agujerear (segmento de 500 metros)*	Máximo 8.0 ns en ambas direcciones en el extremo del receptor.

Nota: Los parámetros especificados por el estándar IEEE 802.3 son reunidos por los cables tipo RG 58 A/U o RG 58 C/U.

Tabla 3-3. Características del cable coaxial 10BASE2

Adicionalmente, se recomienda que la chaqueta del cable sea marcada con el fabricante y tipo en una frecuencia nominal de al menos una vez por metro a lo largo de la longitud del cable.

3.4.2 Conectores del tronco de cable coaxial

Los dispositivos para ser conectados al medio requieren un adaptador BNC tipo "T", como se muestra en la Figura 3-2.

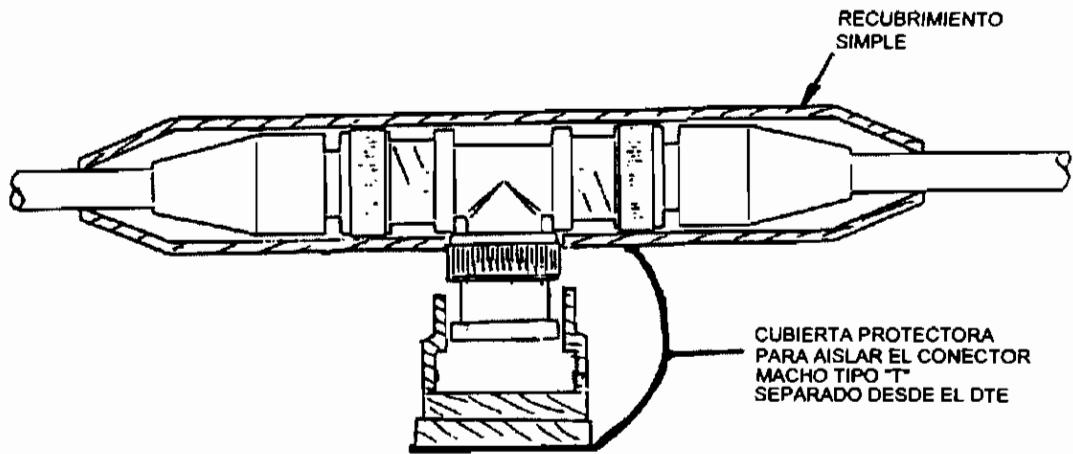


Figura 3-2. Ejemplo de conector cubierto aislado

Los conectores BNC deberán ser de tipo de impedancia constante de 50 Ω . Adicionalmente, todos los cables coaxiales deberán estar terminados con conectores plug BNC. Las extensiones de línea coaxial deberán ser hechas con un par de conectores BNC receptáculo - receptáculo unidos simultáneamente a una forma de barril.

3.4.3 Modelo del sistema de transmisión

La máxima configuración para el sistema de transmisión físico es como sigue:

- a) Un segmento de cable coaxial puede contener un máximo de 185 m de cable coaxial y 30 MAUs. La velocidad mínima de propagación del cable coaxial se asume 0.65c. El máximo retardo de propagación extremo a extremo en el segmento de cable coaxial es 950 ns.

- b) El máximo camino de transmisión permitido entre dos MAUs cualesquiera está limitado por el número de repetidores que pueden ser conectados en serie.
- c) La unidad de repetidor especificada en 3.9 provee los mecanismos para conectar segmentos en banda base de 10 Mb/s de una red CSMA/CD.
- d) La longitud máxima de 185 m del segmento de cable coaxial puede ser construida desde un número de secciones de cable. Una variación en la impedancia característica de $\pm 2\Omega$ en 50Ω , puede resultar en el peor de los casos en una reflexión de 4 % debido a un mal apareamiento de dos secciones de cable diferente. La acumulación de esta reflexión puede ser minimizada por observación de una distancia mínima entre MAUs (y entre las secciones de cable). A fin de mantener las reflexiones en un nivel aceptable, la mínima longitud de la sección de cable deberá ser 0.5 m.

3.5 Implementación tipo 10BROAD36

Estos sistemas comprenden cables tipo CATV (75Ω), taps, conectores y amplificadores. Un sistema coaxial de banda ancha permite la asignación de diferentes bandas de frecuencia para múltiples aplicaciones. Por ejemplo, una banda en el espectro puede ser utilizada por LANs mientras otras bandas son usadas para enlaces punto a punto, televisión, o señales de audio.

En un sistema de cable simple la transmisión desde el MAU está a una frecuencia de portadora f_1 . Un traslador de frecuencia (o modulador) localizado en la cabecera convierte a una frecuencia de portadora f_2 , la cual es enviada al receptor. En un sistema de cable dual las frecuencias de portadoras de transmisión y recepción son idénticas (ambas f_1) y el MAU se conecta al medio a través de dos taps, uno en el cable de recepción y otro en el cable de transmisión.

Los cables de transmisión y recepción están conectados el uno al otro en la ubicación de la cabecera. La Figura 3-3 muestra tanto un sistema de cable simple como un sistema de cable dual.

Los MAUs de banda ancha operan para aceptar los datos desde el DTE conectado y transmiten una señal de radio frecuencia modulada en una banda de datos en el sistema de cable coaxial de banda ancha. Todos los MAUs conectados al sistema de cable reciben esta señal de RF y recuperan los datos DTE. Los MAUs de banda ancha emulan MAUs de banda base excepto por el retardo en la transmisión y recepción, la cual es inherente en el sistema de cable de banda ancha.

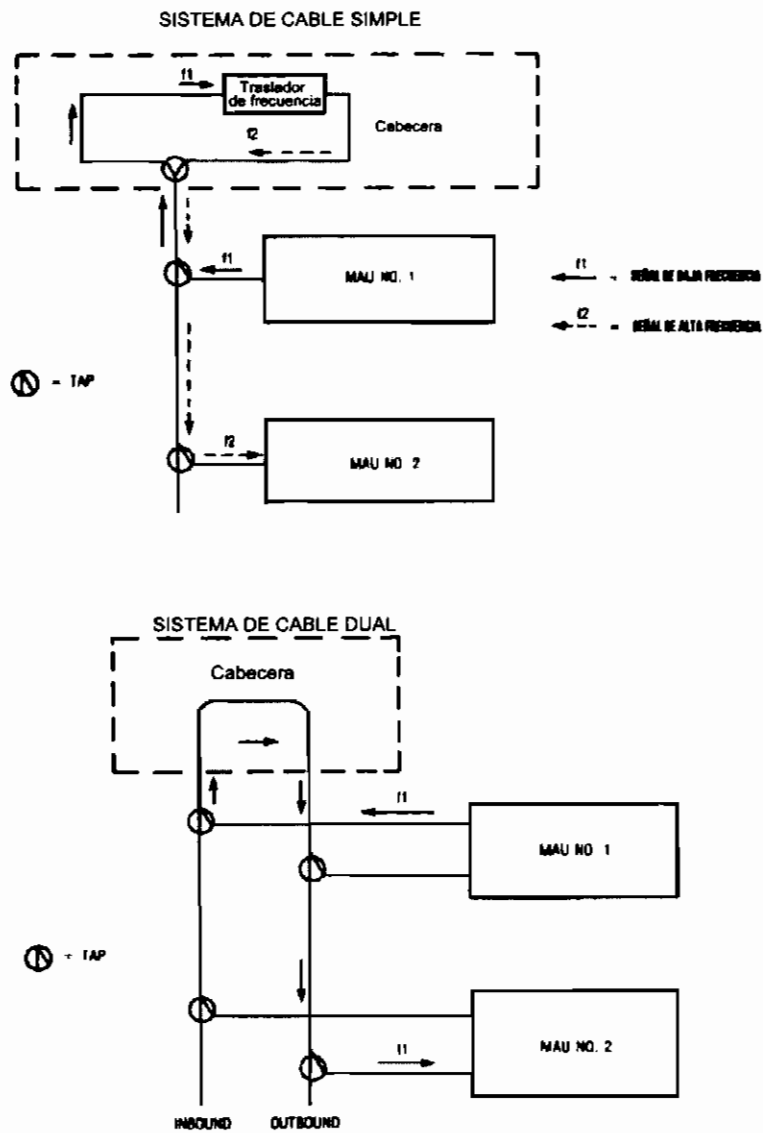


Figura 3-3. Sistemas de cable simple y cable dual

Un MAU transmitiendo compara lógicamente los datos recibidos con los datos transmitidos. Cualquier diferencia entre ellos, la cual puede ser debido a errores causados por transmisiones colindantes, recepción de una transmisión desde otro MAU cercano, o un error de bit en el canal, es interpretada como una colisión.

Cuando una colisión es reconocida, el MAU detiene la transmisión en la banda de datos y comienza la transmisión de una señal de RF denominada forzamiento de colisión o CE (Colisión Enforcement) en una banda separada CE adyacente. La señal CE es detectada por todos los MAUs e informa a estos que una colisión ha ocurrido. Todos los MAUs señalan a sus MACs conectadas la presencia de una colisión. Las MACs transmitiendo comienzan entonces el proceso de manejo de la colisión.

La señal CE es necesaria porque las señales de datos de RF desde diferentes MAUs en el sistema de cable de banda ancha pueden ser recibidas en diferentes niveles de potencia. Durante una colisión entre las señales de datos de diferentes niveles, el MAU con el nivel de potencia superior recibida puede no mirar errores en la cadena de datos detectada. Sin embargo, el MAU con el nivel de potencia más bajo mirará una diferencia entre los datos recibidos y los transmitidos; este MAU transmite la señal CE para forzar el reconocimiento de la colisión para todos los MAUs transmitiendo.

Los objetivos adicionales del conjunto MAU-medio para 10BROAD36 son listados a continuación:

- a) Proveer un máximo diámetro de red de banda ancha no menor que 2800 m.
- b) Proveer un MAU que requiera un ancho de banda de transmisión no mayor que 18 MHz, en donde 14 MHz corresponderán a la

banda de transmisión de datos y 4 MHz a la banda de forzamiento de colisión. Adicionalmente el MAU 10BROAD36 opera únicamente en modo normal. ¹

- c) La tasa resultante de bits errados en la interfaz de servicio de capa física es menor que una parte en 10^8 (en el orden de uno en 10^9 en el nivel de enlace) en el peor de los casos de relación de señal a ruido de 26 dB.

3.5.1 Operación del MAU con paquetes menores que 512 bits

El MAU transmite una secuencia de prueba en el medio de RF después de cada paquete recibido. Si la trama más el preámbulo y el SFD, es menor que el tiempo durante el cual una colisión puede presentarse, un MAU recibiendo puede no distinguir la señal de prueba de una señal de forzamiento de colisión debido a una colisión.

Por tal, la operación de un MAU con tramas de datos menores a 512 bits pueden causar que todos los otros MAUs receptores miren una colisión.

¹ La distribución de frecuencias en el MAU 10BROAD36 se presenta en las Tablas B-1 y B-2 del Anexo B.

Los requerimientos más relevantes del sistema de cable coaxial son listados en la Tabla 3-4. Cada parámetro es aplicable sobre el rango de frecuencia a ser usado por el MAU de banda ancha.

Impedancia	75 Ω
Velocidad de propagación	Mínimo 0.66 c
Nivel de transmisión	+ 50 dBmV \pm 2 dB
Nivel de recepción	+ 6 dBmV \pm 10 dB
Variación del retardo de grupo	
- alrededor de la portadora de datos	20 ns/10MHz máx
- sobre la banda de 18 MHz	34 ns máx

^a No incluye la cabecera

Tabla 3-4. Características del cable coaxial 10BROAD36

3.5.3 Consideraciones del sistema

Con respecto a los requerimientos de retardo, la máxima longitud del sistema de cable está supeditado por el retardo de viaje redondo permitido desde el MAU más lejano transmitiendo y el MAU más lejano recibiendo. Para un tronco de cable con velocidad de propagación de 3.83 ns/m (velocidad de propagación 0.87c), este permite 3600 m de tronco de cable (viaje redondo: 1800 m desde el punto más lejano a la cabecera), y 2.5 m de caída de cable coaxial de velocidad 4.27 ns/m (velocidad de propagación 0.78c) en cada MAU.

Además, 50 metros de cable AUI son permitidos para cada MAU, permitiendo así, en este caso, una máxima separación de 3750 m

DTE a DTE. Las longitudes serán diferentes si se usan cables de diferentes velocidades de propagación. Esto es adecuado para que el máximo retardo no sea excedido.

3.6 Implementación tipo 10BASE-T

Este MAU y la especificación del medio están dirigidas primordialmente para ambientes de oficinas donde el cable de par trenzado es instalado con frecuencia. La simplicidad de instalación y reconfiguración es permitida por el tipo de cable y conectores usados.

La Figura 3-4 muestra la relación de esta implementación al modelo de referencia OSI.

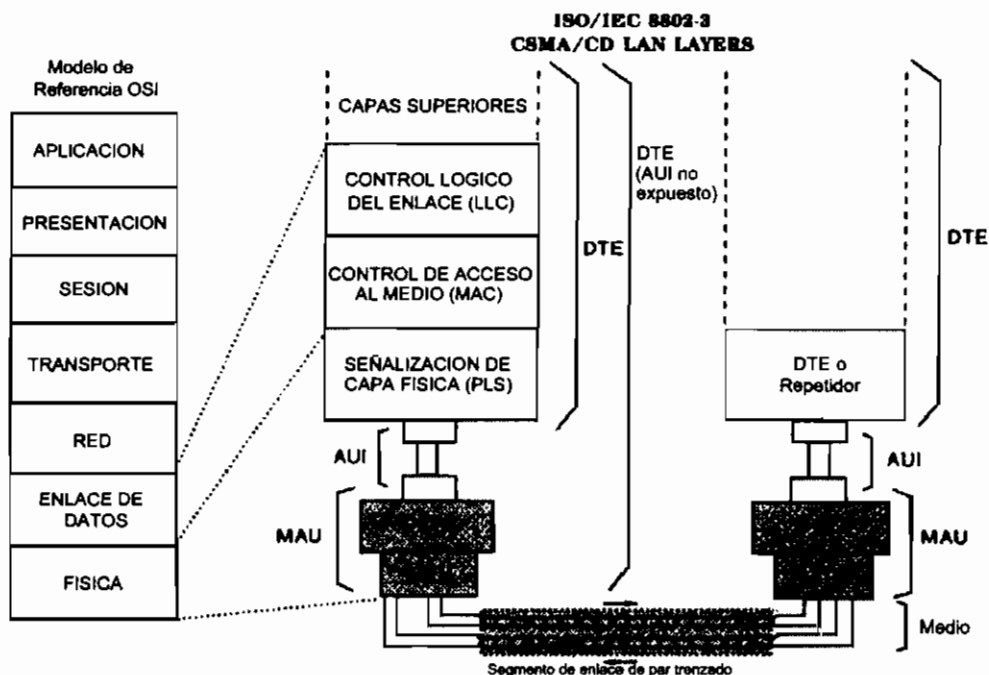


Figura 3-4. Relación 10BASE-T con el modelo OSI

Este tipo de MAU presenta las siguientes características adicionales:

- a) Provee para operación sobre 0 m a por lo menos 100 m de cable de par trenzado sin el uso de un repetidor.
- b) Soporta una interconexión punto a punto entre MAUs y, una topología de cableado en estrella cuando se usa con repetidores de múltiples puertos.
- c) Permite la incorporación del MAU dentro de los límites físicos de un DTE o repetidor.
- d) Opera únicamente en modo normal

Además, el conjunto MAU-medio para 10BASE-T provee un canal de comunicación con una tasa de bits errados en la interfaz de servicio de capa física de menos que una parte en 10^8 .

Debido a que la incorporación de MAUs 10BASE-T no requieren la implementación de un AUI, los circuitos DO, DI, y CI podrían no existir físicamente. Sin embargo, ellos están lógicamente presentes y la operación del MAU es definida en término de ellos.

3.6.1 Características del segmento de enlace simplex

La Tabla 3-5 lista las características más relevantes del segmento de enlace usado en 10BASE-T.

Parámetro	Valor
Impedancia diferencial característica	85 Ω a 111 Ω entre 5.0 MHz y 10 MHz (para 3 m de cable)
Jitter	Máximo \pm 5.0 ns
Retardo	Máximo 5.7 ns/m (mínima velocidad de 0.585c); máximo retardo de un segmento de enlace 1000 ns.

Tabla 3-5. Características del segmento 10BASE-T

3.6.2 Especificación de la interfaz MDI

Conectores de 8 pines que reúnen los requerimientos de la cláusula 3 y Figuras 1 hasta 5 de ISO/IEC 8877: 1992 se deben usar como la interfaz mecánica para el segmento de enlace de par trenzado.

El conector plug deberá ser usado en el segmento de enlace de par trenzado y el conector jack en el MAU. Los conectores son descritos en la Figura 3-5. La Tabla 3-6 muestra la asignación de señales a contactos del conector.

Contacto	Señal
1	TD+
2	TD-
3	RD+
4	No usado por 10BASE-T
5	No usado por 10BASE-T
6	RD-
7	No usado por 10BASE-T
8	No usado por 10BASE-T

Tabla 3-6. Asignación de pines en 10BASE-T

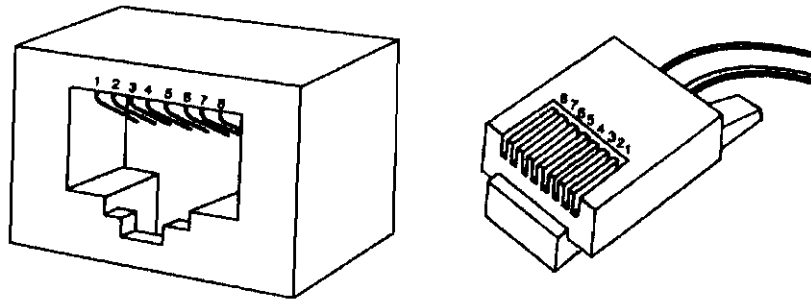
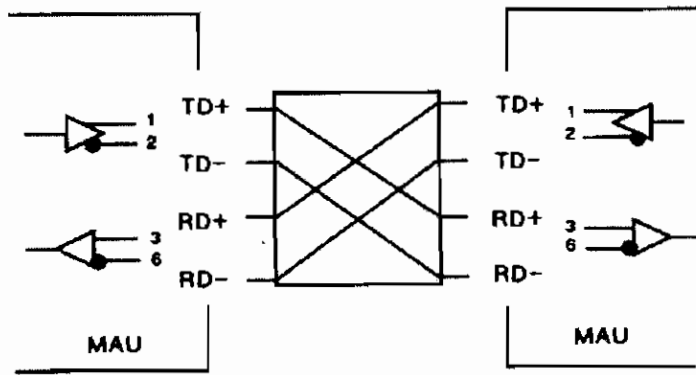


Figura 3-5. Conectores usados en 10BASE-T

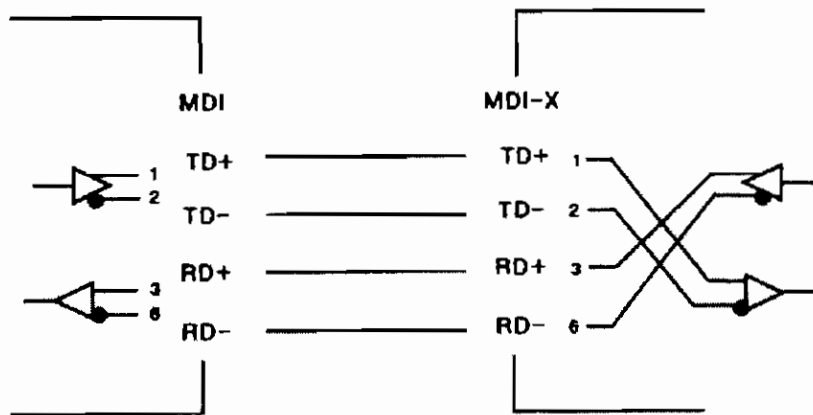
3.6.3 Función de Cruce

Una función de cruce deberá ser implementada en todo enlace de par trenzado. La función de cruce conecta el transmisor del MAU al receptor del MAU en el otro extremo del enlace de par trenzado. Esta función puede ser implementada interna a un MAU, o en otra parte en el enlace de par trenzado.

Para MAUs que no implementan la función de cruce los nombres de las señales refieren a sus propios circuitos internos. Para MAUs que implementan la función de cruce, los nombres de las señales refieren al MAU remoto del enlace de par trenzado. Adicionalmente, los conectores MDI para MAUs que implementan la función de cruce deberán estar marcados con el símbolo gráfico "X". Funciones de cruce internas y externas son mostradas en la Figura 3-6.



a) Función de cruce externa



b) Función de cruce contenida en el MAU

Figura 3-6. Función de cruce 10BASE-T

Cuando un enlace de par trenzado conecta un DTE a un repetidor, es recomendable que el cruce sea implementado en el MAU local al repetidor.

3.6.4 Consideraciones del sistema

La unidad de repetidor descrita en 3.9 forma la unidad central para la interconexión de enlaces de par trenzado 10BASE-T en redes de

más de dos nodos. Esta también provee los mecanismos para conexión de enlaces de par trenzado a otros segmentos de banda base de 10 Mb/s.

3.7 Implementación tipo 10BASE-F

El propósito de los MAUs 10BASE-F es proveer un mecanismo de conexión de DTEs (10BASE-FP y 10BASE-FL) o repetidores al medio de red local. El propósito de la Estrella 10BASE-FP es proveer los mecanismos de interconexión de MAUs 10BASE-FP en un segmento de topología estrella.

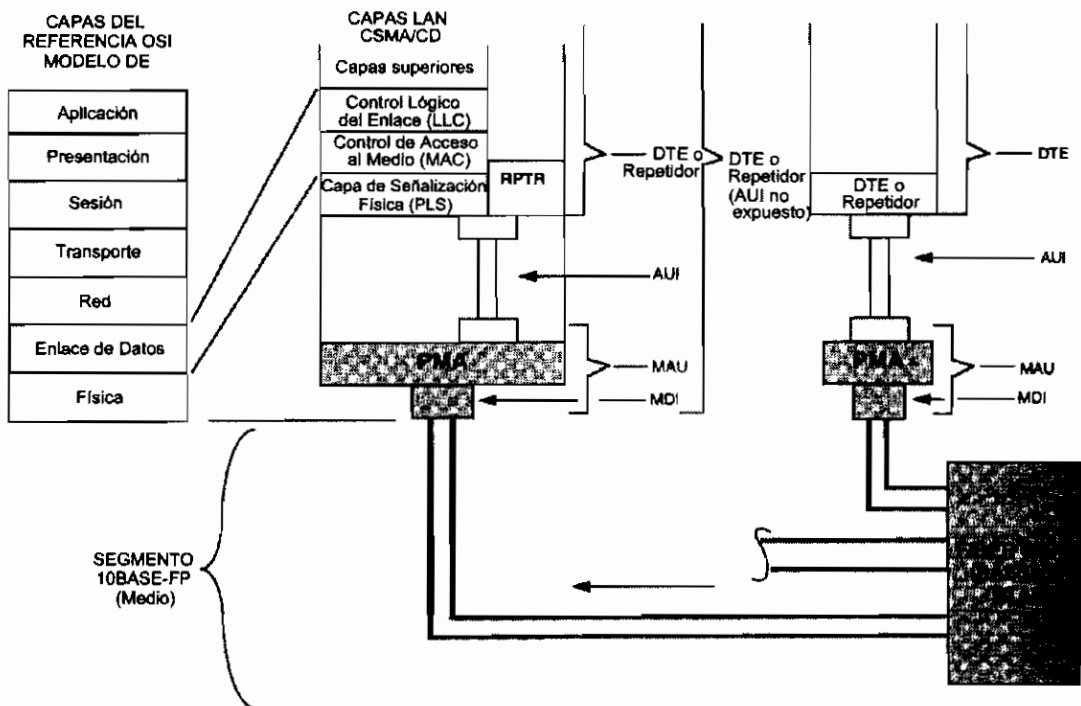


Figura 3-7a. Relación 10BASE-FP al modelo OSI

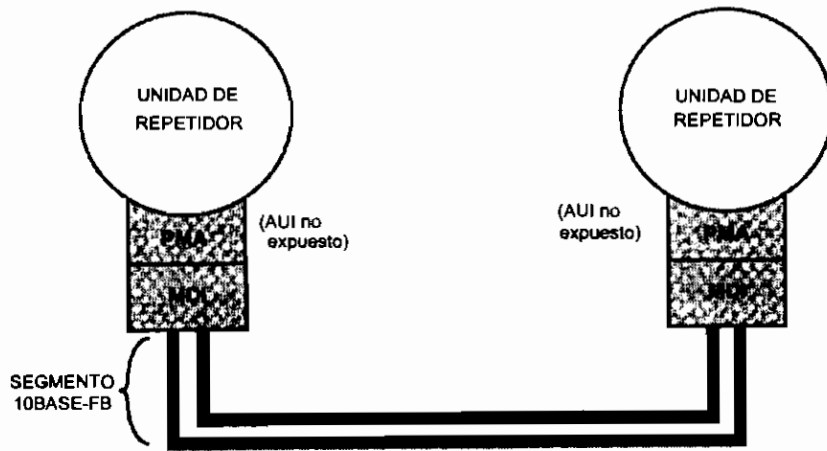


Figura 3-7b. Relación 10BASE-FB al modelo OSI

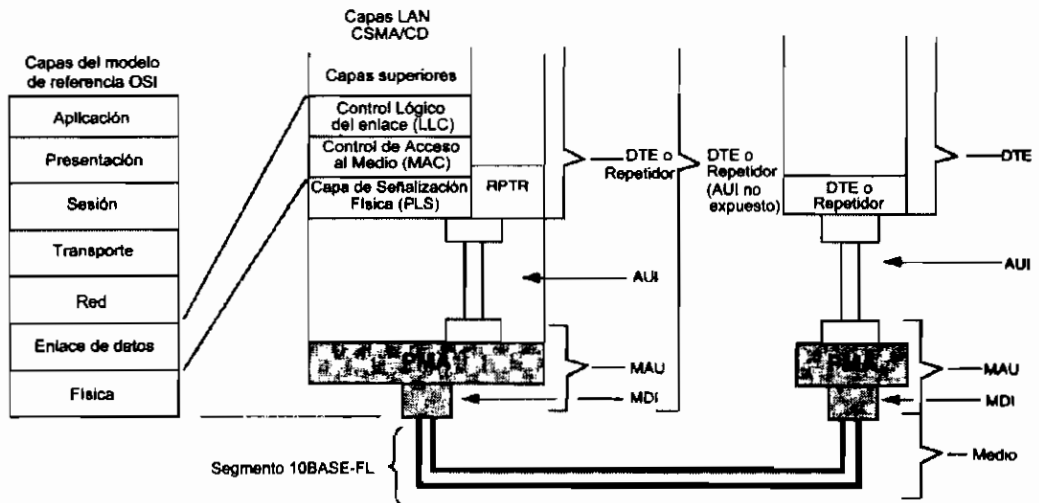


Figura 3-7c. Relación 10BASE-FL al modelo OSI

La relación de esta cláusula con el modelo de referencia OSI se muestra en las Figuras 3-7a, 3-7b, y 3-7c para 10BASE-FP, 10BASE-FB, y 10BASE-FL, respectivamente.

Los MAUs especificados en las cláusulas 3.7.3, 3.7.4, y 3.7.5 tienen las siguientes características:

- a) Proveen manejo de hasta: 1 km de cable de fibra óptica con una Estrella 10BASE-FP conectada en el medio entre dos MAUs 10BASE-FP; 2 km de cable de fibra óptica entre dos repetidores que tienen integrado MAUs 10BASE-FB; 2 km de cable de fibra óptica entre dos MAUs 10BASE-FL.
- b) Soportan una topología de cableado en estrella.
- c) Permiten la incorporación del MAU dentro de los límites físicos de un DTE o repetidor.

Esta especificación provee una tasa de bits errados entre AUIs sobre un segmento de fibra menor que una parte en 10^9 .

Debido a que la incorporación de MAUs 10BASE-FP, 10BASE-FB o 10BASE-FL no requieren la implementación de un AUI, los circuitos DO, DI, y CI podrían no existir físicamente. Sin embargo, ellos están lógicamente presentes y la operación del MAU es definida en término de sus mensajes.

3.7.1 Características del medio de fibra óptica

El medio de transmisión de fibra óptica consiste de una o más secciones de cables de fibra óptica con cualquier conector intermedio requerido para conectar las secciones simultáneamente y terminada

en cada extremo con el conector óptico plug como el especificado en 3.7.2. El medio de fibra óptica recorre desde un MDI a otro.

Los requerimientos del medio óptico son satisfechos por la fibra de diámetro nominal 62.5/125 μm especificada en IEC 793-2: 1992 tipo A1b con las excepciones anotadas en la Tabla 3-7. El sistema puede operar sujeto a ciertas restricciones con una variedad de fibras ópticas. Sin embargo, conforme a este estándar, la operabilidad entre equipos de vendedores diferentes es asegurada solamente a través del uso de la fibra óptica aquí especificada.

Fibra óptica	
Parámetro	Valor
Atenuación	≤ 3.75 dB medida en una $\lambda = 850$ nm.
Ancho de banda modal	Mínimo producto de ancho de banda modal por longitud 160 MHz-km en una $\lambda = 850$ nm.
Retardo de propagación	≤ 5 $\mu\text{s}/\text{km}$ (equivalente a una velocidad de propagación de 0.67c)

Tabla 3-7. Parámetros de la Fibra Optica

3.7.2 Conectores del medio óptico

Cada extremo del cable de fibra óptica que está conectado a un MAU 10BASE-FP, 10BASE-FB, o 10BASE-FL o a una estrella 10BASE-FP, deberá estar terminado en el conector plug BFOC/2.5 mostrado en la Figura 3-8 (para uso internacional solamente) (uno por fibra). El correspondiente conector de apareamiento socket mostrado en la

todos los elementos de red cubiertos por esta especificación.

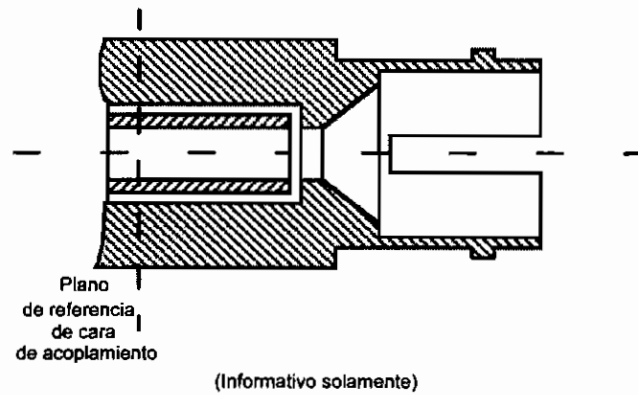
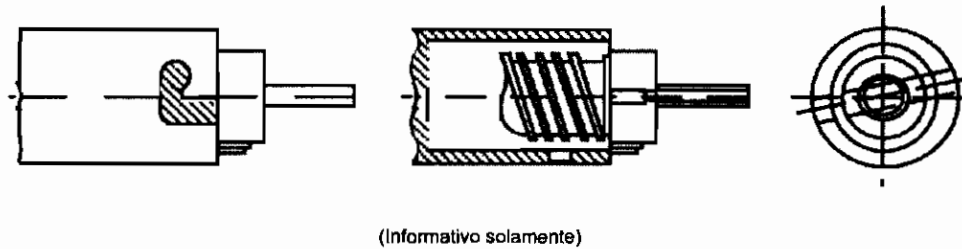


Figura 3-8. Conector plug



Figuras 3-9. Conector socket

3.7.3 Implementación tipo 10BASE-FP

Este sistema, el cual puede ser interconectado a otros segmentos de banda base de 10 Mb/s usando repetidores, consiste de un MAU 10BASE-FP, una estrella de fibra óptica 10BASE-FP, y el medio de fibra óptica especificado en 3.7.1. El MAU 10BASE-FP provee los medios para conectar DTEs y repetidores a una Estrella LAN

10BASE-FP, y una Estrella 10BASE-FP provee los medios para interconectar solamente MAUs 10BASE-FP vía sus MDIs.

El MAU 10BASE-FP tiene las siguientes características generales:

- a) Soporta totalmente los medios de interconexión a una topología de estrella pasiva.
- b) Conecta un DTE o repetidor a un segmento de fibra óptica 10BASE-FP.
- c) Permite hasta 500 m de cable de fibra óptica, como el especificado en 3.7.1, entre MAUs 10BASE-FP y una Estrella 10BASE-FP.
- d) Recodifica el preámbulo antes de la transmisión en el MDI para permitir una detección de colisión del sistema pasivo, y restaura el preámbulo normal para paquetes recibidos en el MDI. El propósito de codificar el preámbulo es proveer sincronización e información de detección de colisión para la función de Recepción.
- e) Transmite la señal jam codificada durante la colisión para detección determinística del extremo de colisión.

La estrella tiene las siguientes características generales:

- a) Soporta totalmente los medios de interconexión a una topología de estrella pasiva.
- b) Recibe una señal óptica desde cualquier MAU 10BASE-FP conectado al segmento pasivo de fibra óptica y la distribuye uniformemente a todos los MAUs 10BASE-FP conectados al segmento pasivo de fibra óptica, incluyendo al MAU transmisor.

3.7.3.1 Especificaciones funcionales de la Estrella 10BASE-FP

La estrella tiene las siguientes capacidades funcionales:

- a) *Número de Puertos.* Una estrella puede contener cualquier número de interfaces ópticas de entrada/salida con tal que los requerimientos del estándar sean reunidos.
- b) *División de la Potencia Óptica.* Una estrella divide la potencia incidente sobre un puerto de entrada uniformemente entre todos los puertos de salida sin una amplificación de la señal óptica entrante.
- c) *Configuración.* Un segmento de fibra óptica 10BASE-FP está configurado por la vinculación de un par de fibra entre cada MAU MDI y una interfaz óptica a la estrella. Cada circuito MAU OTD (Transmisión de Datos Ópticos) deberá estar conectado a un puerto de entrada de la estrella, y cada circuito MAU ORD (Recepción de Datos Ópticos) deberá estar conectado a un puerto de salida. Se recomienda para propósitos de administración del medio usar cada puerto de salida de la estrella con su correspondiente puerto de entrada.

3.7.4 Implementación tipo 10BASE-FB

Este enlace de fibra óptica puede ser usado para interconectar repetidores en una topología estrella, y consiste de un nuevo y específico PMA para el repetidor y el medio de fibra óptica

especificado en 3.7.1. Esta cláusula define un MAU que extiende las distancias de enlace e incrementa significativamente el número de repetidores permitidos en serie. Aún cuando esta cláusula define un MAU, el AUI deberá existir solamente como una interfaz lógica de servicio.

El MAU 10BASE-FB tiene las siguientes características adicionales:

- a) Transmite ambas señales, datos e inactividad sincrónicamente con el bit de reloj y recibe datos sin resincronización sobre cada paquete.
- b) Conecta un repetidor a un segmento de enlace backbone de fibra óptica.
- c) Provee señalización de estado punto a punto vía señalización sincrónica.

3.7.5 Implementación tipo 10BASE-FL

El MAU 10BASE-FL tiene las siguientes características adicionales:

- a) Soporta una interconexión punto a punto entre MAUs y, una topología de cableado en estrella cuando es usado con repetidores que poseen múltiples puertos.
- b) Permiten la incorporación del MAU dentro de los límites físicos del DTE o repetidor.

3.8 Implementación tipo 1BASE5

Si bien es cierto, 1BASE5 no constituye una red de velocidad igual a 10 Mb/s ella está aquí incluida ya que se encuentra definida dentro del estándar IEEE 802.3. 1BASE5 debido a su baja velocidad ha sido en la actualidad relegada de aplicaciones de transmisión de datos.

1BASE5 es una red basada en CSMA/CD sobre cableado de par trenzado. Cada DTE está conectado en estrella a un hub compartido a través de dos pares que funcionan como canales de transmisión y recepción. La relación de 1BASE5 con el modelo de referencia OSI se muestra en la Figura 3-10.

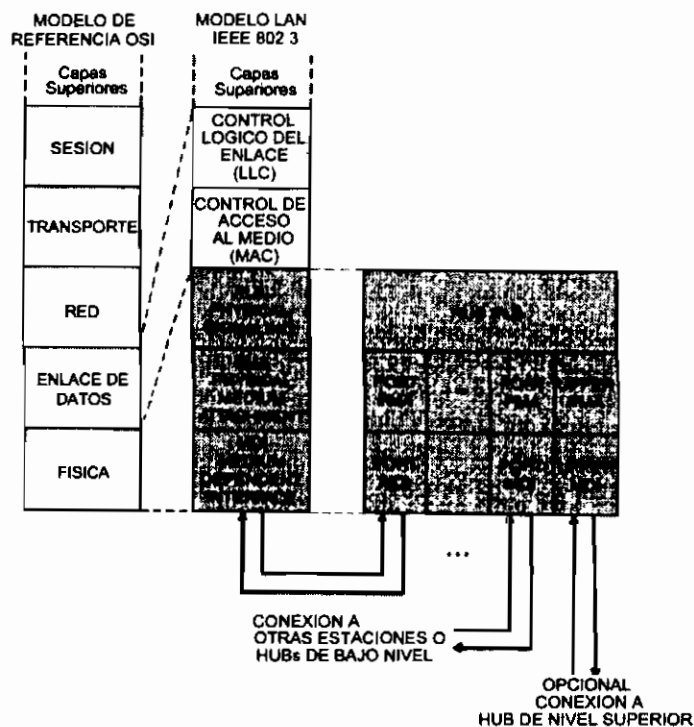


Figura 3-10. Relación con el modelo OSI

La primera área de aplicación para este tipo de red es pensada para ambientes de oficina en redes de trabajo de DTEs tales como computadoras personales u otras estaciones de trabajo. En muchos casos se usará cableado telefónico existente.

La especificación 1BASE5 hace uso de las definiciones dadas anteriormente en lo que respecta a las Subcapas MAC y PLS, en lo que concierne a la subcapa PMA, medio de transmisión y funciones del hub para tipo 1BASE5, ellas son especificadas en los siguientes párrafos.

Las características generales de este tipo de implementación son:

- a) Velocidad de señalización de 1 Mb/s ($1 \text{ Mb/s} \pm 0.01\%$)
- b) Interconexión punto a punto de DTEs a hubs.
- c) Las interfaces DTE a hub y hub a hub están eléctricamente aisladas en ambos extremos.
- d) Hasta cinco niveles de hubs son permitidos (incluyendo un enlace especial para extender algunas distancias DTE a hub o hub a hub a 4 km).
- e) Los hubs sirven como repetidores.
- f) La máxima distancia hub a DTE y hub a hub es aproximadamente 250 m para cableado telefónico (depende del tipo de cable).

La especificación 1BASE5 provee un canal de comunicación con una tasa de bits errados resultante en la interfaz de servicio de capa

La arquitectura de interconexión no implica un mínimo, típico, o máximo número de DTEs a ser conectados a un hub dado.

Hasta 5 niveles de hub pueden ser conectados en cascada. Dentro de esta configuración puede existir un número de hubs de bajo nivel o denominados IH (Intermediate Hub), pero solo existirá un hub de alto nivel o también llamado HH (Header Hub). Un IH propaga las señales desde su DTE al HH y envía la señal CP hasta el HH en el evento de una colisión. El hub de cabecera repite todas las señales recibidas desde DTEs o IHs a todos los DTEs e IHs conectados. El HH genera la señal CP si más de una entrada llega a estar activa. Los hubs no distinguen si las señales en sus entradas provienen desde DTEs o IHs.

Una configuración que envuelve cuatro niveles y un enlace especial se muestra en la Figura 3-12. Enlaces especiales son conexiones, conteniendo posiblemente dispositivos activos que son usadas para situaciones que requieren retardo de propagación extra o medios de transmisión especiales. No más de un enlace especial es permitido entre cualquier DTE y el hub de cabecera. Esto es, enlaces especiales pueden ser instalados en paralelo pero no en serie. ²

² Para un hub de cabecera, la salida superior deberá ser conectada a la entrada superior a fin de garantizar una conexión de lazo cerrado.

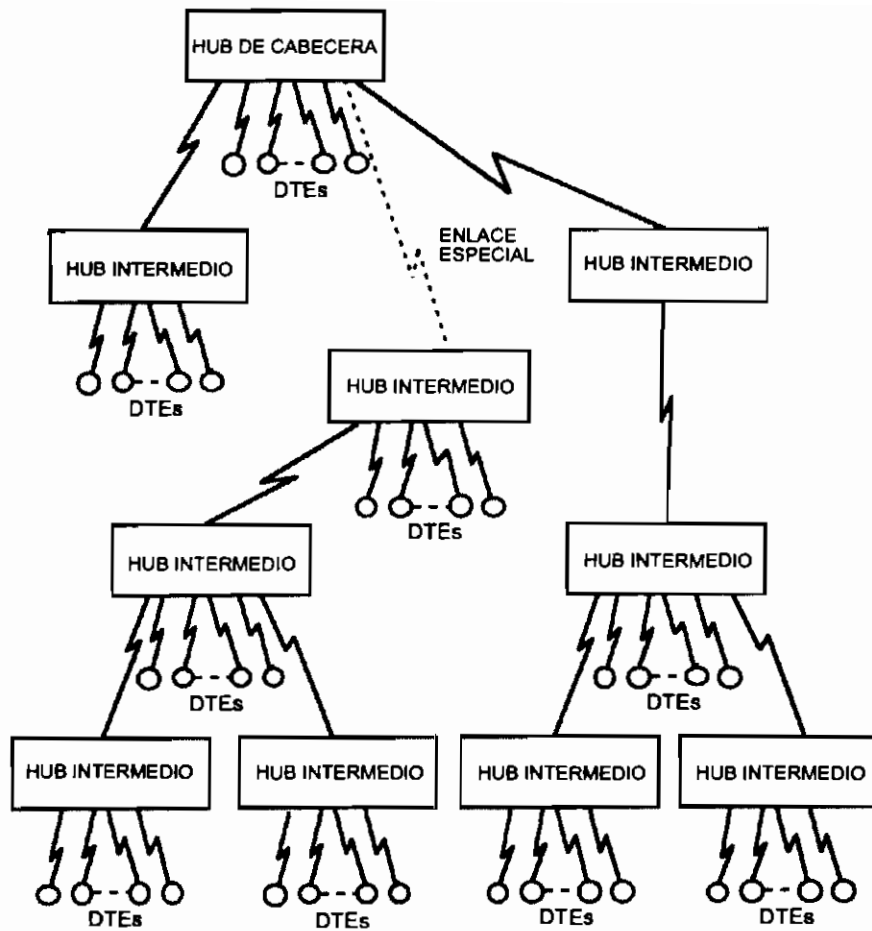


Figura 3-12. Red con cuatro niveles de hubs

3.8.2 Especificaciones Funcionales

La subcapa PLS está compuesta de cuatro funciones simultáneas y asincrónicas. Estas funciones son: Salida, Entrada, Censo de Error, y Censo de Portadora. Las funciones Salida y Entrada tienen características muy similares a las descritas en la especificación de señalización física del capítulo 2.

- a) Función Censo de Error. Lleva a cabo la tarea de enviar un mensaje de estado de la señal a la subcapa MAC en el comienzo y fin de un patrón de detección de Presencia de Colisión.
- b) Función Censo de Portadora. Lleva a cabo la tarea de enviar un mensaje de estado de la portadora a la subcapa MAC en un evento de portadora.

3.8.3 Especificación del Hub

- a) Un hub consiste de una subcapa Hub PLS y un número de instancias de subcapa PMA.
- b) Una instancia de subcapa PMA, la "PMA superior" ("PMA upper") provee una conexión a un hub de nivel superior. Esta instancia PMA no es requerida para el hub de cabecera.
- c) Cada una de las restantes instancias de la subcapa PMA, llamados "puertos PMA", proveen una conexión a un DTE o a un hub de nivel inferior.
- d) La subcapa PLS transfiere datos en dos direcciones: ascendente desde los puertos PMAs al PMA superior, y descendente desde el PMA superior a los puertos PMAs.
- e) Los "lados" ascendente y descendente del hub operan independiente y simultáneamente.

Cada hub está dividido funcionalmente en dos partes: el lado ascendente y el lado descendente. El lado ascendente es responsable

por combinar las transmisiones desde DTEs y hubs inferiores conectados a sus entradas en la red a una transmisión en su puerto de salida simple al siguiente nivel superior. Además, si una o más entradas están activas la señal CP es transmitida. El lado descendente es responsable por la distribución de la señal combinada de su única entrada a cada uno de los DTEs y hubs conectados a sus salidas. Aunque no hay conexión eléctrica entre el canal de entrada ascendente y el canal de salida descendente, ellos comparten un conector y cable y son en conjunto conocidos como un puerto hub.

3.8.3.1 Funciones del Hub PLS

Las funciones de la subcapa Hub PLS consisten de tres funciones asincrónicas. Estas funciones son:

- a) Función Transferencia Ascendente de señal.
- b) Función Jabber.
- c) Función Transferencia Descendente de señal.

3.8.4 Interfaz Dependiente del Medio

Conectores de 8 pines que reúnen los requerimientos de la cláusula 3 y Figuras 1 hasta 5 de ISO/IEC 8877: 1992 se deben usar como la interfaz de compatibilidad entre el PMA y el medio.

Los contactos de los conectores descritos en la Figura 3-5 deberán corresponder a los circuitos de señalización que se indican en la Tabla 3-8.

Contacto	Señal
1	Datos ascendentes + (positivo para señal HI)
2	Datos ascendentes - (negativo para señal HI)
3	Datos descendentes + (positivo para señal HI)
4	No usado en 1BASE5
5	No usado en 1BASE5
6	Datos descendentes - (negativo para señal HI)
7	Reservado
8	Reservado

Tabla 3-8. Asignación de pines en 1BASE5

Para DTEs y MDIs de hubs superiores, los contactos 1 y 2 son usados para transmisión y contactos 3 y 6 son usados para recepción. Para los puertos MDIs de hubs, sin embargo, los contactos 1 y 2 son usados para recepción y contactos 3 y 6 son usados para transmisión.

3.8.5 Características del segmento de enlace

Este cableado típicamente consiste de pares trenzados sin blindaje de 0.4-0.6 mm de diámetro (medida 26-22 AWG). La Tabla 3-9 lista las características mas importantes del segmento de enlace usado en 1BASE5.

Parámetro	Valor
Atenuación	Max. 6.5 dB de BR/2 a BR; 9.2 dB de BR a 2 BR y 13.8 dB de 2BR a 4 BR
Impedancia diferencial característica	80 Ω a 115 Ω a la frecuencia BR
Jitter	\pm 17 ns

Tabla 3-9. Características del segmento de enlace 1BASE5

3.8.6 Sincronización

Esta parte define los límites superiores de retardos y bits perdidos asignados a cada componente. Estos valores permiten la operación adecuada en el peor de los casos de configuración del sistema de cinco niveles de hubs, enlaces especiales, máxima longitud de segmentos de cable a través de toda la red, y DTEs colindantes en los extremos de la red. Estos valores se listan en la Tabla 3-10.

Componentes	Valores
Para DTEs:	
a) Retardo de transmisión inicial	Máximo 3 BT
b) Retardo de diferimiento	Máximo 21 BT
c) Retardo de apagado de colisión	Máximo 26 BT + jamSize = 58 BT.
Para el medio:	
a) Sincronización del medio	Máximo 4 BT
b) Sincronización de enlaces especiales	Máximo 15 BT.
Para el Hub:	
a) Retardo de arranque del hub	Máximo 12 BT
b) Retardo de arranque de colisión inactiva	Máximo 12 BT.
c) Retardo de tránsito	Máximo 9 BT
d) Retardo de detección de colisión	Máximo 21 BT.
e) Retardo de colisión activa	Máximo 12 BT .
f) Retardo de apagado de colisión	Máximo 9 BT.

Tabla 3-10. Sincronización en 1BASE5

3.9 Unidad de repetidor para redes de banda base de 10 Mb/s

Los repetidores son usados para extender la longitud y topología de la red más allá de lo que podría ser alcanzado por una simple mezcla de segmentos. Los segmentos mezclados pueden estar conectados directamente por un repetidor o por varias unidades de repetidor que son conectados en torno a los segmentos de enlace (Figura 3-13).

Los repetidores son también usados como el hub en la topología tipo estrella en los cuales los DTEs se conectan directamente a los segmentos de enlace. Las topologías aceptables deberán contener solamente un camino de señal operativo entre dos puntos cualesquiera de la red. La operación adecuada de las redes CSMA/CD requiere que el tamaño de la red sea limitado para controlar el retardo de propagación de viaje redondo; y el número de repetidores entre dos DTEs cualesquiera deberá ser limitado a fin de reducir el límite de la brecha entre paquetes viajando a través de la red.

Si el repetidor usa MAUs conectados vía AUIs a la unidad de repetidor, estos MAUs no deberán ejecutar la función de Prueba del Mensaje SQE y operarán únicamente en modo normal. Un repetidor no constituye una estación, y no cuenta hacia el número total límite de 1024 estaciones en la red.

Un repetidor puede recibir y decodificar datos desde cualquier segmento bajo el peor de los casos de ruido, sincronización, y condiciones de amplitud de la señal. Este retransmite los datos a todos los otros segmentos conectados a él con la sincronización y amplitud restauradas. La retransmisión de datos ocurre simultáneamente con la recepción. Si una colisión ocurre, el repetidor propaga el evento de colisión a través de toda la red.

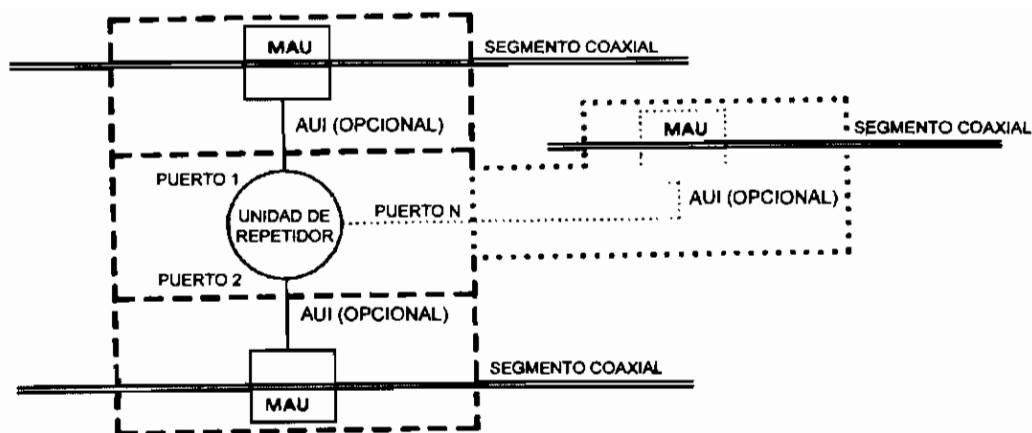


Figura 3-13. Repetidor coax-a-coax

3.9.1 Compatibilidad

El repetidor deberá conectarse a sus segmentos de red ya sea por medio de la interfaz AUI (para repetidores con MAUs externos) o a través de alguno de los mecanismos de conexión al medio (por ejemplo, conectores tipo tap, BNC tipo T, BFOC/2.5) para el caso de repetidores con MAUs internos.

3.9.2 Funciones básicas

El repetidor deberá ser transparente a todas las actividades de adquisición de red y a todos los DTEs. El repetidor no deberá alterar los criterios básicos de imparcialidad para todos los DTEs que accedan a la red.

Las funciones del repetidor son las siguientes:

1. Amplificación de señal.
2. Simetría de la señal.
3. Resincronización de la señal.
4. Manejo de Datos. Los siguientes retardos son considerados para la operación adecuada del repetidor:
 - 4.1 Retardo de Propagación del Inicio de Paquete. Máximo 8 BT.
 - 4.2 Variabilidad del Inicio de Paquete. Máximo 4 BT. Para 10BASE-FB máximo 2 BT.
5. Manejo de Colisión. Los siguientes retardos son considerados para la operación adecuada del repetidor:
 - 5.1 Retardo de Propagación de Colisión. Máximo 6 BT.
 - 5.2 Retardo de Propagación de Cese de Jam. Máximo 5TB.
 - 5.3 Tiempo de Recuperación de la Transmisión. Es el tiempo durante el cual el repetidor no censa la entrada de señales a un puerto después que ha estado transmitiendo hacia éste (depende del fabricante).
 - 5.4 Tiempo de Recuperación de Portadora. Es el tiempo durante el cual el repetidor permanece inactivo después de que la señal de error en la calidad de señal ha sido desactivada. Este tiempo depende del fabricante.

3.9.3 Función de Auto Partición/Reconexión

A fin de aislar la actividad de colisión de un segmento defectuoso propagándose a través de toda la red, el repetidor puede implementar opcionalmente un algoritmo de auto partición, y cuando la detección del mal funcionamiento ha sido borrada restablecer su conexión con un algoritmo de auto reconexión.

El algoritmo aislará el segmento de la red cuando una de las dos condiciones siguientes ha ocurrido en el segmento:

- a) Una cuenta límite consecutiva de colisiones ha sido alcanzada; o
- b) La duración de una simple colisión ha excedido una específica cantidad de tiempo límite.

El segmento deberá ser reinsertado cuando el repetidor ha detectado actividad en el segmento por un tiempo determinado (dependiente del fabricante) sin incurrir en una colisión.

3.10 Redes Multisegmento de banda base de 10 Mb/s

A fin de reunir los requerimientos de máximos retardos de propagación a través de una red, así como el número límite de repetidores entre dos DTEs cualesquiera en la red, se definen dos modelos de topologías: Modelo de sistema de transmisión 1 y Modelo de sistema de transmisión 2.

El Modelo de sistema de transmisión 1 es un conjunto de configuraciones que han sido validadas bajo reglas conservadoras para cumplir con los requerimientos antes anotados.

El Modelo de sistema de transmisión 2 es un conjunto de ayudas de calculo que permiten el diseño de configuraciones que cumplen con los requerimientos de retardo antes anotados.

El tamaño físico de la red CSMA/CD está limitado por las características de componentes individuales. Estas características incluyen las siguientes:

- a) Longitud del medio y sus tiempos de retardo asociados.
- b) Retardo de las unidades de repetidores.
- c) Retardo de MAUs.
- d) Reducción de la brecha interpaquete debido a las unidades de repetidores.
- e) Retardo del DTE asociado con el método de acceso CSMA/CD.

3.10.1 Modelo de sistema de transmisión 1

La siguiente topología de red se aplica a Modelos 1. Si ninguna longitud de segmento está dada para un tipo de segmento, se aplican las máximas longitudes de segmento definidas en las cláusulas relevantes a MAUs:

- a) Los repetidores son requeridos para toda interconexión de segmentos.
- b) El camino de transmisión permitido entre dos DTEs cualesquiera puede consistir de hasta cinco segmentos, cuatro repetidores (incluyendo AUIs opcionales), dos MAUs, y dos AUIs.
- c) Los cables AUI para 10BASE-FP y 10BASE-FL no deberán exceder 25 m (debido a que se requieren dos MAUs por segmento, 25 m por MAU resulta en una longitud total de cable AUI de 50 m por segmento).
- d) Cuando el camino de transmisión consiste de cuatro repetidores y cinco segmentos, hasta tres de los segmentos pueden ser mezclados y los restantes deberán ser segmentos de enlace. Cuando cinco segmentos están presentes, cada segmento de enlace de fibra óptica (10BASE-FB, o 10BASE-FL) no deberá exceder 500 m, y cada segmento 10BASE-FP no deberá exceder 300 m.
- e) Cuando un camino de transmisión consiste de tres repetidores y cuatro segmentos, las siguientes restricciones se aplican:
 - 1) La máxima longitud permitida de un segmento de fibra interrepetidor no deberá exceder 1000 m para segmentos 10BASE-FB y 10BASE-FL, y no excederá de 700 m para segmentos 10BASE-FP.
 - 2) La máxima longitud permitida para cualquier segmento de fibra de repetidor a DTE no excederá 400 m para segmentos 10BASE-FL, no excederá 300 m para segmentos 10BASE-

FP, y 400 m para segmentos terminados en un MAU 10BASE-FL.

- 3) No hay restricción sobre el número de segmentos mezclados en este caso. ³

3.10.2 Modelo de sistema de transmisión 2

El modelo consiste de una serie de segmentos constituidos de un segmento de extremo izquierdo, segmentos medios, y un segmento de extremo derecho. El modelo de red usado en los cálculos consiste del camino en el peor de los casos a través de la red para ese calculo particular.

El máximo retardo de viaje redondo debe ser calificado entre todos los pares de DTEs en la red. En la práctica este recurso de calificación deberá ser hecho entre esos que, por inspección de la topología, son candidatos para grandes retardos.

El camino del peor de los casos a través de la red a ser validado deberá ser identificado. El peor de los casos consiste del camino entre dos DTEs en extremos opuestos de la red que tiene el más grande tiempo de viaje redondo

³ Las figuras B-1, B-2, B-3, B-4, y B5 del Anexo B muestran las topologías validadas por el Modelo de Sistema de Transmisión I

Una vez que un conjunto de caminos es escogido para el cálculo, cada uno deberá ser chequeado para validarlo frente a las siguientes formulas. (Si un candidato para camino en el peor de los casos tiene segmentos extremos de tipos diferentes, los cálculos para el camino deberán ser ejecutados dos veces, considerando primero el un segmento extremo como el extremo izquierdo, y entonces el otro, y el máximo valor obtenido es usado como el PDV.)

- a) Determine el valor de retardo de segmento desde la Tabla B-3 del Anexo B para cada uno de los segmentos en el camino

$$SDV = \text{Base} + [\text{Longitud} * (\text{retardo viaje redondo/metro})]$$

(Para segmentos mezclados, Longitud es la longitud entre el repetidor y el extremo más lejano del segmento para segmentos extremos, o la longitud entre dos repetidores para segmentos medios).

o

$$SDV = \text{Max}$$

(Máximo es igual al valor arriba para la máxima longitud de segmento medio. Esto es provisto para facilidad de cálculo con segmentos que tienen su máxima longitud o como un valor por defecto cuando la longitud no es conocida)

- b) Desde la Tabla B-3 del Anexo B, determine el SDV para la suma de todos los cables AUI en exceso de 2 m (excepto el AUI asociado con el DTE de extremo izquierdo, el cual no contribuye al PDV)
- c) Sume todos los SDVs desde el ítem a) e ítem b) más un margen de hasta 5 bits para formar el PDV. El margen puede ser desde 0 hasta 5 bits; 5 bits es recomendado. Si el PDV es menor o igual a 575, el camino es calificado en términos de retardo en el peor de los casos.

El parámetro denominado Reducción de Brecha inter-paquete o IPG (Interpacket Gap Shrinkage) limita los equipos (es decir, número de repetidores) entre DTEs. Además, este límite se aplica a todas las combinaciones de DTEs sobre una red, pero el peor de los casos es evidente desde una inspección de una representación de un mapa o esquema de la topología en cuestión.

El camino del peor de los casos a través de una red deberá ser identificado. Este debería notar que el segmento del extremo receptor no es tomado en cuenta en este escenario. Este recurso, que en una red asimétrica donde los segmentos extremos son de diferentes tipos, el segmento extremo con la peor variabilidad deberá ser designado como el "extremo transmisor" de esta evaluación.

Una vez que el conjunto de caminos es elegido para el cálculo cada uno deberá ser chequeado para calificación por el siguiente método:

- a) Determine el valor de SVV desde la Tabla B-4 del Anexo B para cada uno de los segmentos en el camino, excluyendo el segmento extremo con el SVV inferior.
- b) Sumar todos los SVVs desde ítem 1 para formar el PVV. Si el PVV es menor o igual a 49, el camino es calificado en términos de la variabilidad del peor de los casos.

3.11 Implementaciones de 100 Mb/s

Las siguientes líneas detallan las especificaciones de las implementaciones de 100 Mb/s definidas por la IEEE bajo el estándar 802.3u. Adicionalmente se especifican las características del repetidor (que para el caso de las redes de 100 Mb/s puede ser de dos clases), las consideraciones para la construcción de redes multisegmento de 100 Mb/s, y finalmente define un algoritmo de Auto-Negociación cuya implementación es opcional.

3.12 Implementación tipo 100BASE-T4

La señalización 100BASE-T4 requiere cuatro pares de cable de par trenzado Categoría 3 o superior (es decir, categorías 4 o 5). 100BASE-T4 no transmite una señal continua entre paquetes, lo cual la hace útil en aplicaciones de potencia de batería.

La Figura 3-14 muestra el uso de los pares existentes en 100BASE-T4

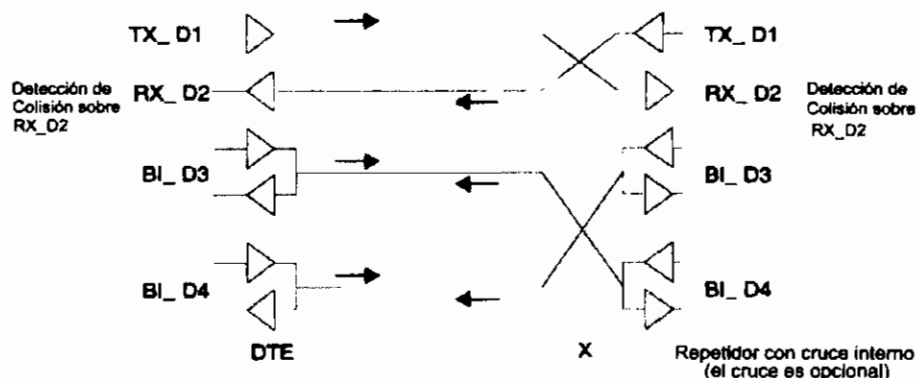


Figura 3-14. Uso de los pares 100BASE-T4

Los siguientes son los objetivos de 100BASE-T4:

- Soportar el método de acceso CSMA/CD.
- Soportar el MII 100BASE-T, repetidor, y opcionalmente Auto-Negociación.
- Proveer velocidad de datos de 100 Mb/s en el MII.
- Proveer para operación sobre cables UTP Categoría 3, 4, o 5, instalado como corrida horizontal, en distancias de hasta 100 m.
- Proveer un canal de comunicación con una tasa baja de símbolos ternarios errados, en la interfaz de servicio PMA de menos de una parte en 10^8 .

Todas las implementaciones de par trenzado deberán ser compatibles en el MDI. El PCS, PMA, y el medio físico son definidos para proveer

compatibilidad entre dispositivos diseñados por diferentes fabricantes.

3.12.1 Especificaciones Funcionales PCS

El PCS comprende una función de Inicialización (ejecutada en el encendido o por un requerimiento de inicialización) y cinco funciones de operación simultáneas y asincrónicas. Estas funciones son:

- a) **Función Transmisión.** Recibe nibbles desde las señales TXD del MII, ensambla pares de nibbles para formar octetos, convierte los octetos en grupos de código 6T⁴, y pasa los datos ternarios resultantes al PMA.
- b) **Función Recepción.** Acepta símbolos ternarios desde el PMA, convierte estos símbolos usando codificación 8B6T a un formato de nibble y los pasa hasta el MII.
- c) **Función Censo de Error.** Lleva a cabo la tarea de enviar la señal de error de recepción (RX_ER) al MII cuando una condición de error es recibida desde la subcapa PMA o cuando cualquier condición de error de decodificación PCS ocurre.
- d) **Función Censo de Portadora.** Deberá llevar a cabo la tarea de controlar la señal de censo de portadora de la interfaz MII.
- e) **Función Presencia de Colisión.** Una colisión PCS es definida como la ocurrencia simultánea de una transmisión activa y presencia de portadora mientras el estado del enlace es óptimo (OK).

⁴ La Tabla C-1 del Anexo C presenta la codificación 8B6T usada en 100BASE-T4.

3.12.2 Interfaz de servicio PMA

La interfaz de servicio PMA soporta el intercambio de vectores entre el PMA y su cliente. El PMA también genera indicaciones de estado para uso del cliente. Para esto el PMA usa las siguientes primitivas:

PMA_TYPE.indicate. Deberá ser generada continuamente por el PMA para indicar la naturaleza del mismo (el valor tipo para 100BASE-T4 es T4). El propósito de esta primitiva es permitir conexiones de varios tipos de entidades PMA 100BASE-T de manera generalizada.

PMA_UNITDATA.request. Define la transferencia de datos (en forma de parámetros *tx_code_vector*) desde el PCS o repetidor al PMA. Cuando se transmiten datos usando señalización 100BASE-T4, el parámetro *tx_code_vector* transporta al PMA simultáneamente los valores lógicos de salida de cada uno de los tres pares de transmisión TX_D1, BI_D3, y BI_D4. Cada uno de los tres elementos de *tx_code_vector* pueden tomar uno de tres valores, 1, 0, o -1, correspondientes a las tres posibilidades ternarias +, 0, y - listado para cada símbolo ternario 8B6T.

Entre paquetes, la subcapa PMA envía una señal de inactividad sobre este vector.

PMA_UNITDATA.indicate. Define la recepción de datos (en forma de parámetros *rx_code_vector*) desde PMA al PCS o repetidor cuando el enlace es óptimo. Cuando se recibe datos usando señalización 100BASE-T4, el parámetro *rx_code_vector* transporta al PMA simultáneamente los valores lógicos de entrada de cada uno de los tres pares de recepción *RX_D2*, *BI_D3*, y *BI_D4*. Cada uno de los tres elementos de *rx_code_vector* pueden tomar uno de tres valores, 1, 0, o -1, correspondientes a las tres posibilidades ternarias +, 0, y - listado para cada símbolo ternario 8B6T.

Entre paquetes, el *rx_code_vector* es fijado por la subcapa PMA al valor de inactividad.

PMA_CARRIER.indicate. Su propósito es dar al PCS o repetidor cliente la indicación más fiable de actividad sobre el medio principal.

PMA_LINK.indicate. Es generada por el PMA para indicar el estado del medio principal. Su propósito es dar al PCS, repetidor cliente, o algoritmo de Auto-Negociación un mecanismo para determinar la validez de elementos de código recibidos.

PMA_LINK.request. Es generada por el algoritmo de Auto-Negociación. Su propósito es permitir a dicho algoritmo habilitar y deshabilitar la operación del PHY.

PMA_RXERROR.indicate. Su propósito es dar al PCS o repetidor cliente una indicación de un error recibido detectable PMA.

3.12.3 Especificaciones Funcionales PMA

El PMA acopla mensajes desde la interfaz de servicio PMA al medio de banda base 100BASE-T4.

La subcapa PMA comprende una función de inicialización (ejecutada en el encendido y la recepción de un requisito de inicialización desde la entidad de administración) y seis funciones de operación simultáneas y asincrónicas. Estas funciones son:

- a) Transmisión. Se encarga de transmitir hacia el MDI símbolos ternarios sobre los pares TX_D1, BI_D3, y BI_D4 igual a *tx_code_vector*, si el medio está libre y se tienen datos para transmitir, y deberá transmitir un patrón que indica que el medio de transmisión está ocupado y permanece así hasta recibir un indicación de inactividad sobre *tx_code_vector*.
- b) Recepción. Contiene los circuitos necesarios para convertir físicamente símbolos ternarios codificados desde los pares de recepción MDI (RX_D2, BI_D3, Y BI_D4) a un formato lógico adecuado para la Función Alineación.
- a) Censo de Portadora. Deberá indicar la presencia de portadora cuando un patrón de presencia de portadora sea recibido sobre el

par RX_D2. Deberá abandonar esta condición cuando reciba un patrón de ausencia de portadora sobre el par RX_D2.

- b) Integridad de Enlace. Provee la habilidad para proteger la red de las consecuentes fallas de un enlace simplex conectado al par RX_D2. Mientras tal falla esté presente, la transferencia de datos por las funciones de Transmisión y Recepción es deshabilitada.
- c) Alineación. Esta es responsable por realinear los símbolos ternarios recibidos para eliminar los efectos de desigual tiempo de propagación, comúnmente llamada par oblicuo. La Función Alineación deberá tolerar una oblicuidad máxima entre dos pares cualesquiera de 60 ns en ambas direcciones sin error.
- d) Recuperación de Reloj. Acopla a todos los tres pares. Esta provee un reloj sincrónico por muestreo de cada par.

3.12.4 Características del segmento de enlace

La Tabla 3-11 lista las principales características que debe cumplir el segmento de enlace conformando este estándar.

Parámetro	Valor
Impedancia diferencial característica	85 Ω a 115 Ω entre 2 MHz y 12.5 MHz (para 3 m de cable).
Máximo retardo de enlace	570 ns
Máximo retardo de enlace por metro	5.7 ns/m
Diferencia en retardos de enlace	Máximo 50 ns

Tabla 3-11. Segmento de enlace 100BASE-T4

3.12.5 Especificación del MDI

Conectores de 8 pines que reúnen los requerimientos de la cláusula 3 y Figuras 1 hasta 5 de ISO/IEC 603-7:1990 se deben usar como la interfaz mecánica para el cable balanceado. El conector plug deberá ser usado sobre el cable balanceado y el conector jack sobre el PHY.

La Tabla 3-12 presenta la asignación de señales PMA a los contactos del conector para PHYs con y sin un cruce interno.

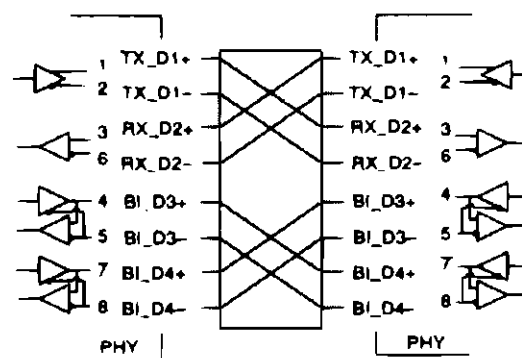
Contacto	PHY sin cruce interno (recomendado para DTE) señales PMA internas	PHY con cruce interno (recomendado para repetidor) señales PMA internas	Requerimiento de etiqueta MDI
1	TX_D1+	RX_D2+	TX_D1+
2	TX_D1-	RX_D2-	TX_D1-
3	RX_D2+	TX_D1+	RX_D2+
4	BI_D3+	BI_D4+	BI_D3+
5	BI_D3-	BI_D4-	BI_D3-
6	RX_D2-	TX_D1-	RX_D2-
7	BI_D4+	BI_D3+	BI_D4+
8	BI_D4-	BI_D3-	BI_D4-

Tabla 3-12. Asignación de pines en 100BASE-T4

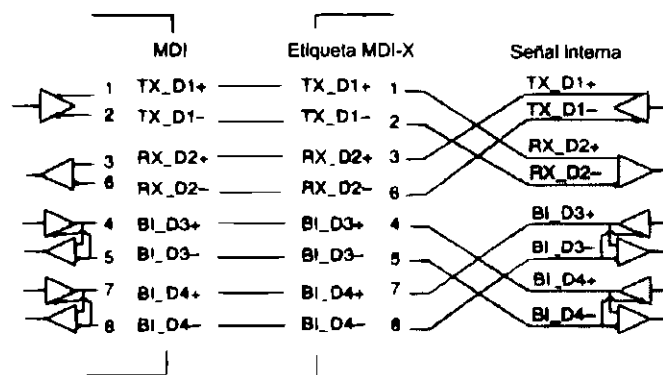
3.12.6 Función de cruce

Una función de cruce deberá ser implementada en todo segmento de enlace. La función de cruce conecta el transmisor de un PHY al receptor del PHY en el otro extremo del enlace. La función de cruce puede ser implementada internamente a un PHY o caso contrario en el segmento de enlace. Para PHYs que no implementan la función de

cruce, las etiquetas MDI en la última columna de la Tabla 3-12 se refieren a sus propios circuitos internos (segunda columna). Para PHYs que implementan el cruce interno, las etiquetas MDI en la última columna de la Tabla 3-12 se refieren a los circuitos internos del PHY remoto del segmento de enlace. Adicionalmente, el conector MDI para un PHY que implementan la función de cruce deberá estar marcado con el símbolo gráfico "X". Funciones de cruce internas y externas son mostradas en la Figura 3-15. Cuando un segmento de enlace conecta un DTE a un repetidor, es recomendable que el cruce sea implementado en el PHY local al repetidor.



a) Dos PHYs con funciones de cruce externas



b) PHY con función de cruce interna

Figura 3-15. Función de cruce 100BASE-T4

3.12.7 Consideraciones del sistema

La unidad de repetidor especificada en la cláusula 3.16 forma la unidad central para interconexión de enlaces de par trenzado 100BASE-T4 en redes de más de dos nodos. Este también provee los mecanismos para conectar enlaces de par trenzado 100BASE-T4 a otros segmentos de banda base de 100 Mb/s. La operación adecuada de la red CSMA/CD requiere que el tamaño de la red sea limitado para control del retardo de propagación de viaje redondo.

3.13 Implementación tipo 100BASE-X

Existen generalmente dos ambientes dentro de esta familia: 100BASE-TX y 100BASE-FX. 100BASE-TX especifica la operación sobre dos medios de cobre: dos pares de cable de par trenzado blindado (STP) y dos pares de cable de par trenzado sin blindaje (Categoría 5 UTP). 100BASE-FX especifica la operación sobre dos fibras ópticas.

100BASE-X puede ser extendido para soportar cualquier otro medio full-duplex requiriendo solamente que el medio se ajuste al PMD.

Los siguientes son los objetivos de 100BASE-X:

- a) Soportar el método de acceso CSMA/CD.

- b) Soportar el MII 100BASE-T, repetidor, y opcionalmente Auto-Negociación.
- c) Proveer velocidad de datos de 100 Mb/s en el MII.
- d) Soportar plantas de cable Categoría 5 UTP, 150 Ω STP o fibra óptica.
- e) Permitir a una red nominal extensa de 200 - 400 m, incluyendo:
 - 1) enlaces de par trenzado sin blindaje de 100 m;
 - 2) dos repetidores de red de aproximadamente 200 m de separación;
 - 3) un repetidor de red de aproximadamente 300 m de separación (usando fibra); y
- f) Proveer el comportamiento full-duplex de los canales PMD fundamentales.

La relación entre las subcapas 100BASE-X y el modelo de referencia OSI se muestra en la Figura 2-1.

3.13.1 Subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD)

100BASE-X usa la señalización estándar FDDI ISO 9314-3: 1990 y ANSI X3.263: 199X (TP-PMD). Esta señalización estándar, llamada subcapas PMD, define sistemas de señalización full-duplex de 125 Mb/s que se acomodan a fibras ópticas multimodo, cables STP y UTP.

El MDI lógicamente sumido dentro del PMD, provee la conexión al medio real, incluyendo conectores para los varios medios soportados.

100BASE-X no especifica el PMD y MDI, a menos que se incluya el apropiado estándar para referencia conjuntamente con el menor número de adaptaciones necesarias.

3.13.2 Subcapa de Codificación Física (PCS)

La interfaz de servicio PCS permite al PCS 100BASE-X transferir información a y desde la subcapa MAC (vía la subcapa RS) a otro PCS cliente tal como un repetidor.

Para esto, el PCS comprende las funciones: Transmisión, Recepción, y Censo de Portadora, y dos procesos paralelos: Transmisión de Bits y Recepción de Bits.

El proceso de *Recepción de Bits* acepta bits de código (code-bits) continuos vía la primitiva PMA_UNITDATA.indicate. La función Recepción monitorea estos bits y genera las señales de datos, habilitación de recepción, y error de recepción sobre la interfaz MII.

El proceso de *Transmisión* genera grupos de código continuos basados en las señales de datos, habilitación de transmisión, y error de transmisión sobre la interfaz MII. Estos grupos de código son

transmitidos por la Transmisión de Bits vía la primitiva PMA_UNITDATA.request. El Proceso de Transmisión genera la señal de colisión basado cuando una recepción está ocurriendo simultáneamente con la transmisión.

El proceso de *Censo de Portadora* afirma la señal de censo de portadora cuando la transmisión o recepción es verdadera. Ambos procesos de transmisión y recepción monitorean el estado del enlace, para tomar cuenta de potenciales condiciones de falla del enlace.

El PCS mapea nibbles (4 bits) desde el MII hacia grupos de código de 5 bits, y viceversa, usando un esquema de codificación 4B/5B. Un grupo de código es una secuencia consecutiva de cinco bits de código interpretados y mapeados por el PCS (code-bits). Este método de codificación provee:

- a) Códigos adecuados (32) para proporcionar a todos los grupos de código de datos (16) más los grupos de códigos de control necesarios;
- b) Apropiada eficiencia de codificación (4 bits de datos por cinco bits de código; 80%) para efecto de una interfaz de capa física de 100 Mb/s sobre un canal físico de 125 Mb/s como el provisto por los PMDs FDDI; y
- c) Suficiente densidad de transición para facilitar la recuperación de reloj.

La Tabla C-2 del Anexo C lista la correspondencia de símbolos 4B/5B usada en 100BASE-X.

3.13.2.1 Encapsulamiento

Es importante notar que, con excepción del patrón SSD (el cual es usado para llevar a cabo la alineación), los grupos de código son indetectables y no tienen ningún significado fuera de la unidad de datos de protocolo físico 100BASE-X, llamado una "cadena".

El PCS 100BASE-X acepta tramas desde la subcapa MAC a través de la subcapa RS y el MII. Debido a la naturaleza del PMA, y la codificación llevada a cabo por el PCS, el PCS 100BASE-X encapsula la trama MAC (Unidad de Servicio de Datos SDU 100BASE-X) hacia una cadena de capa física (Unidad de Protocolos de Datos PDU 100BASE-X).

La conversión desde una trama MAC a la cadena de capa física y el proceso inverso para una trama MAC es transparente a la subcapa MAC. La Figura 3-16 describe el mapeo entre tramas MAC y cadenas de capa física.

Una cadena correctamente formada puede ser visualizada comprendiendo tres elementos:

- a) Delimitador de inicio de cadena (SSD)

- b) Grupos de código de datos. Entre delimitadores, el PCS transporta grupos de código de datos correspondientes a los nibbles de datos del MII.
- c) Delimitador de fin de cadena. Es indicada por el patrón ESD.

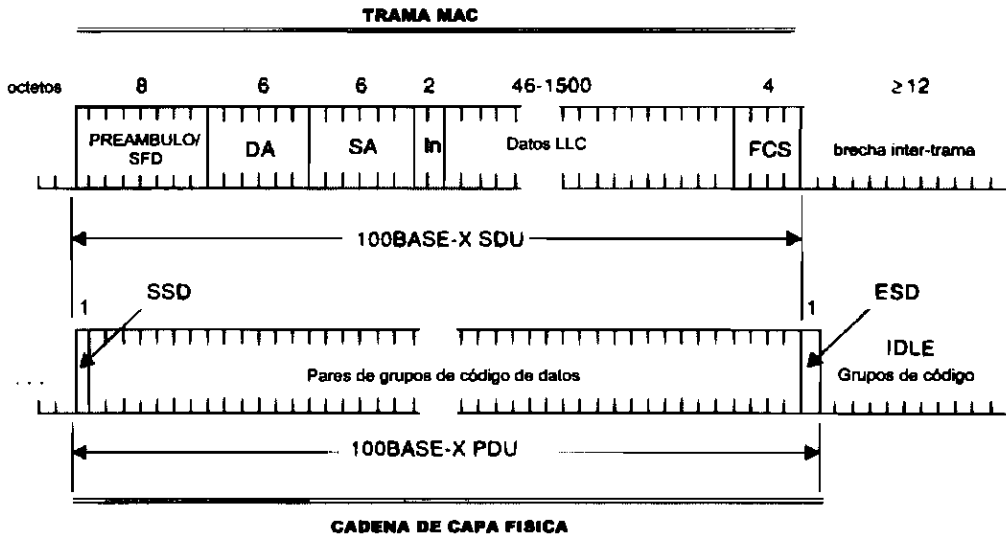


Figura 3-16. Encapsulamiento

3.13.2.2 Mapeo entre MII y PMA

La Figura 3-17 describe el mapeo de los nibbles de datos desde el MII a los grupos de código de cinco bits y el bit de código (code-bit) de la interfaz PMA.

En la recepción de un nibble desde el MII, el PCS lo codifica en un grupo de código de 5 bits. Los grupos de código son serializados en bits de código y pasados al PMA para su transmisión sobre el medio principal. El primer bit de código transmitido de un grupo de código es el bit 4, y el último bit de código transmitido es el bit 0.

No hay significado numérico atribuido a los bits dentro de un grupo de código, esto es, el grupo de código es solamente un patrón de cinco bits que tienen alguna interpretación predefinida.

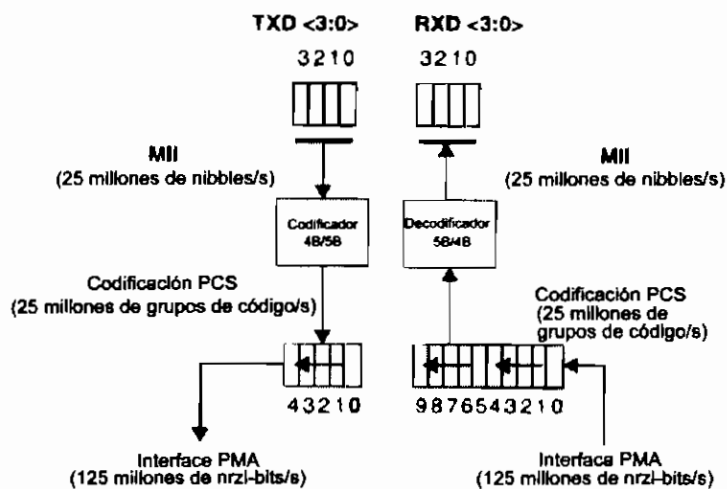


Figura 3-17. Mapeo de los nibbles de datos en 100BASE-X

Similarmente, el PCS deserializa los bits de código recibidos desde el PMA. Después la alineación es llevada a cabo, basado en la detección del SSD el PCS convierte los grupos de código en nibbles de datos MII.

3.13.3 Subcapa de Conexión al Medio Físico (PMA)

Los siguientes párrafos especifican la interfaz de servicio provista por el PMA al PCS u otro cliente, tal como un repetidor. Estos servicios son descritos en una manera abstracta y no implican una implementación particular.

La interfaz de servicio PMA soporta el intercambio de bits de código entre las entidades PCS y/o repetidor.

El PMA convierte bits de código a formato NRZI y pasa estos al PMD, y viceversa. Esta también genera indicaciones adicionales de estado para uso de su cliente. Para esto, el PMA define las siguientes primitivas:

PMA_TYPE.indicate. Refiérase a la definición dada en 100 BASE-T4

PMA_UNITDATA.request. Define la transferencia de datos (en forma de bits de código) desde el cliente PMA al PMA. En la recepción de esta primitiva el PMA genera una primitiva *PMD_UNITDATA.request* requiriendo la transmisión de los bits de código indicados en formato NRZI (tx_nrzi-bit) sobre el MDI.

PMA_UNITDATA.indicate. Define la recepción de datos (en forma de bits de código) desde el PMA al PCS u otro cliente.

PMA_CARRIER.indicate. Su propósito es dar a sus clientes la indicación más fiable de actividad sobre el medio principal.

PMA_LINK.indicate. Es generada por el PMA para indicar el estado del enlace PMD receptor principal.

PMA_LINK.request. Es generada por el algoritmo de Auto-Negociación, cuando es implementado, para permitirle a éste habilitar y deshabilitar la operación del PMA. Cuando el algoritmo de Auto-negociación no es implementado, esta primitiva nunca es invocada.

PMA_RXERROR.indicate. Es generada por el PMA para indicar que un error ha sido detectado durante un evento de portadora.

3.13.3.1 Especificaciones Funcionales

El PMA 100BASE-X comprende las siguientes funciones:

- a) Transmisión. Pasa datos desde el cliente PMA directamente al PMD. En la recepción de una primitiva *PMA_UNITDATA.request(tx_code-bit)*, el PMA lleva a cabo una conversión a formato NRZI y genera una primitiva *PMA_UNITDATA.request(tx_nrzi-bit)* con el mismo valor lógico del parámetro *tx_nrzi-bit*.
- b) Recepción. Pasa datos desde el PMD al cliente PMA y al proceso de Censo de Portadora. En la recepción de una primitiva *PMA_UNITDATA.indicate(rx_nrzi-bit)*, el PMA lleva a cabo una conversión desde formato NRZI y genera una primitiva *PMA_UNITDATA.indicate(rx_code-bit)* con el mismo valor lógico del parámetro *rx_code-bit*.
- c) Detección de Portadora. Provee a los repetidores clientes una indicación que un evento de portadora ha sido censado y una

indicación si éste es estimado en error. Un evento de portadora es definido como la recepción de dos ceros no contiguos dentro de un patrón de 10 rx_code-bits. Un evento de portadora es un error si éste no inicia con un SSD.

- d) **Monitoreo de Enlace.** Es responsable por determinar si el canal principal de recepción está proveyendo datos fiables. La falla del canal principal típicamente causa al cliente PMA suspender las acciones normales.
- e) **Generación de Falla de Extremo Lejano.** Pasa simplemente datos (tx_code-bits) al proceso de transmisión cuando la calidad de la señal es óptima. Cuando la calidad de la señal es baja, éste genera repetidamente cada ciclo de la indicación de falla de extremo lejano hasta que la calidad de la señal es recuperada.

3.13.3.2 Interfaz de servicio de Subcapa PMD

Los siguientes párrafos especifican los servicios provistos por el PMD.

El PMD es una subcapa dentro de 100BASE-X y no puede estar presente en otras especificaciones PHY 100BASE-T.

La interfaz de servicio PMD soporta el intercambio de nrzi-bits entre entidades PMA. El PMD traslada los nrzi-bits a y desde las señales apropiadas para el medio especificado.

Las siguientes primitivas son definidas:

PMD_UNITDATA.request. Define la transferencia de datos (en forma de nrzi-bits) desde el PMA al PMD.

PMD_UNITDATA.indicate. Define la transferencia de datos (en forma de nrzi-bits) desde el PMD al PMA.

PMD_SIGNAL.indicate. Es generada por el PMD para indicar el estado de la señal siendo recibida desde el MDI.

3.13.3.3 Interfaz dependiente del medio MDI

El MDI, una interfaz física asociada con un PMD, está comprendida de un conector al medio eléctrico u óptico. Los MDIs 100BASE-X están especificados por referencia al apropiado PMD FDDI, tal como en ISO 9314-3: 1990 y ANSI X3.263: 199X, en conjunto con las menores modificaciones (tal como conectores y pines de salida) necesario para 100BASE-X.

3.14 Implementación tipo 100BASE-TX

A fin de formar una completa capa física 100BASE-TX las especificaciones dadas aquí deberán ser integradas con las subcapas PCS y PMA citadas en la implementación 100BASE-X.

El sistema 100BASE-TX está basado en las especificaciones publicadas en el estándar de medio físico ANSI TP-PMD. El sistema 100BASE-TX opera sobre dos pares de cable, un par para recepción de señales de datos y el otro par para transmisión de señales de datos. Debido a que la especificación ANSI TP-PMD provee el uso de ambos cables UTP y STP, el sistema 100BASE-TX también lo hace así.

3.14.1 Especificación del segmento de enlace

Los segmentos Ethernet 100BASE-TX son definidos como segmentos de enlace en las especificaciones Ethernet. Un segmento está definido como un medio punto a punto que conecta dos y solamente dos MDIs. Así, la más pequeña red construida con un segmento de enlace podría consistir de dos computadoras, una en cada extremo del segmento de enlace.

Las características más importantes que debe cumplir el medio de par trenzado usado en 100BASE-TX se listan la Tabla 3-13:

Parámetro	Valor
Impedancia característica	100 Ω \pm 15 % de 1 MHz a 100 MHz (cable UTP Cat. 5) 150 Ω \pm 10 % de 3.0 MHz a 20 MHz (cable STP)
Retardo de propagación	Máximo 5.7 ns/m

Tabla 3-13. Segmento de enlace 100BASE-TX

3.14.2 Especificación del MDI

El medio del sistema 100BASE-TX usa dos pares de cable, lo cual significa que cuatro pines del conector MDI (estilo RJ-45) de ocho pines son usados para portar señales Ethernet.

El número de pines usados en el conector de ocho pines para 100BASE-TX fue cambiado desde los unos definidos en el estándar ANSI TP-PMD, a fin de conformar el esquema de cableado ya en uso en el estándar 10BASE-T.

El estándar ANSI usa los pines 7 y 8 para recepción de datos, cuando por el contrario 100BASE-TX usa los mismos pines que el sistema 10BASE-T: es decir, pines 3 y 6.

La asignación de pines para el sistema 100BASE-TX con y sin función de cruce interna es listada en la Tabla 3-14:

Contacto	PHY sin cruce interno Señal MDI	PHY con cruce interno Señal MDI
1	Transmisión +	Recepción +
2	Transmisión -	Recepción -
3	Recepción +	Transmisión +
4		
5		
6	Recepción -	Transmisión -
7		
8		

Figura 3-14. Asignación de pines en 100BASE-TX

3.14.3 Función de cruce

Cuando se conectan dos estaciones simultáneamente sobre un segmento, los pines de transmisión de datos del un MDI deben ser conectados a los pines de recepción de datos del otro MDI y viceversa.

Para un simple segmento conectando solamente dos computadoras, esto es posible por la construcción de un cable especial de cruce. Sin embargo, cuando se está cableando múltiples segmentos en un edificio, es mucho más fácil cablear con alambre los conectores del cable "directamente" y no preocuparse acerca de si los hilos en los cables de par trenzado han sido cruzados correctamente. La manera de lograr esto es hacer el cruce de cable dentro del hub repetidor. El estándar 100BASE-TX recomienda este acercamiento, e indica que cada acceso del hub que se cruza internamente se debe marcar con una " X. "

3.14.4 Consideraciones del sistema 100BASE-TX

La interfaz 100BASE-TX en la Figura 3-18 se muestra conectada directamente al puerto de un hub 100BASE-TX. Transceptores (transceivers) fuera de la tarjeta conectados a un conector MII de 40 pines o al hub podrían también ser usados para hacer esta conexión.

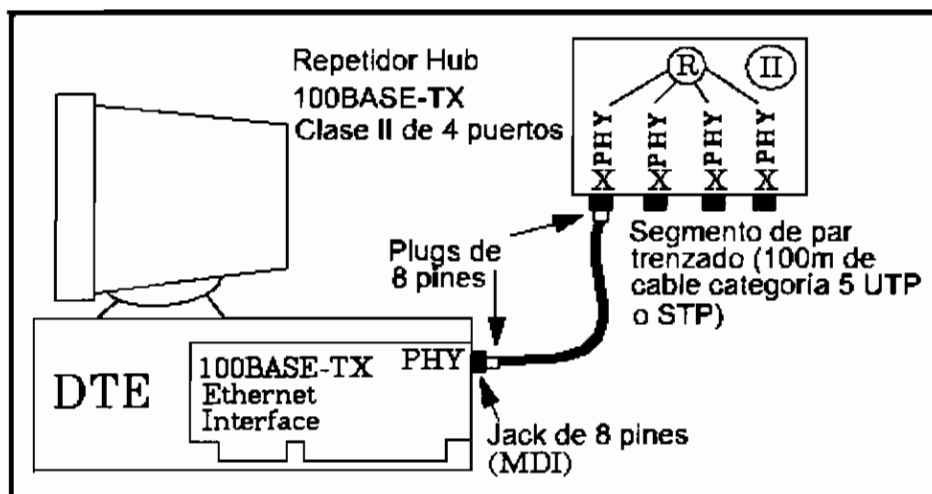


Figura 3-18. Conexión típica DTE a Hub en 100BASE-TX

La topología física soportada por los segmentos de enlace de par trenzado es la estrella. En esta topología un conjunto de segmentos de enlace están conectados a un hub, radiando desde el hub a los DTEs los rayos desde una estrella. Otra forma para visualizar la topología es una rueda de vagón, con el hub en el centro y cada segmento de enlace como un rayo de la rueda.

Las especificaciones 100BASE-TX permiten un segmento de hasta 100 m. Dos segmentos 100BASE-TX de 100 m pueden ser conectados simultáneamente a través de un simple repetidor clase I o clase II.

Esto provee un sistema con un diámetro total de 200 m entre DTEs.

Los segmentos de 100BASE-TX están limitados a un máximo de 100 metros para asegurar que las especificaciones de tiempo de viaje

redondo sean reunidas. Esto contrasta con el medio del sistema 10BASE-T, donde la máxima longitud del segmento para el enlace de 10 Mb/s está principalmente limitado por la resistencia de la señal.

3.15 Implementación tipo 100BASE-FX

A fin de formar una completa capa física 100BASE-FX esta deberá ser integrada con las subcapas PCS y PMA citadas en la implementación 100BASE-X.

El sistema 100BASE-FX está basado en las especificaciones publicadas en el estándar de medio físico FDDI PMD, ISO 9314-3:1990.

3.15.1 Especificación del segmento de enlace

Los segmentos Ethernet 100BASE-FX son definidos como segmentos de enlace en las especificaciones Ethernet. Un segmento de enlace está formalmente definido como un medio punto a punto que conecta dos y solamente dos MDIs. La más pequeña red construida con un segmento de enlace podría consistir de dos computadoras, una en cada uno de los extremos del segmento de enlace.

La especificación 100BASE-FX requiere dos ramales de cable de fibra óptica multimodo (MMF) por enlace, una para transmisión de datos, y uno para recepción de datos.

El cable de fibra óptica usado por un segmento de enlace de fibra es un cable MMF de índice gradual, con un núcleo de fibra óptica de 62.5 μm y una vestidura exterior de 125 μm (62.5/125). La longitud de onda de luz usada en el segmento de enlace de fibra es 1350 nm.

El valor de la velocidad de propagación del cable de fibra óptica para 100BASE-TX deberá ser mínimo 0.67 c.

Existe una pérdida presupuestada de 11 dB permitida por enlace, lo cual significa que la pérdida de potencia total a través de la fibra y los conectores asociados no deberán ser superiores a 11 dB.

3.15.2 Especificación del MDI

La interfaz dependiente del medio 100BASE-FX (MDI) deberá conformar a uno de los siguientes conectores. La alternativa recomendada es el conector de interfaz de fibra óptica de bajo costo.

- a) Conector de interfaz de fibra óptica de bajo costo (comúnmente llamado el conector duplex SC) especificado bajo el estándar ANSI X3.237-199X.

- b) Otro tipo de conector que puede ser usado es un conector de interfaz de medio FDDI (MIC). Este es un conector estándar clave usado en el sistema LAN FDDI. Si un conector MIC FDDI es usado como un MDI 100BASE-FX, las especificaciones declaran que este deberá ser codificado como un receptáculo "M".
- c) Conector de medio óptico plug y socket (contundente llamado conector ST) especificado en la implementación 10BASE-F.

3.15.3 Función de cruce

Una función de cruce deberá ser implementada en todo cable de par de enlace. La función de cruce conecta el transmisor de un PHY con el receptor del PHY en el otro extremo del cable de par de enlace. Para 100BASE-FX, la función de cruce es realizada en el cable de planta.

La interfaz 100BASE-FX mostrada en la Figura 3-19 está conectada directamente a un puerto de hub 100BASE-FX. Transceptores (transceivers) externos a la tarjeta conectados a un conector MII de 40 pines en la interfaz o al hub podría ser usado para hacer esta conexión.

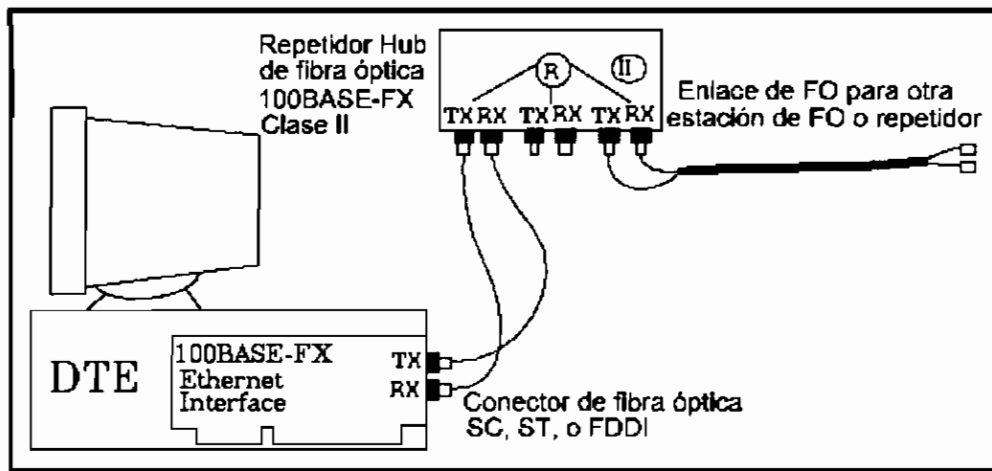


Figura 3-19. Conexión típica DTE a Hub en 100BASE-FX

3.15.4 Consideraciones del sistema 100BASE-FX

El medio de sistema 100BASE-FX está diseñado para permitir segmentos de hasta 412 m en longitud. Mientras que es posible enviar señales sobre fibra por grandes distancias, los 412 m límite para segmentos de fibra en Fast Ethernet asegura que las especificaciones de tiempo de viaje redondo sean reunidas.

Note que mientras un simple segmento 100BASE-FX puede ser de hasta 412 m en longitud, cuando repetidores son usados la máxima distancia entre DTEs será menor.

La topología física soportada por los segmentos de enlace de fibra óptica es la estrella. En esta topología un conjunto de segmentos de enlace están conectados a un hub, radiando desde el hub a los DTEs los rayos desde la estrella. Otra forma para visualizar la topología es

una rueda de vagón, con el hub en el centro y cada segmento de enlace como un rayo de la rueda.

3.16 Repetidor para redes de banda base de 100Mb/s

La relación de esta cláusula con el modelo de referencia OSI se muestra en la Figura 3-20

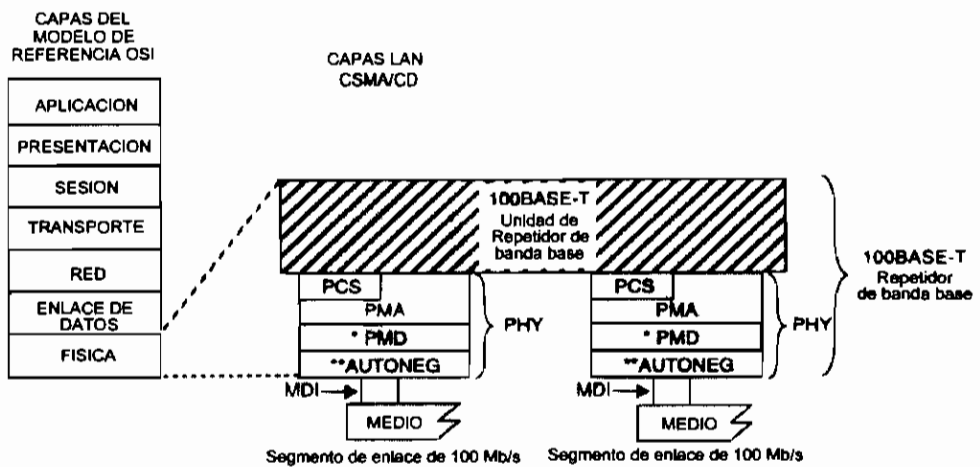


Figura 3-20. Relación repetidor 100BASE-T con el modelo OSI

Los repetidores son una parte integral de todas las redes de banda base de 100 Mb/s con más de dos DTEs y son usados para extender la topología de la red por medio de la provisión de acoplamiento de dos o más segmentos.

Múltiples repetidores son permitidos dentro de un simple dominio de colisión para proveer la máxima longitud del camino de conexión.

Los segmentos pueden ser conectados directamente por un repetidor o un par de repetidores que son, en torno, conectados por un enlace inter-repetidor (IRL). Las topologías permitidas deberán contener solamente un camino de señal operativo entre dos puntos cualesquiera de la red.

Un repetidor puede recibir y decodificar datos desde cualquier segmento bajo el peor de los casos de ruido, sincronización, y condiciones de amplitud de la señal. Este retransmite los datos a todos los otros segmentos conectados con la sincronización, amplitud, y si es necesario la codificación restauradas. La retransmisión de datos ocurre simultáneamente con la recepción. Si un error es recibido por el repetidor, ningún intento es hecho para corregirlo, y éste es propagado a través de toda la red por transmisión de una señal no válida. Si una colisión ocurre, el repetidor propaga el evento de colisión a través de toda la red por la transmisión de la señal Jam. Un repetidor también provee un grado de protección a la red por aislamiento de una actividad de portadora defectuosa en un segmento propagándolo a través de toda la red.

Dos clases de repetidores son definidas, estas son:

Clase I: Un tipo de repetidor específico, tal que en una topología de máxima longitud de segmento, solamente uno de estos puede existir entre dos DTEs cualesquiera dentro de un simple dominio de colisión.

Clase II: Un tipo de repetidor específico, tal que en una topología de máxima longitud de segmento, solamente dos de estos pueden existir entre dos DTEs cualesquiera dentro de un simple dominio de colisión.

Los siguientes son los objetivos del repetidor:

- a) Proveer los mecanismos físicos para acoplamiento de dos o más segmentos LAN en la capa física.
- b) Soportar interoperabilidad de interfaces físicas, eléctricas, y ópticas desarrolladas independientemente.
- c) Proveer un canal de comunicación con una baja tasa de bits errados, en la interfaz de servicio de capa física equivalente a ese para el PHY conectado.
- d) Asegurar que la justicia de acceso del DTE no sea comprometida.

Además, todas las implementaciones del repetidor deberán ser compatibles en el MDI (es decir, el repetidor está definido para proveer compatibilidad entre dispositivos diseñados por diferentes fabricantes).

La cláusula de repetidor no define un nuevo PHY; éste utiliza el PHY existente completo y sin modificación.

3.16.1 Especificaciones Funcionales

El repetidor provee las siguientes capacidades funcionales para el manejo de flujo de datos entre puertos:

- a) *Restauración de Señal.* Provee la habilidad para restaurar la amplitud y sincronización de la señal recibida.
- b) *Función Transmisión.* Provee la habilidad para emitir señales sobre el puerto apropiado y codificando apropiadamente para ese puerto.
- c) *Función Recepción.* Provee la habilidad para recibir señales de entrada presentadas a los puertos.
- d) *Función Manejo de Datos.* Provee la habilidad para transferir elementos de código entre puertos en ausencia de una colisión.
- e) *Requerimiento de Manejo de Evento Recibido.* Provee la habilidad para proporcionar una señal portadora desde las señales de entrada presentadas a los puertos. Para esto se definen algunos parámetros que determinan el tiempo de respuesta del repetidor a un evento recibido. El retardo de propagación de inicio de paquete conocido como retardo SOP está limitado por la Tabla 3-16, en tanto que la variabilidad del inicio de paquete deberá ser menor o igual a ese especificado en la Tabla 3-15.

Tipo de puerto de entrada	Variabilidad (BT)
100BASE-FX	7.0
100BASE-TX	7.0
100BASE-T4	8.0

Tabla 3-15. Valores de retardo SOP

f) *Función Manejo de Colisión.* Provee la habilidad para detectar la recepción simultánea de tramas en dos o más puertos y entonces propagar un mensaje jam a todos los puertos conectados. Para esto se definen ciertos parámetros que determinan el tiempo de respuesta del repetidor en el evento de una colisión. El retardo de propagación de colisión, denominado retardo SOJ está limitado a los valores dados en la Tabla 3-16; el retardo de propagación del cese de colisión, denominado retardo EOJ deberá estar limitado a los valores dados en la Tabla 3-17.

Repetidor clase I	Repetidor clase II con todos los puertos TX/FX	Repetidor clase II con un puerto T4
$SOP + SOJ \leq 140$	$SOP \leq 46 \text{ BT}, SOJ \leq 46 \text{ BT}$	$SOP + SOJ \leq 67 \text{ BT}$

Tabla 3-16. Valores de retardo SOJ

Repetidor clase I	Repetidor clase II
$EOJ \leq SOP$	$EOJ \leq SOP$

Tabla 3-17.Valores permitidos de retardo EOJ

g) *Función Manejo de Error.* Provee la habilidad para prevenir enlaces de baja calidad desde la generación de cadenas o falsa portadora interfiriendo otros enlaces.

h) *Función Partición.* Provee la habilidad para evitar el mal funcionamiento del puerto desde la generación y un excesivo número de colisiones consecutivas e indefinidas roturas de transmisión de datos sobre la red. Probablemente, causas potenciales de esta condición podrían ser debido a una falla del cable. Cada interfaz PMA de repetidor deberá contener una

capacidad de auto interrupción para prevenir una defectuosa actividad de portadora en el segmento que alcance la unidad de repetidor y de aquí se propague a través de la red.

- i) *Función Jabber Recibido*. Provee la habilidad para interrumpir la recepción de cadenas anormalmente largas de entrada de datos.

3.17 Algoritmo de Auto-Negociación

La función de Auto-Negociación permite a un dispositivo advertir los modos de operación que éste posee a un dispositivo en el extremo remoto del segmento de enlace y para detectar los correspondientes modos de operación que el otro dispositivo puede admitir.

El objetivo de la función de Auto-Negociación es proveer los mecanismos de intercambio de información entre dos dispositivos que comparten un segmento de enlace para configurarlos automáticamente y tomar la máxima ventaja de sus capacidades.

Cuando más de un modo de operación común existe entre los dos dispositivos, un mecanismo es provisto para permitir a los dispositivos resolver a un simple modo de operación usando una función de resolución de prioridad predeterminada.

El mecanismo básico para llevar a cabo la Auto-Negociación es el paso de información encapsulada dentro de un estallido de pulsos de

prueba de integridad de enlace que individualmente reúnen la forma de onda del transmisor 10BASE-T para pulsos de prueba de enlace.

Este estallido de pulsos es referido como un Estallido de Pulso de Enlace Rápido FLP (Fast Link Pulse), en lo posterior nos referiremos a estos simplemente como FLP.

El FLP consiste de una serie de pulsos de prueba de integridad de enlace que forman una secuencia alternada de reloj/datos. La extracción de los bits de datos desde el FLP devuelve una palabra código de enlace que especifica los modos de operación soportados por el dispositivo remoto.

Para mantener la interoperabilidad con dispositivos 10BASE-T existentes, esta función soporta también la recepción de pulsos de prueba de integridad de enlace 10BASE-T. La actividad de pulsos de enlace 10BASE-T es referida como la secuencia de Pulsos de Enlace Normal NLP (Normal Link Pulse). Un dispositivo que falla respondiendo a la secuencia FLP por retorno solamente de la secuencia NLP es tratado como un dispositivo compatible 10BASE-T.

La conexión de tecnologías que no sean 10BASE-T, 100BASE-TX, o 100BASE-T4 que no incorporan Auto-Negociación no es soportada.

La función de Auto-Negociación está diseñada para expandir y permitir a dispositivos IEEE 802.3 usar un conector modular de ocho pines para auto configurar conjuntamente a un modo de operación compatible. La implementación de Auto-Negociación es opcional, y es altamente recomendado que este método sea utilizado solamente para llevar a cabo la negociación de la operación del enlace.

La función de Auto-Negociación es provista en la capa física del modelo de referencia OSI. La transferencia real de información de capacidad es observable solamente en el MII o sobre el medio. La señalización de Auto-Negociación no ocurre a través del AUI o MII.

3.17.1 Interoperabilidad con Dispositivos 10BASE-T Existentes

Un dispositivo apto para Auto-Negociación deberá reconocer la secuencia NLP desde un compañero de enlace 10BASE-T, cesar la transmisión de FLP, y habilitar el PMA 10BASE-T, si está presente.

Si la secuencia NLP es detectada y si el dispositivo apto para Auto-Negociación no tiene un PMA 10BASE-T, éste cesará la transmisión de estallidos FLP, forzando al compañero de enlace 10BASE-T a un estado de falla de prueba de enlace.

3.17.2 Compatibilidad de Cableado con Auto-Negociación

Algunas provisiones deben ser tomadas con Auto-Negociación para limitar la configuración de enlace resultante en situaciones donde el cableado puede no soportar la capacidad común más alta de los dos extremos. El administrador/instalador del sistema debe tomar en consideración la capacidad del cable cuando configure un puerto de hub para las capacidades notificadas. Esto es, la capacidad notificada por un puerto de hub no debería resultar en un modo de operación que no es compatible con el cableado.

3.17.3 Especificaciones Funcionales

La función de Auto-Negociación deberá proveer las funciones Transmisión, Recepción, Arbitraje, y Recepción NLP de Prueba de Integridad de Enlace. Las funciones de Auto-Negociación deberán interactuar con los PMAs de tecnología dependiente a través de la interfaz de tecnología dependiente. Los PMAs de tecnología dependiente incluyen, pero no están limitados a, 100BASE-TX y 100BASE-T4.

Las principales características de las funciones de Auto-Negociación se detallan a continuación:

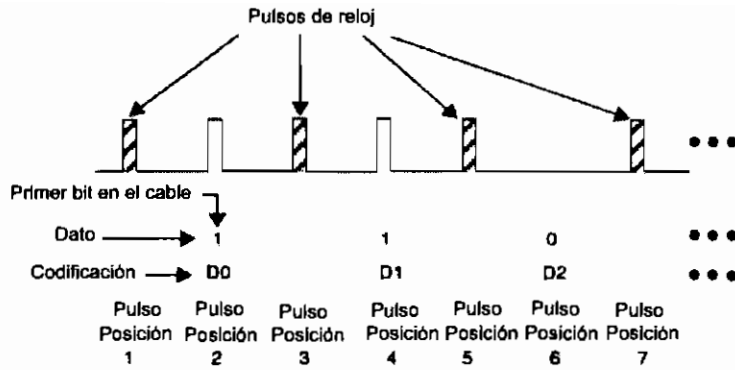
Función Transmisión. Provee la habilidad para transmitir FLPs. El primer FLP intercambiado por el dispositivo local y su compañero de enlace después del encendido, restauración del enlace, o renegociación contiene la Palabra Código de Enlace Base definida más adelante.

El dispositivo local puede modificar dicha palabra para deshabilitar una capacidad que éste posee, pero no transmitirá una capacidad que éste no posee. Esto hace posible la distinción entre capacidades locales y capacidades notificadas, así que, dispositivos multimodo pueden auto negociar un modo inferior en prioridad que la capacidad común local más alta.

Los FLPs no deberán ser transmitidos cuando la Auto-Negociación está completa y el PMA común denominador más alto ha sido habilitado.

Un FLP consiste de 33 posiciones de pulsos, los 17 números impares de las posiciones de pulso deberán contener un pulso de enlace y representan información de reloj. Los 16 números pares de las posiciones de pulso representan información de datos (un uno lógico si un pulso está presente, y un cero lógico en caso contrario)

La codificación de datos usando pulsos en un FLP es ilustrada en la Figura 3-21.



Figuras 3-21. Codificación de datos en Auto-Negociación

La Palabra Código de Enlace Base (página base) transmitida dentro de un FLP deberá transportar la información mostrada en la Figura 3-22 (D0 es el primer bit transmitido). La función Auto-Negociación puede soportar páginas adicionales usando la función de Página Próxima (Next Page).

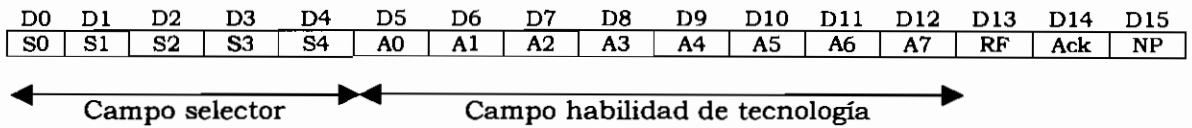


Figura 3-22. Palabra código de enlace base

El Campo selector deberá ser usado para identificar el tipo de mensaje siendo recibido por Auto-Negociación. La Tabla 3-18 identifica los tipos de mensajes que pueden ser enviados. Cuando nuevos mensajes sean desarrollados, esta tabla será actualizada.

El campo selector es de cinco bits, lo cual permite 32 mensajes a ser definidos. Todas las combinaciones no especificadas están reservadas, y no deberán ser transmitidas.

S4	S3	S2	S1	S0	Descripción del selector
0	0	0	0	0	Reservado para futuros desarrollos de Auto-Negociación
0	0	0	0	1	IEEE estándar 802.3
0	0	0	1	0	IEEE estándar 802.9 ISLAN-16T
1	1	1	1	1	Reservado para futuros desarrollos de Auto-Negociación

Tabla 3-18. Valores del campo selector

Siguiendo al Campo Selector se encuentra el Campo de Habilidad de Tecnología, el cual está compuesto de ocho bits y contiene informaciones indicando las tecnologías específicas soportadas para el valor del Campo Selector. La configuración del Campo de Habilidad de Tecnología para el Campo Selector IEEE 802.3 está descrita en la Tabla 3-19:

Bit	Tecnología	Mínimo requerimiento de cableado
A0	10BASE-T	Dos pares Categoría 3
A1	10BASE-T full duplex	Dos pares Categoría 3
A2	100BASE-TX	Dos pares Categoría 5
A3	100BASE-TX full duplex	Dos pares Categoría 5
A4	100BASE-T4	Cuatro pares Categoría 5
A5	Reservado para futuras tecnologías	
A6	Reservado para futuras tecnologías	
A7	Reservado para futuras tecnologías	

Tabla 3-19. Valores del Campo de Habilidad de Tecnología.

El bit de Falla Remota RF tiene un valor por defecto de cero lógico.

Este bit provee un mecanismo estándar de transporte para la transmisión de una simple información de falla.

El bit de Acuse de Recibo Ack es usado por la función Auto-Negociación para indicar que un dispositivo ha recibido

satisfactoriamente la palabra código de enlace de su compañero de enlace. Si ninguna página siguiente de información es enviada, este bit es fijado a cero lógico. Si páginas siguientes de información están siendo enviadas, este bit deberá ser configurado a uno lógico.

El bit NP (Next Page), si la habilidad página siguiente no es soportada o no se desea usarla, deberá permanecer configurado siempre a cero lógico. Si un dispositivo implementa la habilidad Página Próxima, y desea ocuparla en el intercambio de páginas siguientes éste deberá fijar el bit NP a uno lógico.

Adicionalmente, la función de Transmisión contiene una función de Conmutación que deberá habilitar el camino de transmisión desde un simple PMA de tecnología dependiente al MDI una vez que el común denominador más alto ha sido escogido y la Auto-Negociación ha sido completada.

Función Recepción. Esta función detecta la secuencia de FLPs, decodifica la información contenida dentro, y almacena los datos. La función de Recepción incorpora una conmutación de recepción para controlar la conexión a los PMAs 100BASE-TX o 100BASE-T4 además de la función Recepción NLP prueba de integridad de enlace, excluyendo la función Prueba de Integridad de Enlace 10BASE-T provista en un PMA 10BASE-T. La información contenida en un FLP que identifica al compañero de enlace como apto para Auto-

Negociación es utilizada siempre y cuando esta haya sido completada.

Función Arbitraje. Asegura el secuenciamiento correcto de la función Auto-Negociación usando las funciones de Transmisión y Recepción.

La función de Arbitraje habilita la función de Transmisión para notificación y acuse de recibo de las capacidades. En la indicación de acuse de recibo, la función de Arbitraje determina el denominador común más alto usando la función Resolución de Prioridad y habilita el PMA apropiado vía la interfaz de tecnología dependiente.

Función Detección Paralela. La función de Auto-Negociación también soporta la conexión de dispositivos 100BASE-TX y 100BASE-T4 sin Auto-Negociación a través de una función llamada Detección Paralela.

Función Renegociación. Un requisito de renegociación deberá causar a la función Arbitraje deshabilitar todos los PMAs de tecnología dependiente y detener cualquier transmisión de datos y actividad de pulso de enlace hasta que un temporizador de rotura de enlace expira. Consecuentemente, el compañero de enlace irá hacia un estado de falla de enlace y reasumirá una Auto-Negociación normal.

Una vez que la Auto-Negociación ha sido completada, la renegociación tomará lugar si la tecnología denominador común más alto retorna un mensaje de falla de enlace.

Función Resolución de Prioridad. Debido a que dos dispositivos pueden tener múltiples capacidades en común, un esquema de prioridad existe para asegurar que la capacidad denominador común más alta es asignada. A continuación se indican las prioridades relacionadas de las tecnologías soportadas por el valor de Campo Selector IEEE 802.3, donde las prioridades están listadas desde la más alta a la más baja.

- a) 100BASE-TX full duplex
- b) 100BASE-T4
- c) 100BASE-TX
- d) 10BASE-T full duplex
- e) 10BASE-T

Cada nueva tecnología deberá ser insertada en el lugar apropiado de la lista.

En el evento que una tecnología es cambiada por la función Detección Paralela, esta tecnología deberá ser considerada como la tecnología denominador común más alta. En el evento que no exista ninguna tecnología común, el denominador común más alto deberá tener un valor "NULO".

Función Página Próxima. Los datos son transportados por las páginas próximas de información opcionales, lo cual sigue la transmisión y procedimientos de acuse de recibo usado por la Palabra Código de Enlace Base.

Dos tipos de codificación son definidos: Páginas de Mensaje, las cuales contienen 11 bits de código predefinidos; y Páginas sin Formato que pueden ser combinadas para enviar mensajes extendidos.

Un sistema dual de acuse de recibo es usado: Ack es usado para el acuse de recibo de información; Ack2 es usado para indicar que el receptor es capaz de llevar a cabo la tarea definida en el mensaje, cuando es uno lógico, o no es capaz de ejecutar la tarea, cuando presenta un valor de cero lógico.

La operación Próxima Página está controlada por los dos mismos bits obligatorios de control NP y Ack (D15 y D14 respectivamente).

Si ambos, un dispositivo y su compañero de enlace, son capaces de soportar esta función, entonces el intercambio de páginas próximas puede ocurrir. Si uno, o los dos dispositivos no son aptos para soportar esta función, el intercambio de páginas próximas no ocurrirá.

El bit T (Toggle) es usado para la adecuada sincronización entre el dispositivo local y el compañero de enlace (en la transmisión de páginas próximas). El valor inicial de este bit en la primera página próxima transmitida es el inverso del bit 11 en la Palabra Código de Enlace Base, y por tanto, puede asumir un valor de cero o uno lógico.

Cualquier número de páginas próximas pueden ser enviadas en un orden; sin embargo, se recomienda que el número total de páginas próximas enviadas sea preservado lo más pequeño para minimizar el tiempo de arranque del enlace.

La transmisión de Próxima Página finaliza cuando ambos extremos del segmento de enlace configuran su bit NP a cero lógico, indicando que ninguna cosa adicional se transmite.

La función Página Próxima deberá usar la codificación mostrada en las Figuras 3-23 y 3-24 para los bits NP, Ack, MP, Ack2, y T. El campo de 11 bits D10-D0 deberá ser codificado como un Campo de Código de Mensaje si el bit MP es un uno lógico y un Campo Codificado sin Formato si el bit MP es un cero lógico.

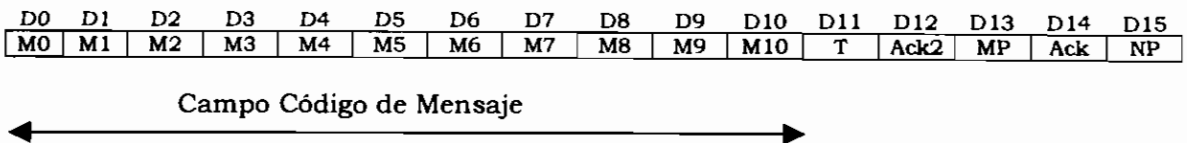


Figura 3-23. Página de mensaje

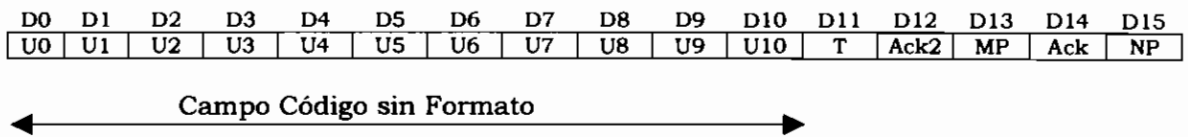


Figura 3-24. Página sin formato

El bit NP es usado para indicar si esta es o no la última página próxima a ser transmitida. NP deberá ser configurado como sigue:

cero lógico = última página

uno lógico = página(s) próxima(s) adicional(es) seguirán

El campo de código de mensaje es un campo de 11 bits, codificando 2048 posibles mensajes relacionados con aspectos tales como mensaje nulo y codificación de falla remota.

Las páginas sin formato portan los mensajes indicados por las páginas de mensaje. Cinco bits de control son predefinidos, el resto de bits del campo pueden tomar un valor arbitrario. El campo de código de páginas sin formato es un campo de 11 bits, el cual puede contener un valor arbitrario.

Función Censo de Falla Remota. Esta función (opcional) puede indicar al compañero de enlace que una condición de falla ha ocurrido usando el bit RF, y opcionalmente, la función de Página Próxima.

3.17.4 Interfaz de tecnología dependiente

La interfaz de tecnología dependiente es el mecanismo de comunicación entre cada tecnología PMA y la función Auto-Negociación. La Auto-Negociación puede soportar múltiples tecnologías, la totalidad de las cuales no necesitan ser implementadas en un dispositivo dado. Cada una de estas tecnologías puede utilizar su propia función de Prueba de Integridad de Enlace de Tecnología Dependiente.

Esta interfaz usa las siguientes primitivas:

PMA_LINK.indicate. Es generada por el PMA para indicar el estado del medio principal. El propósito de esta primitiva es dar al PCS, repetidor cliente, o función Auto-Negociación un mecanismo para determinar la validez de los elementos de código recibidos.

PMA_LINK.request. Es generada por Auto-Negociación para permitirle a este habilitar y deshabilitar la operación del PMA.

3.18 Redes 100BASE-T Multisegmento

Esta cláusula provee información sobre construcción de redes 100BASE-T. La tecnología 100BASE-T está diseñada para

desplegarse en redes CSMA/CD homogéneas 100 Mb/s y en redes CSMA/CD heterogéneas mezcladas 10 Mb/s y 100 Mb/s.

Las topologías de red pueden ser desarrolladas dentro de un simple dominio de colisión 100BASE-T, pero máxima flexibilidad es alcanzada por diseño de redes de múltiples dominios de colisión que son juntados por puentes y/o ruteadores para proveer un rango de niveles de servicio a los DTEs. Por ejemplo, un sistema combinado 100BASE-T/10BASE-T construido con repetidores y puentes puede entregar servicios 100 Mb/s dedicados, 100 Mb/s compartidos, 10 Mb/s dedicados, y 10 Mb/s compartidos.

Dominios de colisión individuales pueden ser enlazados por simples dispositivos o por múltiples dispositivos de uno de los varios sistemas de transmisión. El diseño de redes de múltiples dominios de colisión está gobernado por las reglas definiendo cada uno de los sistemas de transmisión incorporados en el diseño.

El diseño de dominios de colisión de ancho de banda compartido de 10 Mb/s es definido en la cláusula 3.10; el diseño de dominios de colisión CSMA/CD de ancho de banda compartido de 100 Mb/s es definido a continuación.

3.18.1 Redes Multisegmento de Simple Dominio de Colisión

La adecuada operación de una red CSMA/CD requiere que el tamaño físico y el número de repetidores sea limitado a fin de reunir los requerimientos de retardo de propagación de viaje redondo y los espaciamientos entre paquetes.

Dos modelos de red se especifican. Modelo de sistema de transmisión 1, el cual es un conjunto de configuraciones que han sido validadas bajo reglas conservadoras y han sido calificadas como reuniendo los requerimientos de arriba. Modelo de sistema de transmisión 2; es un conjunto de ayudas de calculo que permiten a estos configurar una red para probar una configuración propuesta frente a un simple conjunto de criterios que permiten a esta ser calificada. El Modelo de sistema de transmisión 2 valida un principal conjunto adicional de topologías que son totalmente funcionales y no se ajusta dentro de las simples, pero más restrictivas reglas del Modelo 1.

El tamaño físico de la red CSMA/CD está limitado por las características de componentes individuales de la red. Estas características incluyen las siguientes:

- a) Longitud del medio y sus tiempos de retardo asociados.
- b) Retardo de las unidades de repetidores.
- c) Retardo de MAUs y PHYs.

- d) Reducción de la brecha interpaquete debido a las unidades de repetidores.
- e) Retardo del DTE asociado con el método de acceso CSMA/CD.

3.18.1.1 Modelo de sistema de transmisión 1

La siguiente topología de red se limita a configuraciones usando el Modelo de Sistema de Transmisión 1.

- f) Todos los segmentos de cable balanceado (cobre) menor que o igual a 100 m cada uno.
- g) Segmentos de fibra menor o igual que 412 m cada uno.
- h) Los cables MII para 100BASE-T no deberán exceder 0.5 m cada uno. Los retardos atribuidos al MII son incorporados en los componentes de retardo de DTE o repetidor.

3.18.1.2 Modelo de sistema de transmisión 2

El tamaño físico y número de elementos de la topología en una red 100BASE-T está limitado primordialmente por el retardo de viaje redondo de colisión. Una configuración de red debe ser validada frente al retardo de colisión usando un modelo de red. Debido a que existe un número limitado de modelos de topología para un dominio de colisión 100BASE-T, el proceso de modelación es completamente directo y puede fácilmente ser hecha manualmente o con una calculadora.

El modelo propuesto aquí es derivado desde el uno presentado en 3.10.2. Modificaciones han sido hechas para acomodar los ajustes para DTE, repetidor, y velocidades de cable.

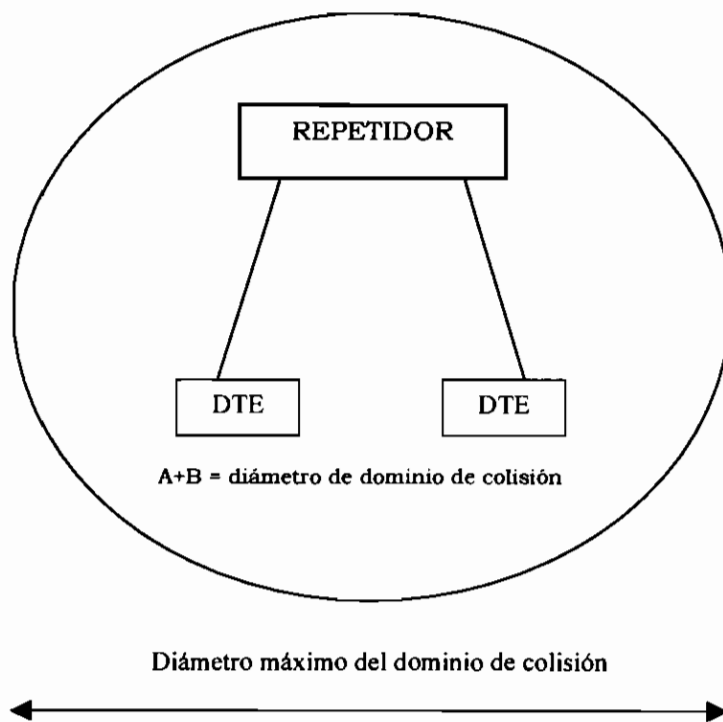


Figura 3-25. Modelo 1: Simple Repetidor

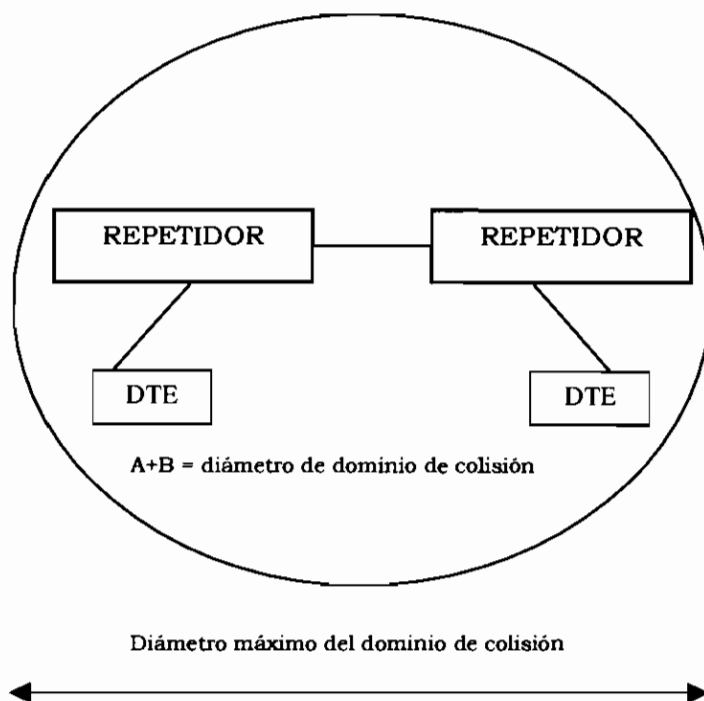


Figura 3-26. Dos repetidores clase II

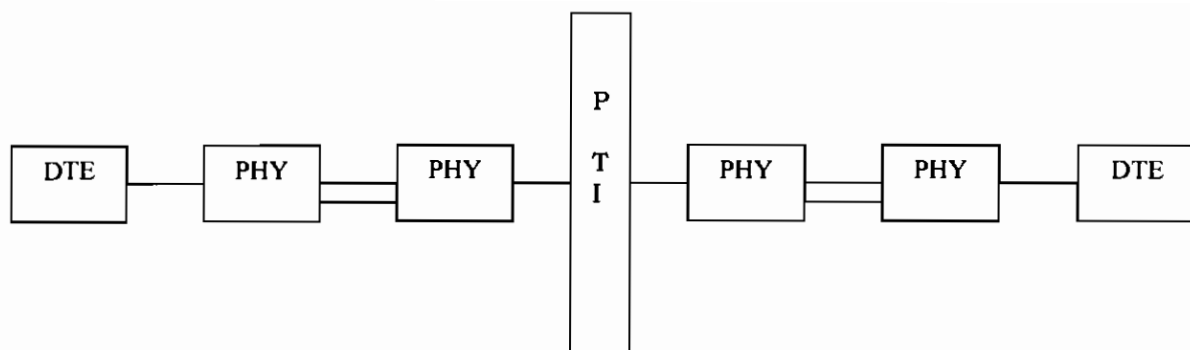


Figura 3-27. Sistema Modelo 2: Simple repetidor

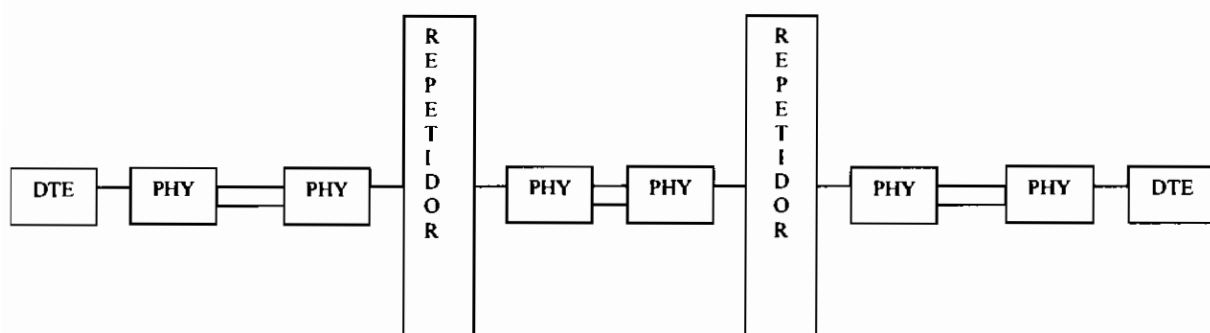


Figura 3-28. Modelo de sistema 2: Dos repetidores

Modelo	Cable balanceado (cobre)	Fibra	Cable balanceado y fibra (T4 y FX)	Cable balanceado y fibra (TX y FX)
DTE -DTE	100	412	Na	na
Un repetidor clase I (vea Figura 3-25)	200	272	231 ^b	260.8 ^b
Un repetidor clase II (vea Figura 3-25)	200	320	304 ^{b,c}	308.8 ^b
Dos repetidores clase II (vea figura 3-26)	205	228	236.3 ^{d,c}	216.2 ^d

^a En metros, ningún margen.

^b Asume 100 metros de cable balanceado y un enlace de fibra.

^c Este ingreso es incluido para integridad. Puede ser impráctico construir un repetidor clase II T4 a FX.

^d Asume 105 metros de cable balanceado y un enlace de fibra.

Tabla 3-20. Máximo diámetro del dominio de colisión de Modelo 1 ^a

Para una red válida, debe ser posible para dos DTEs cualesquiera sobre la red contender por la red en el mismo tiempo.

Cada estación intentando transmitir debe ser notificada de la contienda por el retorno de la señal "colisión" dentro de la ventana de colisión. Adicionalmente, la máxima longitud del fragmento creado debe contener menos de 512 bits después del delimitador de inicio de trama (SFD). Estos requerimientos limitan el diámetro físico (máxima distancia entre DTEs) de la red. El máximo retardo de viaje redondo debe ser calificado entre todos los pares de DTEs en la red. En la práctica este mecanismo de calificación es hecho entre esos que, por inspección de la topología, son candidatos para el mayor retardo.

La siguiente metodología de modelación de red está provista para asistir a este calculo.

La selección del *Valor de Retardo de Camino en el Peor de los Casos o PDV*. El camino del peor de los casos a través de la red a ser validado deberá ser identificado. El camino del peor de los casos consiste del camino entre dos DTEs en extremos opuestos de la red que tiene el más grande tiempo de viaje redondo. Las Figuras 3-25 y 3-26 muestran un esquema representativo de caminos de un repetidor y dos repetidores.

Una vez que un conjunto de caminos es elegido para el cálculo, cada uno deberá ser chequeado para validarlo frente a la siguiente fórmula:

$$\text{PDV} = \sum \text{retardos de enlace (LSDV)} + \sum \text{retardos de repetidor} + \text{retardos DTE} + \text{margen de seguridad}$$

Los valores de las variables de la fórmula son determinados por el siguiente método:

- a) Determine el retardo para cada segmento de enlace LSDV (Link Segment Delay Value), incluyendo enlaces interrepetidores, usando la fórmula:

$$\text{LSDV} = 2 (\text{retardo viaje redondo}) \times \text{longitud del segmento} \times \text{retardo de cable para este segmento}$$

Notas

1. La longitud es la suma de las longitudes de cable entre las interfaces PHY en el repetidor y el DTE más lejano para segmentos extremos más la suma de las longitudes de cable entre las interfaces PHY repetidor para enlaces interrepetidores. Todas las mediciones están en metros.
2. El retardo del cable es el retardo especificado por el fabricante o el máximo valor para el tipo de cable usado como se muestra en la Tabla 3-21. Para este cálculo, el retardo del cable debe ser especificado en tiempos de bit por metro (BT/m). La Tabla 3-22 puede ser usada para convertir valores relativos especificados a la velocidad de la luz (%) o nanosegundos por metro (ns/m).
3. Cuando longitudes de cable real o retardos de propagación no son conocidas, use el máximo retardo en tiempos de bit como se especifica en la Tabla 3-21 para cables de cobre. Los retardos para fibra deberían ser calculadas, ya que el valor encontrado en la Tabla 3-21 será demasiado grande para más aplicaciones.

- b) Sume simultáneamente todos los LSDVs para todos los segmentos en el camino.

- c) Determine el retardo para cada repetidor en el camino. Si el modelo específico de datos no está disponible desde el fabricante, determine la clase de repetidor (I o II) e ingrese el valor por defecto apropiado desde la Tabla 3-21.
- d) Los cables MII para 100BASE-T no deberán exceder 0.5 m cada uno. Cuando se esté evaluando la topología del sistema, los retardos de los cables MII no necesitan ser contados por separado. Los retardos atribuidos al MII son incorporados en los componentes de retardo de DTE y repetidor.
- e) Use el valor del retardo DTE en la Tabla 3-21 a menos que su equipo de fabricante defina un valor diferente.
- f) Decida un margen de seguridad apropiado de 0 a 5 tiempos de bit para el cálculo del PDV. El margen de seguridad es usado para proveer un margen adicional para ajustar a retardos de elementos inesperados, tal como longitud extra de cable de conexión entre jacks y DTEs (un margen de 4 BT es recomendado).
- g) Inserte los valores obtenidos a través de los cálculos de arriba en la siguiente fórmula para calcular el PDV. (Algunas configuraciones pueden no usar todos los elementos de la fórmula.)

$$\text{PDV} = \sum \text{LSDV} + \sum \text{retardos de repetidor} + \text{retardo de DTE} + \text{margen de seguridad}$$

- h) Si el PDV es menor que 512 BT, el camino es calificado en términos del retardo del peor de los casos.

- i) Colisiones posteriores y/o errores CRC son indicadores que el retardo del camino excede 512 BT.

Componente	Retardo de viaje redondo en tiempos de bit por metro	Máximo retardo de viaje redondo en tiempos de bit
Dos DTEs TX/FX		100
Dos DTEs T4		138
Un DTE y un TX/FX ^a		127
Segmento de cable categoría 3	1.14	114 (100 m)
Segmento de cable categoría 4	1.14	114 (100 m)
Segmento de cable categoría 5	1.112	111.2 (100 m)
Segmento de cable STP	1.112	111.2 (100 m)
Segmento de cable de fibra óptica	1.0	412 (412 m)
Repetidor Clase I		140
Repetidor Clase II con todos los puertos TX/FX		92
Repetidor Clase II con un puerto T4		67

^a Valores del peor de los casos son usados (valores TX/FX para transmisión MAC inician en la entrada del MDI para la detección de colisión; valor T4 para la entrada MDI a la salida MDI)

Tabla 3-21. Retardos de componentes de red, Modelo de sistema de transmisión 2

Velocidad relativa a c	ns/m	BT/m
0.4	8.34	0.834
0.5	6.67	0.667
0.51	6.54	0.654
0.52	6.41	0.641
0.53	6.29	0.629
0.54	6.18	0.618
0.55	6.06	0.606
0.56	5.96	0.596
0.57	5.85	0.585
0.58	5.75	0.575
0.5852	5.70	0.570
0.59	5.65	0.565
0.6	5.56	0.556
0.61	5.47	0.547
0.62	5.38	0.538
0.63	5.29	0.529
0.64	5.21	0.521
0.65	5.13	0.513
0.654	5.10	0.510
0.66	5.05	0.505
0.666	5.01	0.501
0.67	4.98	0.498
0.68	4.91	0.491
0.69	4.83	0.483
0.70	4.77	0.477
0.8	4.17	0.417
0.9	3.71	0.371

Tabla 3-22. Tabla de conversión para retardos de cable

3.19 Redes 100VG-Any LAN

100VG-Any LAN es una nueva tecnología de red definida en la norma IEEE 802.12 que proporciona una velocidad de transmisión de 100 Mb/s sobre 4 pares de cable categoría 3, categoría 4, o categoría 5 (UTP). Las aplicaciones futuras también apoyarán 2 pares UTP, 2 pares (STP), y fibra óptica. La tecnología 100VG-Any LAN soporta todas las reglas de plan de red y topologías de 10BASE-T Ethernet y Token Ring. Estos rasgos permiten reorganizar redes e

infraestructura existente y tener velocidades de transmisión más altas.

100VG-Any LAN usa un método de acceso centralmente controlado llamado Demanda Prioritaria. Este método de acceso es una solicitud simple y determinística que aumenta al máximo la eficacia de la red eliminando colisiones y retrasos de rotación del testigo. Además, el protocolo de Demanda Prioritaria usa dos niveles de prioridad por cada usuario para garantizar apoyo en aplicaciones de multimedios de tiempo críticas como video en tiempo real y audio para video conferencia o el video interactivo.

100VG-Any LAN también ofrece tramas compatibles con 802.3 Ethernet y 802.5 Token Ring. Esto da al usuario transparencia en los sistemas operativos de la red y aplicaciones de software al emigrar a una red 100VG-Any LAN. Para conectar a redes existentes Ethernet y Token Ring se usa un puente simple, también puede enrutarse a backbones FDDI y ATM, y a redes WAN.

Una red 100VG-Any LAN consiste en un hub central o repetidor, llamado hub de nivel 1 (o raíz), con un enlace que conecta cada nodo creando una topología de estrella.

El hub es un director central inteligente que maneja el acceso de la red realizando un censo rápido y continuo de las demandas de los

puertos y verifica las demandas de servicio de los nodos. El hub recibe el paquete de los datos entrantes y sólo lo dirige al puerto de destino proporcionando seguridad de datos.

Cada puerto del hub puede configurarse para operar en un modo normal o modo monitor. Se remiten a puertos configurados para operar en modo normal sólo paquetes dirigidos para él. Se remiten a puertos configurados para operar en modo monitor todos los paquetes que el hub recibe.

Se concluye por ende que el método de acceso de Demanda Prioritaria constituye un protocolo totalmente diferente al CSMA/CD, razón por la cual el programa de simulación no contempla la implementación 100VG Any LAN.

El objetivo del presente capítulo es especificar de una manera detallada las funciones que cumple la subcapa MAC, tal como se define en el estándar IEEE 802.3, de manera de implementar dichas funciones como un programa de computadora. Una vez descritas estas funciones es posible presentar un esquema (diagrama de flujo) de las principales funciones incluidas en el programa de simulación.

Las capacidades funcionales del CSMA/CD de la subcapa MAC presentan una rápida guía de referencia de los recursos provistos por este estándar

1) Para transmisión de tramas

- a) Acepta datos desde la subcapa LLC y construye una trama
- b) Presenta una cadena de datos de bits en serie a la capa física para la transmisión sobre el medio.

2) Para recepción de tramas

- a) Recibe una cadena de datos de bits en serie desde la capa física
- b) Presenta a la subcapa LLC tramas que son tramas de difusión (broadcast) o directamente direccionadas a la estación local.
- c) Descarta o pasa al administrador de red todas las tramas no direccionadas a la estación receptora.

3) Difiere la transmisión de cadenas de bits en serie cuando el medio físico está ocupado.

- 4) Añade el adecuado valor de FCS a las tramas salientes y verifica totalmente la alineación de los octetos límites.
- 5) Chequea errores de transmisión de las tramas entrantes por medio del FCS y verifica alineación de los octetos límites.
- 6) Retarda la transmisión de tramas o cadena de bits por un período de tiempo.
- 7) Detiene la transmisión cuando es detectada la colisión.
- 8) Lleva a cabo la retransmisión después de una colisión hasta un número límite de intentos.
- 9) Refuerza la colisión para asegurar la propagación de esta a través de toda la red por medio del envío de un mensaje de "embotellamiento" (jam).
- 10) Descarta las tramas recibidas cuya longitud es menor a la longitud mínima.
- 11) Añade el preámbulo, delimitador de inicio de trama, las direcciones de destino y origen, campo de longitud, y el FCS a todas las tramas, e inserta el campo PAD a aquellas tramas cuya longitud es menor a la mínima requerida.
- 12) Remueve el preámbulo, el delimitador de inicio de trama, las direcciones de destino y de origen, el campo de longitud, el FCS y el PAD (sí fue añadido) desde las tramas recibidas.

La Figura 4-1 muestra un diagrama básico del modelo antes descrito.

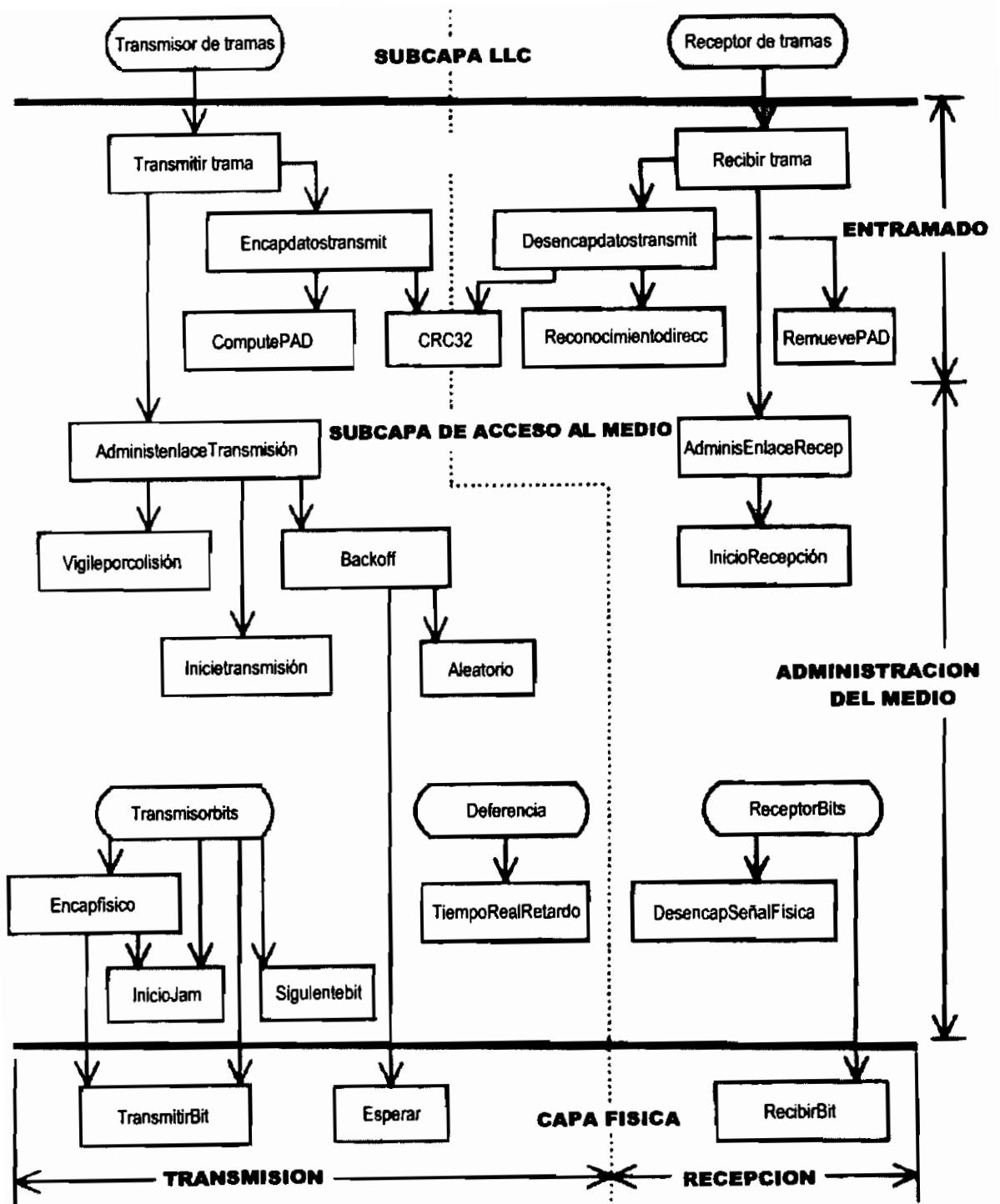


Figura 4-1. Modelo funcional CSMA/CD

4.1 Especificación precisa del Método CSMA/CD MAC

La definición de un algoritmo preciso está dada en esta cláusula, proveyendo el modelo de procedimiento para el proceso CSMA/CD MAC con un programa de computadora en lenguaje Visual Basic.

4.1.1 Descripción del modelo de procedimiento

Este modelo de procedimiento es pensado como la especificación primaria de las funciones provistas en cualquier implementación CSMA/CD MAC. Es importante distinguir, sin embargo, entre el modelo y la implementación real. El modelo es optimizado para simplicidad y claridad de presentación, mientras que una implementación real deberá marcar énfasis en tales limitaciones como eficiencia y conveniencia de una tecnología de implementación particular.

En este contexto algunas propiedades importantes del modelo de procedimiento deberán ser consideradas:

- a) Primero, deberá ser enfatizado que *la descripción de la subcapa MAC en un lenguaje de computadora de ninguna forma implica que los procedimientos deberán ser implementados como un programa ejecutado por una computadora.* La implementación puede consistir

de cualquier tecnología apropiada incluyendo hardware, firmware, software, o cualquier combinación.

- b) Similarmente, deberá enfatizarse que este es el comportamiento de cualquier implementación de la subcapa MAC, no su estructura interna.
- c) El manejo de tramas entrantes y salientes es preferentemente estilizado en el modelo de procedimiento, en el sentido que las tramas son manejadas como simples entidades de la subcapa MAC y son solamente serializadas para presentación a la capa física. En realidad, muchas implementaciones manejarán en lugar de tramas de bits en serie, octetos o palabras bases. Esta aproximación no ha sido reflejada en el modelo de procedimiento, debido a que este solamente complica la descripción de las funciones.

El modelo consiste de algoritmos diseñados para ser ejecutados por un número de procesos orientados a objetos; estos algoritmos colectivamente implementan el procedimiento CSMA/CD.

4.1.2 Organización del modelo de procedimiento

El modelo de procedimiento usado aquí está basado en cinco procesos.

Tres están realmente definidos en la subcapa MAC. Los dos procesos restantes son provistos por los clientes de la subcapa MAC. Los cinco procesos son de este modo:

- a) Proceso Transmisor de Tramas
- b) Proceso Receptor de Tramas
- c) Proceso Transmisor de bits
- d) Proceso Receptor de bits
- e) Proceso de Deferencia

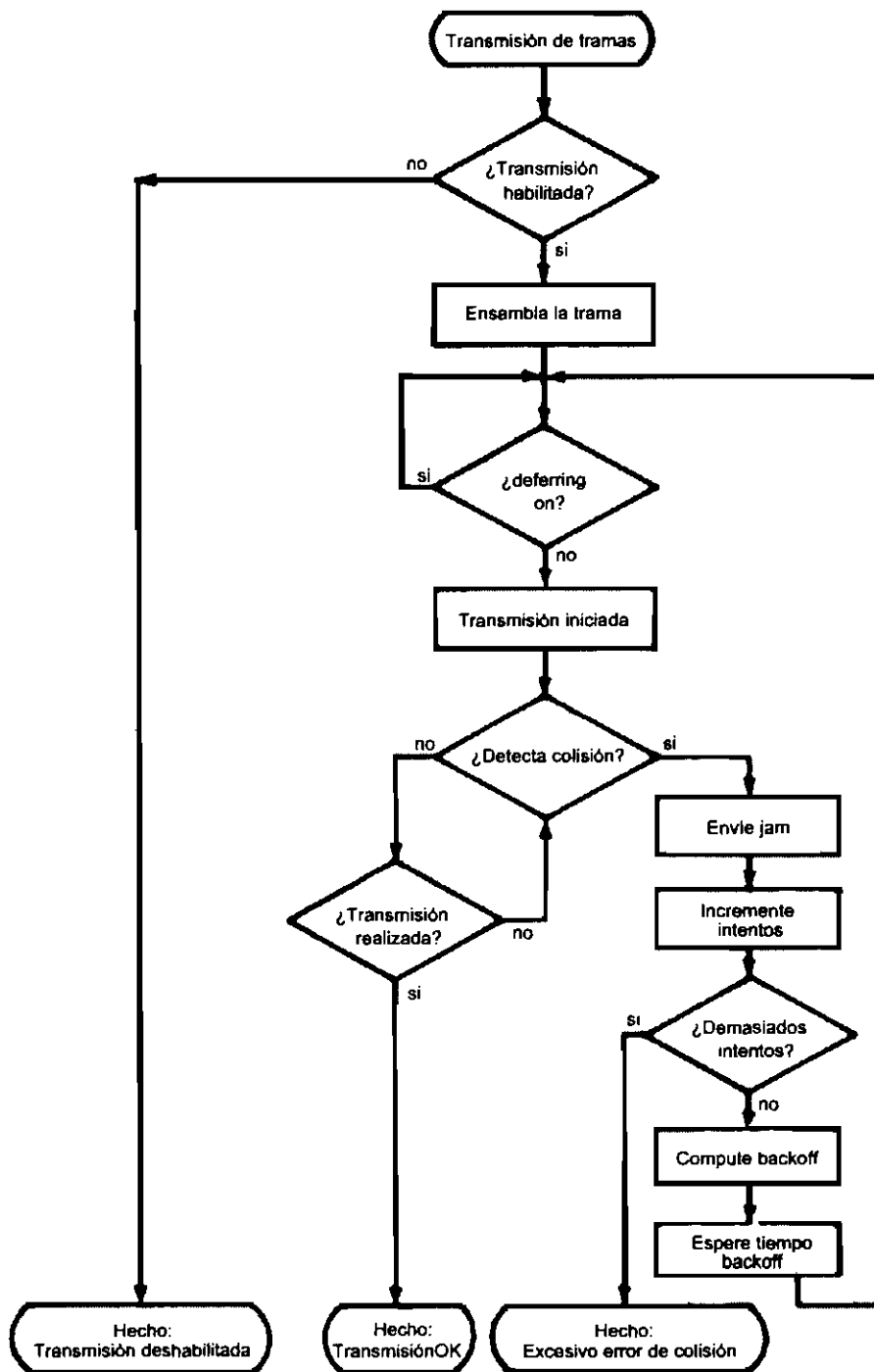
Esta organización del modelo está ilustrada en la Figura 4-1 y refleja el hecho de que la comunicación de tramas integras es iniciado por el cliente de la subcapa MAC; mientras la temporización del backoff y la transferencia de bits individuales está basada en interacciones entre la subcapa MAC y el tiempo de bit dependiente de capa física.

La Figura 4-1 describe la estructura estática del modelo de procedimiento, mostrando como los varios procesos y procedimientos interactúan por llamado de cada otro. Las Figuras 4-2, 4-3, y 4-4 resumen el comportamiento dinámico del modelo durante la transmisión y recepción, centrándose en los pasos que deberán ser ejecutados.

4.1.2.1 Modelo de Transmisión de Tramas

La transmisión de datos incluye aspectos de Encapsulamiento de Datos y Administración de Acceso al Medio:

- a) El Encapsulamiento de Datos a transmitir incluye el ensamblaje de la trama saliente y la generación de la secuencia de chequeo de trama.
- b) La Administración de Acceso al Medio de Transmisión incluye deferencia de portadora, espaciamiento entre tramas, detección y forzamiento de colisión, y backoff de colisión y retransmisión.



Figuras 4-2. Transmisión de tramas

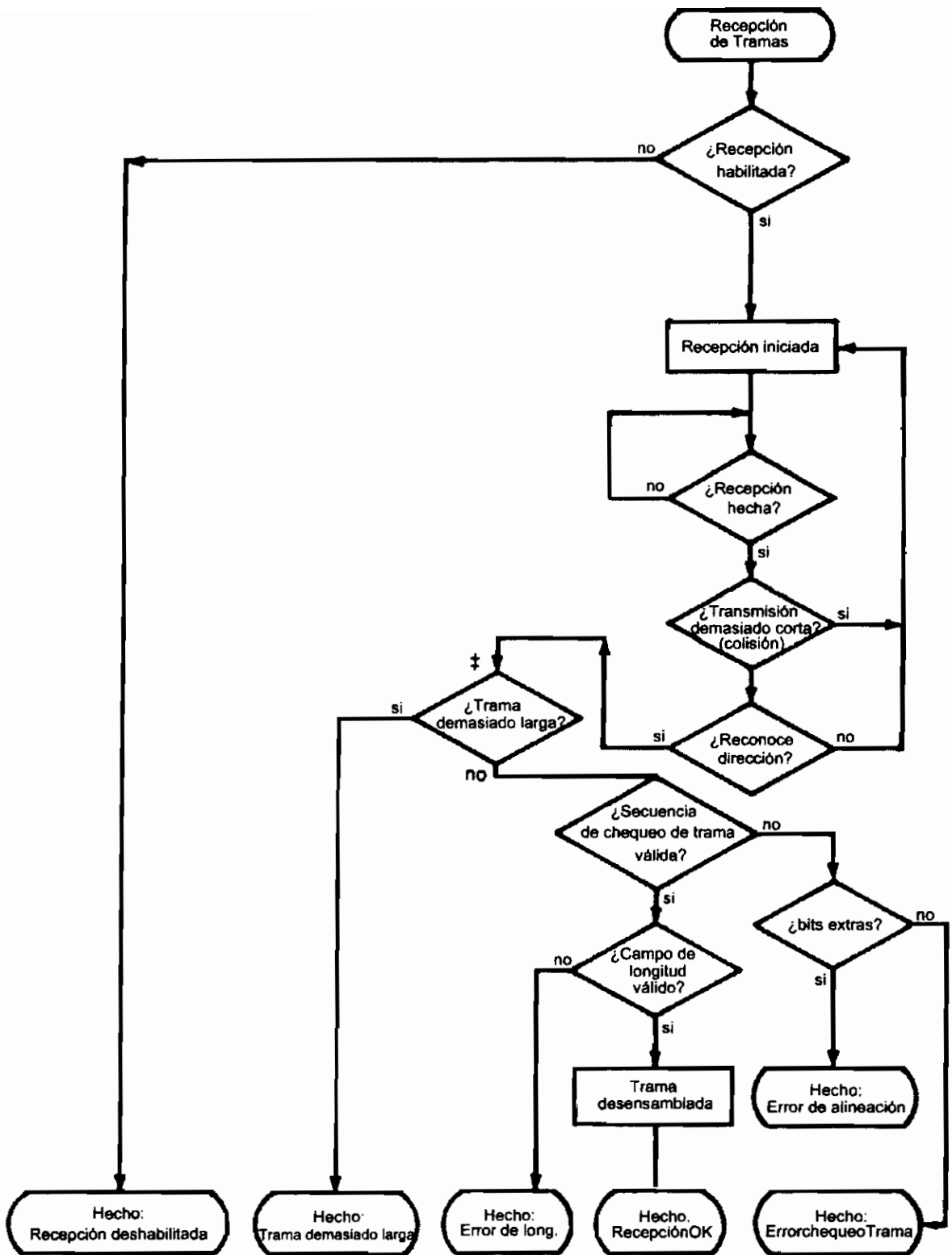


Figura 4-3. Recepción de tramas

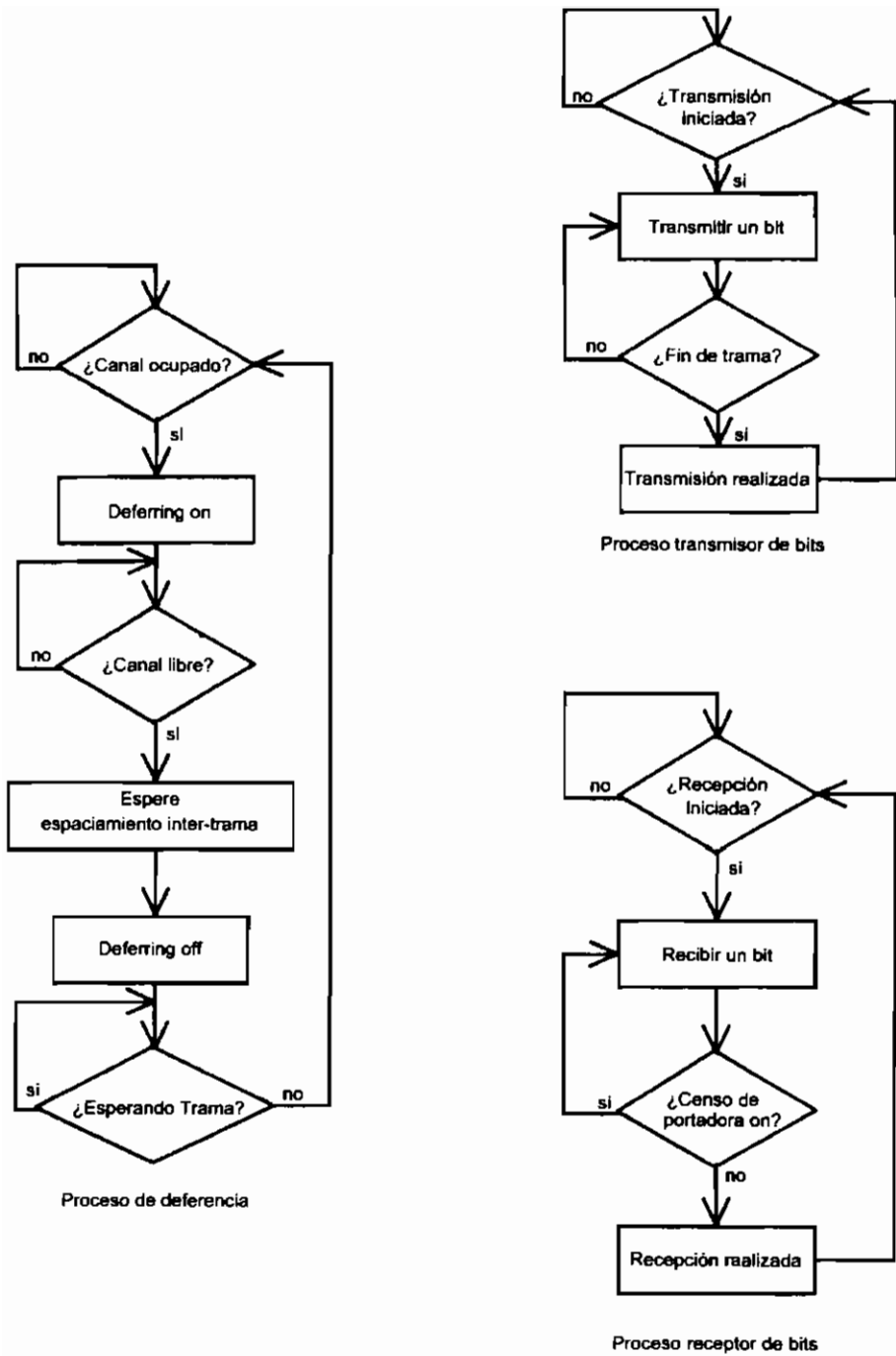


Figura 4-4. Procesos de capa MAC

4.1.2.1.1 Encapsulamiento de tramas

Los campos de la trama CSMA/CD MAC son un conjunto de valores provistos por la subcapa LLC como argumentos para la operación de Transmisión de Tramas con excepción del relleno necesario para forzar el mínimo tamaño de trama y la secuencia de chequeo de trama que es un conjunto de valores CRC generados por la subcapa MAC.

El valor CRC es generado e insertado en el campo de secuencia de chequeo de trama, siguiendo a los campos provistos por la subcapa LLC.

4.1.2.1.2 Administración de Acceso al Medio para Transmisión

Deferencia de portadora

Aún cuando no tenga nada para transmitir, la subcapa CSMA/CD MAC monitorea el medio físico por tráfico. Cuando un medio está ocupado, la subcapa CSMA/CD MAC difiere el paso de tramas por retardo de cualquiera de sus transmisiones pendientes. Después que el último bit de la trama pasa (esto es, cuando el medio está disponible), la subcapa CSMA/CD MAC continua difiriendo por un tiempo denominado espaciamento-entre-tramas.

Si en el fin del espaciamento-entre-tramas, una trama está esperando para ser transmitida, la transmisión es iniciada independiente de la presencia de portadora en el canal. Cuando la transmisión es completada (o inmediatamente, si no hubo nada para transmitir) la subcapa CSMA/CD MAC reasume su monitoreo original de censo de portadora.

Cuando una trama es sometida por la subcapa LLC para transmisión, la transmisión es iniciada tan pronto como sea posible, pero en conformidad con las reglas de deferencia de portadora citadas anteriormente.

El cronometraje del espaciamento-entre-tramas inicia tan pronto como se terminó la transmisión (si hubo transmisión) y no existe portadora presente en el medio. Se inicializa el temporizador espaciamento-entre-tramas si se censa portadora durante los primeros $2/3$ del intervalo de tiempo de espaciamento-entre-tramas. Durante el $1/3$ final del intervalo, el temporizador no deberá ser inicializado para asegurar un acceso equitativo al medio. Un período inicial menor que $2/3$ es permisible inclusive cero.

Espaciamiento entre tramas

Las reglas para diferimiento de paso de tramas aseguran un mínimo espaciamiento entre tramas¹. Esto es pensado para proveer un tiempo de recuperación para las otras subcapas CSMA/CD y para el medio físico.

Manejo de colisión

Una vez que una subcapa CSMA/CD MAC ha finalizado el diferimiento y ha iniciado la transmisión, es todavía posible para esta experimentar contienda por el medio. Las colisiones pueden ocurrir hasta que la adquisición de la red ha sido llevada a cabo a través de la deferencia de todas las otras subcapas de las estaciones.

La dinámica del manejo de colisión está principalmente determinada por un simple parámetro, llamado el tiempo de apertura (slot time). Este simple parámetro describe tres importantes aspectos de manejo de colisión:

- a) Es el límite superior en el tiempo de adquisición del medio.
- b) Es el límite superior en la longitud de un fragmento de trama generado por una colisión.
- c) Es el cuantificador de planificación de retransmisión.

¹ Si por razones de implementación, una subcapa usa un valor mayor presentará un decremento en su caudal

Para llevar a cabo estas tres funciones, el slot time deberá ser mayor que la suma del tiempo de propagación de viaje redondo de la capa física y el tiempo jam máximo de la Capa de Acceso al Medio.

Detección y forzamiento de colisión

Las colisiones son detectadas por monitoreo de la señal de detección de colisión provisto por la capa física. Cuando una colisión es detectada durante la transmisión de una trama, la transmisión no es terminada inmediatamente. En lugar de esto, la transmisión continua hasta que bits adicionales especificados por el tamaño de jam han sido transmitidos (contando desde el tiempo cuando la colisión ha sido detectada). Este forzamiento de colisión o jam garantiza que la duración de la colisión es suficiente para asegurar la detección por todas las otras estaciones transmitiendo sobre la red. El contenido del jam no está especificado; éste puede ser cualquier patrón fijo o variable conveniente para la implementación de acceso al medio, sin embargo, la implementación no deberá ser diseñada intencionalmente para corresponder al valor de 32 bits CRC de la trama transmitida antes del jam.

Retransmisión y backoff de colisión

Cuando un intento de transmisión ha terminado debido a una colisión, este es reintentado para la transmisión por la subcapa CSMA/CD MAC

hasta que éste es satisfactorio o un se ha realizado un número máximo de intentos y todos han terminado debido a colisiones.

La planificación de retransmisión está determinado por un proceso aleatorio, llamado "backoff exponencial truncado binario".

En el fin del refuerzo de colisión (jamming), la subcapa CSMA/CD MAC retarda antes de retransmitir la trama. El retardo es un múltiple entero de slot Time. El número de slot times retardados antes del n-ésimo intento de transmisión es elegido como un entero aleatorio r uniformemente distribuido en el rango:

$$0 \leq r < 2^k$$

donde

$$k = \text{mín}(n, 10)$$

Si todos los intentos (hasta el número máximo) fallan, este acontecimiento es reportado como un error. Los algoritmos usados para generar el entero r son diseñados para minimizar la correlación entre los números generados por dos estaciones cualesquiera en un tiempo dado.

Esto se logra utilizando la instrucción Randomize la cual crea un número raíz que usa la función Rnd para crear secuencias de números

pseudoaleatorios únicas, números que se los restringe al intervalo de 0 a 2^k .

Note que los valores dados arriba definen el comportamiento más agresivo que una estación puede exhibir en intentos de retransmitir después de una colisión.

Mínimo tamaño de trama

El mecanismo de acceso al medio CSMA/CD requiere que una mínima longitud de trama sea transmitida. Si el tamaño de trama es menor que el mínimo requerido, entonces la subcapa CSMA/CD MAC deberá añadir bits extras en unidades de octetos, después del fin del campo de datos LLC pero antes de calcular, y añadir el FCS. El número de bits extras deberá asegurar que el tamaño de la trama cumpla con el requerimiento mínimo

4.1.2.2 Modelo de recepción de tramas

La recepción de tramas de la subcapa CSMA/CD MAC incluye ambos aspectos: Encapsulamiento de Datos y Administración de Acceso al Medio:

- a) El Encapsulamiento de Datos recibidos comprende reconocimiento de direcciones, validación de la secuencia de chequeo de trama, y desensamblaje de tramas para pasar los campos de la trama recibida a la subcapa MAC.
- b) La Administración de Acceso al Medio comprende el reconocimiento de fragmentos de colisión de tramas entrantes y truncamiento de tramas a octetos límites.

4.1.2.2.1 Desencapsulamiento de datos recibidos

Reconocimiento de direcciones

La subcapa CSMA/CD MAC es capaz de reconocer direcciones individuales y de grupo.

- a) Direcciones individuales. La subcapa CSMA/CD MAC reconoce y acepta cualquier trama cuyo campo DA contiene la dirección individual de la estación.
- b) Direcciones de grupo. La subcapa CSMA/CD MAC reconoce y acepta cualquier trama cuyo campo DA contiene la dirección de difusión.

Validación de la secuencia de chequeo de trama

La validación FCS es esencialmente idéntica a la generación FCS. Si los bits de la trama entrante no generan un valor CRC idéntico al recibido, un error ha ocurrido y la trama es identificada como no válida.

Desensamblaje de tramas

En el reconocimiento del delimitador de inicio de trama en el fin de la secuencia de preámbulo, la subcapa CSMA/CD MAC acepta la trama. Si no existen errores, la trama es desensamblada y los campos son pasados a la subcapa LLC.

4.1.2.2.2 Administración de Acceso al Medio de Recepción

Entramado

La subcapa CSMA/CD MAC reconoce los límites de una trama entrante por monitoreo de la señal de censo de portadora provista por el PLS.

Existen dos posibles errores de longitud que pueden ocurrir, que indican una trama de datos no válida; la trama puede ser demasiado larga, o su longitud puede no ser un número entero de octetos.

- a) Máximo tamaño de trama. La recepción de la subcapa CSMA/CD MAC no es requerida para asegurar el límite del tamaño de trama, pero trunca tramas más largas que el tamaño máximo y reporta este evento como un error.
- b) Número entero de octetos en la trama. Debido a que el formato de una trama válida especifica un número entero de octetos, solamente

una colisión o un error pueden producir una trama con una longitud que no es un múltiplo entero de 8 bits. Tramas completas (esto es, no rechazadas como fragmentos de colisión) que no contienen un número entero de octetos son truncadas a un octeto límite más cercano.

Filtrado de colisión

La trama válida más pequeña deberá ser al menos un slotTime en longitud. Esto determina el mínimo tamaño de trama. Cualquier trama conteniendo menos bits es supuesta a ser un fragmento resultante de una colisión. Debido a que colisiones ocasionales son una parte normal del procedimiento de Administración de Acceso al Medio, el descarte de tales fragmentos no es reportado como un error a la subcapa LLC.

Generación de preámbulo

Para transmitir el primer bit de una nueva trama, el encapsulamiento de capa física deberá primero transmitir el preámbulo, que es una secuencia de bits usada por el medio físico para estabilización y sincronización, seguido por el delimitador de inicio de trama. Si, mientras se está transmitiendo el preámbulo, el PLS afirma la señal de detección de colisión, cualquier preámbulo remanente deberá ser enviado. El patrón de preámbulo es:

10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010
10101010

Los bits son transmitidos en orden, desde izquierda a derecha. La naturaleza del patrón es tal que, aparece como una forma de onda periódica sobre el medio que habilita la sincronización de bit.

Secuencia de inicio de trama

En la recepción de la secuencia 10101011 inmediatamente siguiendo a la última parte del patrón de preámbulo, el encapsulamiento de capa física deberá comenzar pasando sucesivos bits a la administración de enlace de recepción por paso a la subcapa LLC.

4.2 Implementaciones Específicas

4.2.1 Compatibilidad

Para proveer total compatibilidad en todos los niveles del estándar, se requiere que cada componente de red implementando el procedimiento de subcapa CSMA/CD MAC se adhiera rígidamente a esta especificación. La información provista a continuación provee parámetros de diseño para una implementación específica de este método de acceso. Las variaciones de estos valores resulta en una implementación de sistema que viola el estándar.

4.2.2 Implementaciones Permitidas

4.2.2.1 Valores Parametrizados

La Tabla 4-1 identifica los valores de parámetros que deberán ser usados en la implementación del procedimiento CSMA/CD MAC de 10 Mb/s:

Parámetros	Valores
SlotTime	512 tiempos de bit
InterFrameGap	9.6 μ s
AttemptLimit	16
BackoffLimit	10
JamSize	32 bits
MaxFrameSize	1518 octetos
MinFrameSize	512 bits (64 octetos)
AddressSize	48 bits

Tabla 4-1. Valores parametrizados para implementaciones de 10 Mb/s

Los valores de parámetros listados en la Tabla 4-2 deberán ser usados para implementaciones 1BASE5:

Parámetros	Valores
SlotTime	512 tiempos de bit
InterFrameGap	96 μ s
AttemptLimit	16
BackoffLimit	10
JamSize	32 bits
MaxFrameSize	1518 octetos
MinFrameSize	512 bits (64 octetos)
AddressSize	48 bits

Tabla 4-2. Valores parametrizados para implementaciones de 1 Mb/s

Los valores de parámetros listados en la Tabla 4-3 deberán ser usados para implementaciones de 100 Mb/s:

Parámetros	Valores
SlotTime	512 tiempos de bit
InterFrameGap	0.96 μ s
AttemptLimit	16
BackoffLimit	10
JamSize	32 bits
MaxFrameSize	1518 octetos
MinFrameSize	512 bits (64 octetos)
AddressSize	48 bits

Tabla 4-3. Valores parametrizados para implementaciones de 100 Mb/s

4.3 Diagrama de Flujo del Programa Simulador

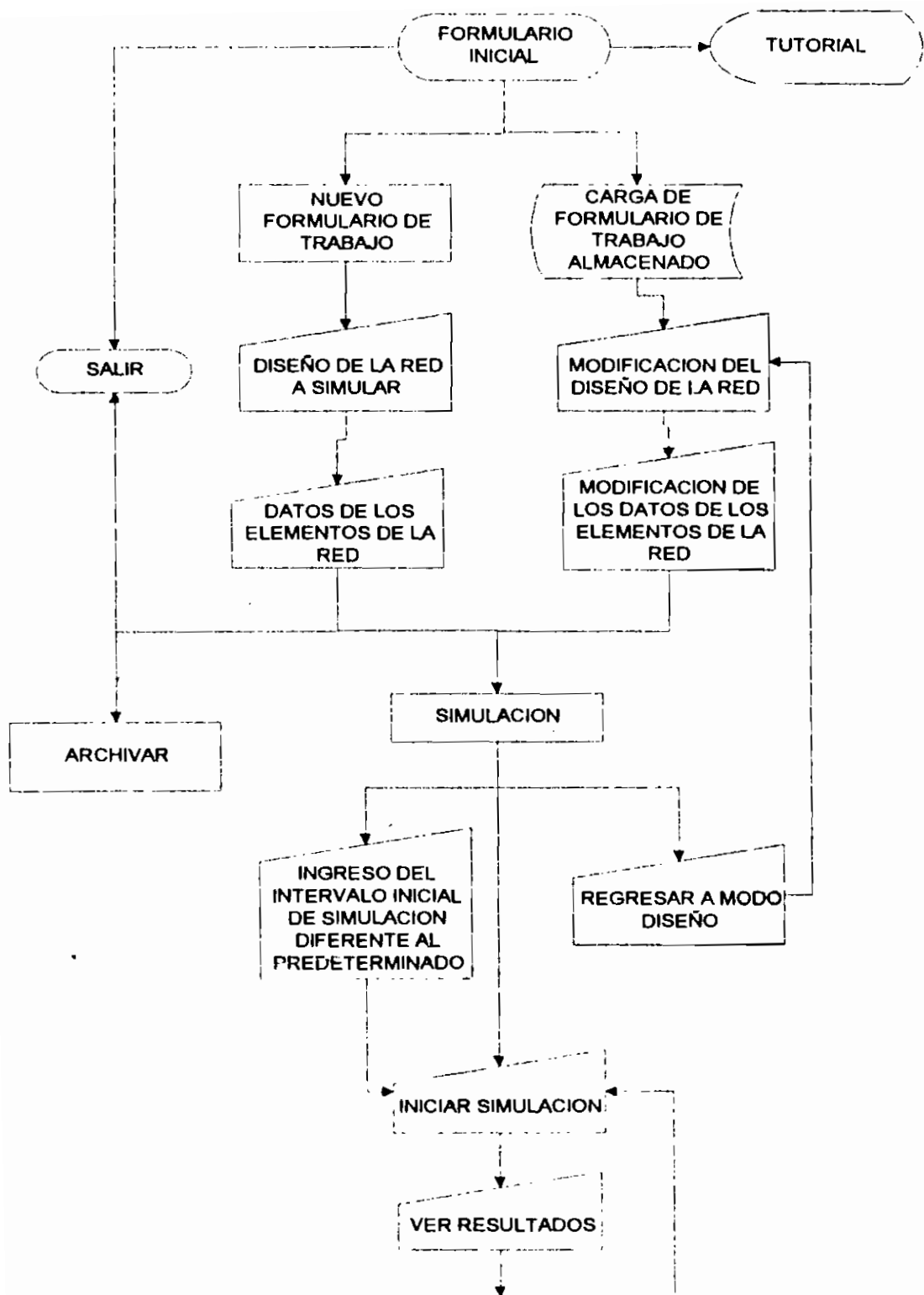
Debido a que Visual Basic 5, el lenguaje de programación escogido para el simulador, es un lenguaje orientado a objetos, el diagrama de flujo del programa varía con respecto a los diagramas tradicionales ya que los objetos básicos para la programación en este lenguaje son los formularios. Por tal, diagrama de flujo se lo realiza basándose en los formularios principales que se presentan durante la ejecución del programa.

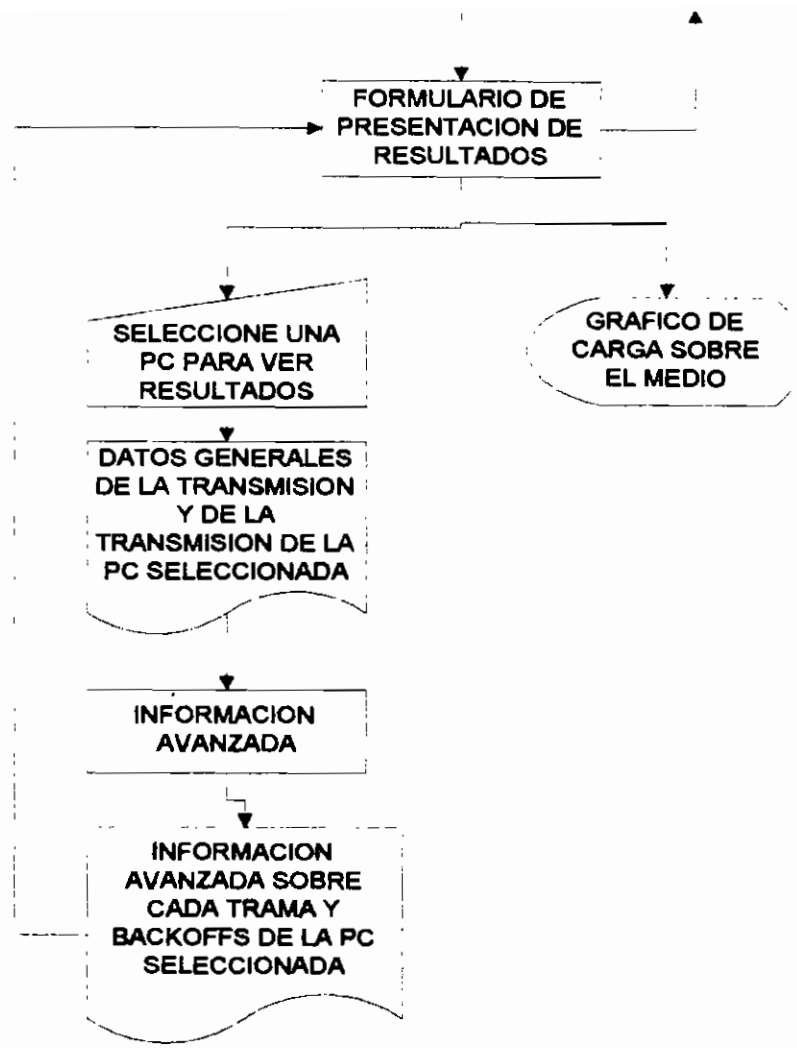
Básicamente en los formularios se han ubicado menús, barras de botones, cuadros de opciones, y otros controles que ayudan al usuario a escoger las diferentes opciones del programa.

La tarea del programador se reduce entonces a diseñar los formularios de tal forma que la interfaz resultante sea lo más "amigable" posible.

Siguiendo las reglas básicas de programación, en todas y cada una de las opciones se controla que el usuario no pueda ingresar valores no válidos; en caso de hacerlo, el programa arrojará un mensaje de error.

A fin de adjuntar el programa Tutor y ejecutar las opciones de archivado, recuperación de documentos, e impresión de los resultados, se utiliza un control denominado CommonDialog. Este control proporciona un conjunto de cuadros de diálogo estándar para operaciones tales como: abrir y guardar archivos, y establecer las opciones de impresión. Además, el control CommonDialog también tiene la posibilidad de presentar Ayuda ejecutando el motor de Ayuda de Windows, con lo que se puede acceder al programa Tutor, el cual está diseñado como una ayuda uniforme con el ambiente de operación de Windows.





4.3.1 Formulario Inicial



Este es el formulario de entrada al programa. Es un formulario de tipo MDI, es decir, puede contener otros formularios, los cuales tienen la propiedad MDIchild activada convirtiéndose en formularios secundarios; en este caso este formulario va a contener el formulario de trabajo, una barra de menús y un control CommonDialog.

En la barra de menús se tienen 4 opciones principales: Archivo, Opciones, Simulación y Ayuda. Dentro de estas opciones se encuentran diferentes comandos, los cuales permiten al usuario realizar diversas tareas.

Dentro del menú Archivo se han incluido los comandos estándar que requieren los programas que funcionan bajo el sistema operativo Windows, estos son: abrir, nuevo, cerrar, guardar, imprimir y salir. Las acciones antes mencionadas se realizan con la ayuda de un control CommonDialog. Al escoger la opción Nuevo o Abrir, se crea y se carga un formulario de trabajo, si se repite esta acción, se siguen creando instancias de este que trabajan independientemente.

En el menú Opciones se tienen dos comandos que son: Propiedades del Simulador, por medio del cual se tiene acceso a las opciones de configuración del programa; y Cambiar tipos de hub, a través del cual se puede acceder a una pequeña base de datos sobre las características

principales de los diferentes tipos de hubs existentes. Adicionalmente, el comando Cambiar permite agregar nuevos tipos de hubs, modificar las características de dichos hubs y cambiar el número de bits que una estación transmite sobre el medio.

Dentro de los valores de carga de cada PC es factible encontrar cuatro posibles niveles. Estos son:

- Baja
- Liviana
- Mediana
- Pesada

Estos niveles de carga corresponden a una determinada cantidad de bits ha ser transmitidos por la estación. El programa simulador carga por defecto los valores 576 bits para carga baja; 12144 bits para carga liviana; 100000 bits para carga mediana; y 1 000000 bits para carga pesada, pero se da al usuario la posibilidad de modificar dichos valores.

Los valores de bits delinidos por el programa han sido seleccionados por medio de un análisis de los tamaños máximos y mínimos de trama y los tamaños promedio de los archivos frecuentemente utilizados en las aplicaciones reales de transmisión de datos (archivos de Word, Excel, Correo, e Internet). En las deliniciones de estas cargas se han

considerado también referencias que al respecto suelen ser publicadas en las revistas especializadas.

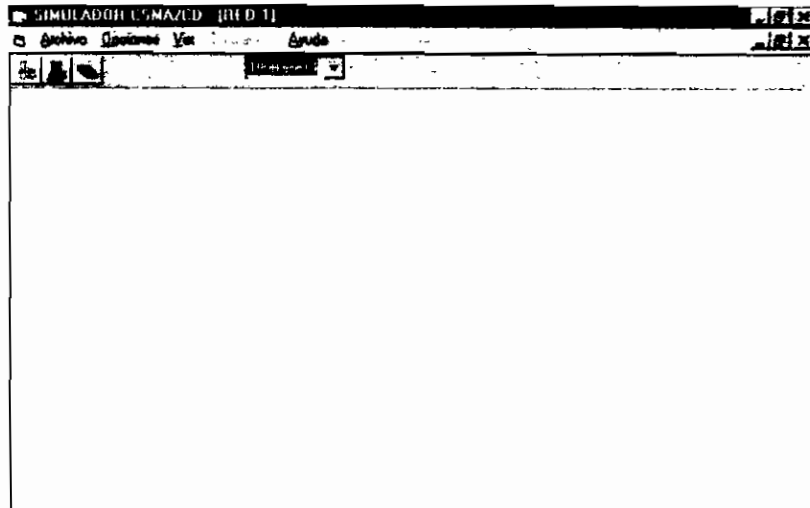
En todas estas acciones se utilizan cuadros de texto y controles ComboBox, para el ingreso y salida de datos.

El menú Simulación, es una opción que únicamente se habilita cuando la red ya ha sido diseñada y cumple con las condiciones necesarias para llevar a cabo la simulación. Dentro de este menú existe un comando único llamado Simulación, el cual permite el acceso a un formulario inicial correspondiente al Formulario de Simulación

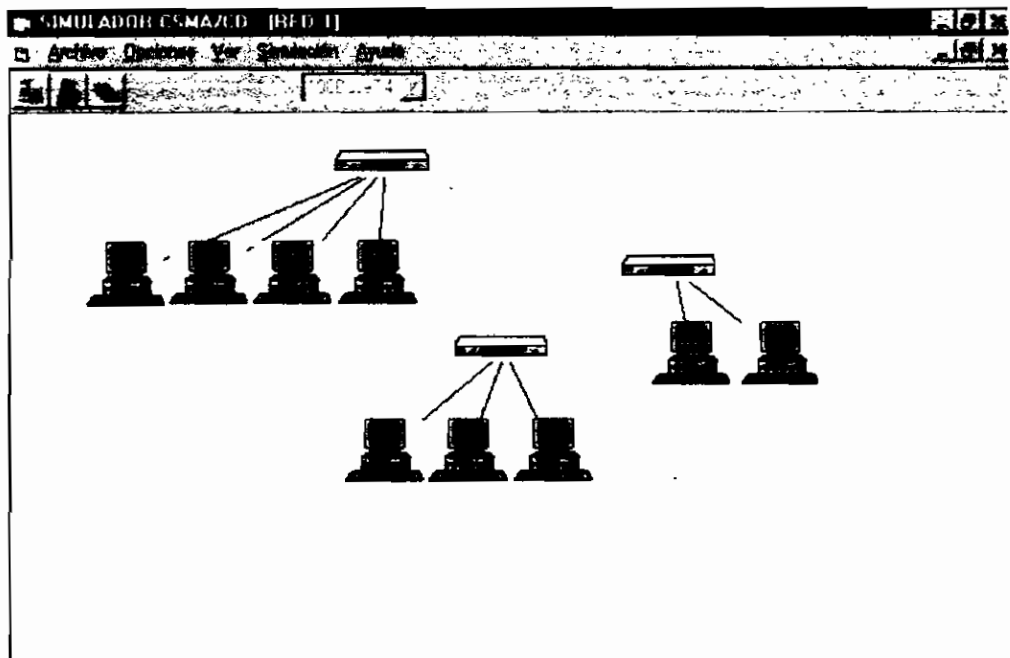
El menú Ayuda presenta dos comandos: Tutorial y Acerca de Simulador CSMA/CD. El comando Tutorial permite el acceso al programa Tutor, el cual está diseñado como una ayuda similar, en su presentación, a las del sistema operativo Windows.

El comando Acerca de Simulador CSMA/CD, provee una información estándar de los programas para el ambiente Windows. Este carga un formulario con detalles sobre la versión y autores del programa.

4.3.2 Formulario de Trabajo



Es el formulario sobre el cual se van a colocar los diferentes elementos de la red, y es el único formulario en el programa que tiene la propiedad MDIchild habilitada (cargándose en consecuencia como un formulario secundario). Este formulario contiene una barra de botones y los diferentes controles gráficos necesarios para el diseño de la red.



En la barra de botones se ha colocado un control ComboBox, y tres botones que cargan en el formulario tres controles: Hub, PC, y Coaxial. Estos controles han sido creados específicamente para este programa, ya que no forman parte del grupo de controles estándar presentes en Visual Basic 5 y son implementados en base a controles Picture Box añadiéndole diferentes propiedades y eventos.

Con el control ComboBox se da la opción al usuario de escoger el tipo de red a diseñar y simular.

Cuando se trabaja en el diseño de la red se utilizan matrices de controles, las cuales crean dinámicamente nuevos controles según el usuario lo necesite. Esto se realiza con la finalidad de optimizar la memoria del sistema.

Dentro del formulario de trabajo, pero a nivel de código, se encuentran las subrutinas que realizan la simulación de la TX de datos y del protocolo; y para el caso de redes con hub, las subrutinas para la topología de la red. Dichas subrutinas son ubicadas en este formulario, ya que es precisamente en éste donde se encuentra la información concerniente a la red; es decir, el número de estaciones, las distancias, etc. Es importante notar que el llamado a estas subrutinas se produce desde el formulario de simulación.

Las subrutinas de simulación, toman el valor del intervalo inicial de tiempo ingresado en el formulario de Simulación y a cada una de las PCs presentes en la red a simular se les asigna un tiempo aleatorio de inicio de la transmisión. Posteriormente, dentro del intervalo se realiza un análisis en base a los tiempos de retardo de la transmisión producidos por el proceso de deferencia de portadora (refiérase a 4.1.2) y por la propagación en el medio. Si se presentan coincidencias en el uso del medio entre dos o más PCs en un instante de tiempo será debido a la presencia de una colisión; si este es el caso, la subrutina de backoff entra en operación.

Con un análisis similar, y utilizando los tiempos de transmisión de las tramas, se determinan los intervalos de tiempo durante los cuales una PC encuentra el canal ocupado. Cuando una PC encuentra el canal ocupado, una subrutina denominada defer (deferencia) entra en operación y se encarga de retardar el tiempo de inicio de transmisión hasta encontrar el canal libre.

El proceso antes descrito se repetirá hasta que todas las PCs han transmitido su información sobre la red.

Para guardar toda la información necesaria, y los tiempos resultantes de cada PC, se define un tipo de dato denominado Computadora, usando el comando Type de Visual Basic 5 de la siguiente forma:

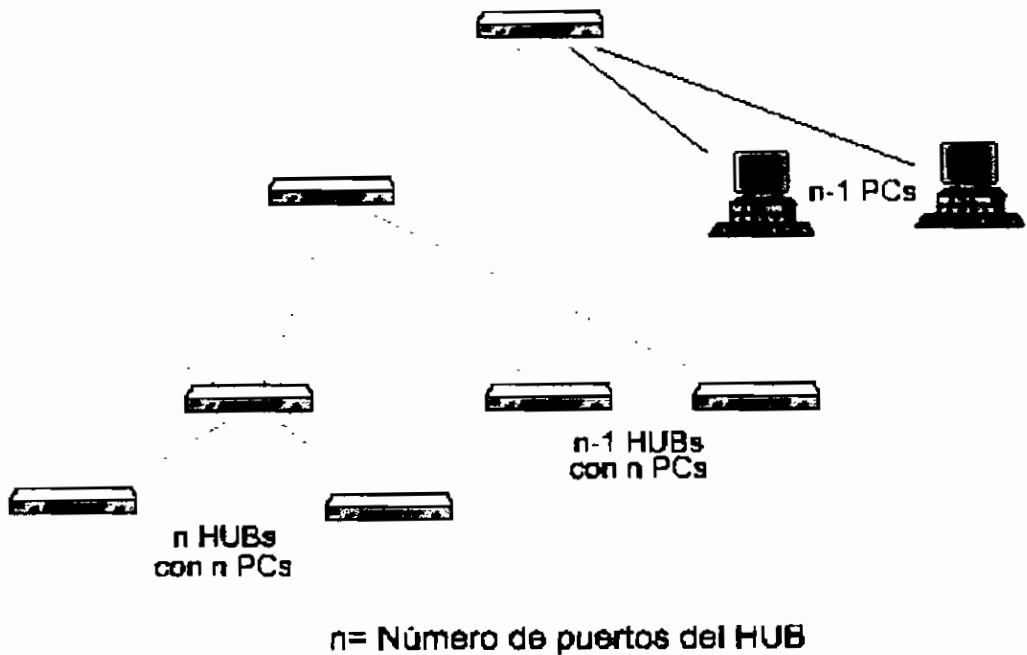
Public Type Computadora

```
valorderespaldo As Integer  
verdaderespaldo As Boolean  
carga As String  
TiempodeTX As Single  
tiempoinicial As Single  
tiempodedatos As Single  
IniciodeTX As Single  
Realiniciotx As Single  
FindeTX As Single  
Ocupado As Boolean  
Colision As Boolean  
TXconError As Boolean  
TXok As Boolean  
numeroderetransmisiones As Integer  
numerodecolisiones As Integer  
ColisionConcecutiva As Boolean  
numerodeocupados As Long  
intentosdebackoff As Byte  
numerodebackoffs As Integer  
backoffs() As Single  
Tramas As Integer  
ultimatrama As Single  
variastramas As Boolean  
aCuallIUB As Byte  
nivel As Byte  
distancia As Single
```

End Type

Esta declaración se realiza dentro del módulo Variables Públicas del programa.

La subrutina Topología es usada cuando el usuario ha seleccionado la opción de múltiples PCs en el formulario de información del PC. La topología de una red con hubs en este caso es fija. Esta subrutina realiza el cálculo de cuantos hubs se necesitan para el número de PCs dado, y los organiza de acuerdo a la siguiente topología:



La subrutina Topología hace un llamado a otra subrutina que calcula las distancias entre PCs, y con esta información se llena una matriz de tiempos entre PCs, que se utilizan para la simulación.

4.3.3 Formulario de Simulación

Simulación

Inicio | Resultados | Modo Diseño

Intervalo de Simulación

20000 µS

Simulación Terminada

Con la presentación de este formulario se da inicio al proceso de Simulación, en donde se presenta un cuadro de Texto que le permite al usuario ingresar el intervalo inicial de simulación. Este intervalo en conjunto con el valor de carga de cada PC definen la carga sobre la red.

Si se considera que el intervalo de simulación es el tiempo durante el cual las estaciones presentes en la red, de una manera aleatoria eligen el inicio de su transmisión, resulta claro que mientras más pequeño sea este las estaciones intentarán transmitir prácticamente en el mismo instante, lo que conlleva a una mayor carga sobre el medio y por ende a una mayor probabilidad de colisiones. A medida que el intervalo de simulación aumenta, las estaciones tendrán más tiempo para iniciar su transmisión, en cuyo caso la carga sobre el medio será menor y la probabilidad de colisiones disminuirá.

Este formulario posee además una barra de botones para iniciar la simulación, regresar al formulario de trabajo o cargar el formulario de presentación de resultados.

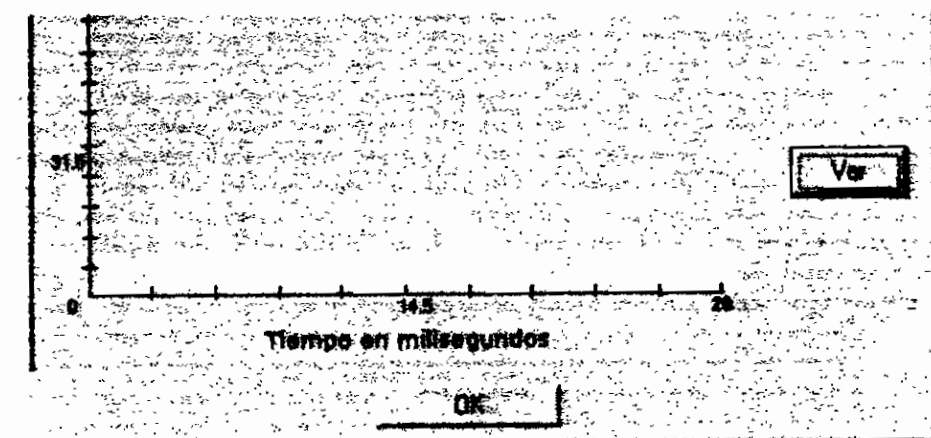
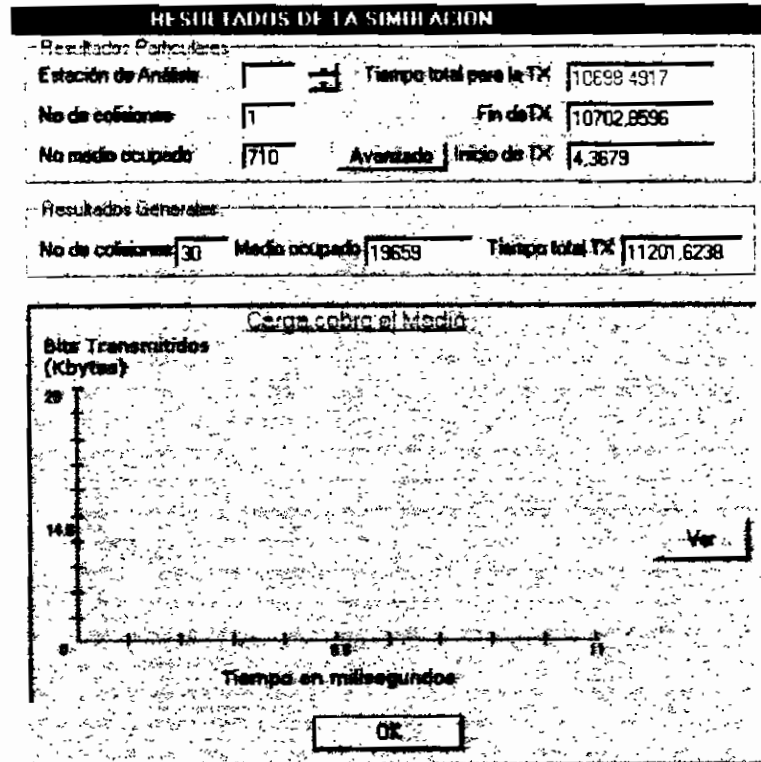
A nivel de código, es en este formulario donde se realiza el llamado a la subrutina Simulación del formulario de trabajo que en ese momento se encuentre activo. Otra subrutina importante de este formulario es aquella que realiza el cálculo de la carga sobre el medio; para esto se divide el tiempo total usado para la transmisión de las estaciones en intervalos pequeños, en cada uno de los cuales se calcula el número de bits transmitidos. Estos valores se guardan en una matriz que posteriormente se la utiliza para realizar el gráfico de la carga en función del tiempo.

4.3.3 Formulario de Presentación de Resultados

Es el formulario al cual debe ingresar el usuario luego de finalizada la simulación a fin de observar los resultados arrojados por la misma.

El formulario de Presentación de Resultados está compuesto básicamente de dos partes: la parte numérica, y la parte gráfica.

En la parte numérica se presentan al usuario los datos generales de la transmisión, y datos particulares de la transmisión de la PC seleccionada, por medio de un control llamado VscrollBar, el cual presenta dos botones en forma de flechas que permiten cambiar los datos presentados en los cuadros de texto.



La parte gráfica es básicamente un control PictureBox, el cual tiene la característica de poder contener controles adicionales; en él se ubican varios controles line para dibujar el eje de coordenadas y la graficación se lleva a cabo punto por punto con el comando Pset(X,Y). Para este proceso se utilizan los datos de la matriz de carga en el tiempo, datos que se escalan de tal manera de graficarlos en el formulario.

4.3.5 Formulario de Información Avanzada

Este formulario se selecciona por medio de un botón en el formulario de presentación de resultados y utiliza como dato el número de PC escogido. En el formulario de Información Avanzada se presentan los datos de los tiempos de transmisión de cada trama de la PC seleccionada.

Datos avanzados de la Transmisión

Múltiples tramas:

Total tramas transmitidas: 83

Trama: 60

Inicio de la TX: 7284.005638211

Fin de TX: 7406.085729599

Tiempo usado para la TX: 123.0398193001

Datos de Backoffs:

No de Backoffs: 5

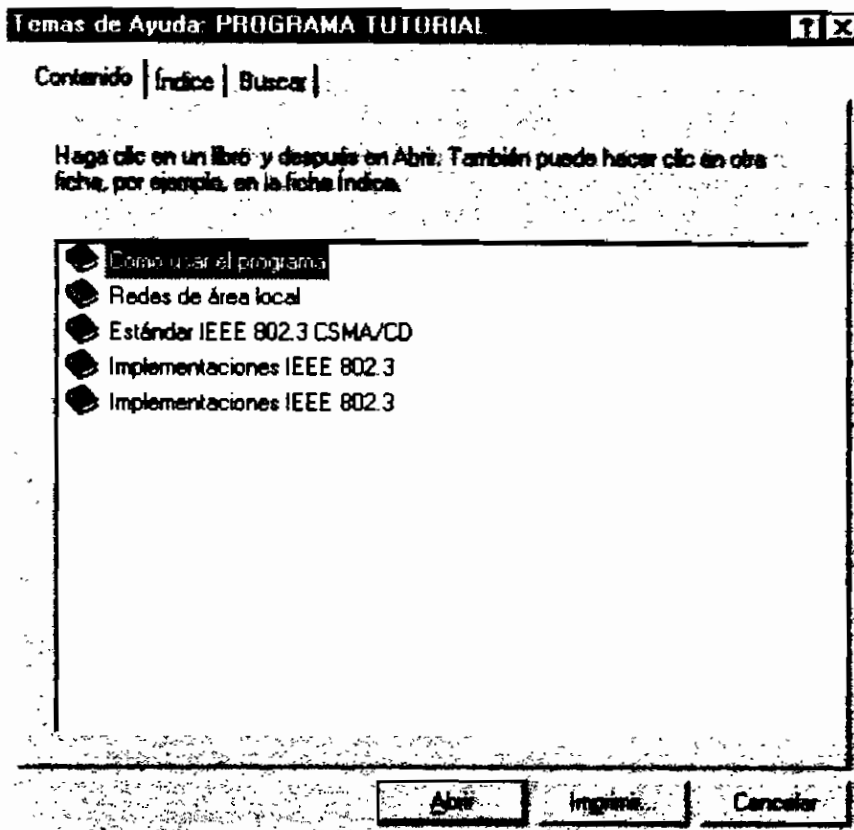
Backoff: 3

Retraso escogido: 1.536E-05 uS

OK

Además, se presenta información acerca del retraso escogido a través del backoff (si existiera colisión).

4.3.6 Formulario Tutorial



El programa Tutor ha sido elaborado de tal manera que este presente una interfaz uniforme con las aplicaciones ejecutadas bajo el ambiente del sistema operativo Windows, específicamente las ayudas proporcionadas por Windows.

Dentro del programa Tutor el usuario puede acceder a información acerca de cómo utilizar el programa simulador, los parámetros permitidos por el estándar para cada modelo de red seleccionado, e información adicional sobre las características propias de cada implementación incluida dentro del programa de simulación.

Para acceder a la ayuda provista por el programa Tutor, el usuario tiene la posibilidad de buscar un determinado tópico por medio de los libros presentes en pantalla (que contienen un tema específico) o por medio del índice, que en orden alfabético presenta los temas incluidos en el programa de ayuda.

La herramienta usada para la elaboración del programa Tutor es el programa RoboHelp incluido en el paquete WinHelp Office.

Dentro del presente capítulo se ilustran los resultados obtenidos con el programa simulador para distintas implementaciones de red y diferentes condiciones de operación.

Basándose en el análisis de los parámetros que influyen en la transmisión de redes de área local dados en la norma IEEE 802.3 se elabora un algoritmo de simulación. Una vez que una estación desea ocupar el medio para la transmisión de información las siguientes posibilidades pueden presentarse:

- a) La estación encuentra el medio libre y transmite sin problema.
- b) La estación encuentra el medio libre (por diferimiento de la transmisión de otra estación) y luego de iniciada la transmisión se produce una colisión.
- c) La estación encuentra el medio ocupado y difiere su transmisión para un intento posterior.
- d) La estación encuentra un medio con colisión postergando su transmisión para un intento posterior.

Las situaciones antes anotadas se pueden visualizar como intervalos de tiempo durante los cuales una estación puede transmitir, colisionar, o encontrar el medio ocupado.

Así, si una estación A desea transmitir en un tiempo t_1 , y la estación B en un tiempo t_2 , las transmisiones colisionarán en el intervalo:

$$t_1 - \text{Gap}/3 - t_{\text{propagación}} < t_2 < t_1 + \text{Gap}/3 + t_{\text{propagación}}$$

donde:

Gap = tiempo de espaciamento entre tramas

$t_{\text{propagación}}$ = tiempo de propagación de la señal entre las estaciones A y B.

La estación B encontrará el medio ocupado si:

$$t_1 + \text{Gap}/3 + t_{\text{propagación}} < t_2 < t_1 + \text{Gap}/3 + t_{\text{propagación}} + T_{\text{trama}}$$

donde:

T_{trama} = tiempo de duración de la trama transmitida por la estación A.

Finalmente, la estación B transmitirá con éxito si t_2 se encuentra fuera de los intervalos antes anotados.

Es importante anotar que el comportamiento descrito anteriormente se da para el caso sencillo de una red conformada por dos estaciones, sin embargo, si la red tiene más de dos estaciones (lo cual es obvio en aplicaciones reales) la inspección de los intervalos de tiempo deberá ser realizada entre todas y cada una de las estaciones conformando la red bajo análisis.

En las siguientes cláusulas, a manera de tablas, se ilustran la topología y las condiciones de operación de la red motivo de análisis, en tanto que los resultados se muestran por medio de pantallas capturadas durante la ejecución del programa simulador.

Adicionalmente, dentro de cada modelo considerado en el presente capítulo se ha trabajado con diferentes intervalos de simulación, que como se ha mencionado anteriormente determinan la carga generada sobre el medio de transmisión. Así, los valores han sido elegidos a fin de ilustrar la manera como la carga generada sobre el medio afecta a parámetros tales como: el número de colisiones, el número de ocasiones en que una estación encuentra el canal ocupado, y el tiempo requerido por una estación para la transmisión de su información. Estos parámetros proveerán una idea acerca de la eficiencia del método de acceso CSMA/CD.

5.1 Pruebas de Simulación en redes de 1 Mb/s

La Tabla 5-1 lista las características de una red 1BASE5.

Implementación	Estaciones	Carga*	Distancia (estación a hub)**
1BASE5	50	40000 bits por cada estación	200 m
1BASE5	50	40000 bits por cada estación	200 m

* El valor de carga puede ser modificado para cada estación de acuerdo a los requerimientos del usuario.

** Los valores de distancia pueden ser diferentes para cada estación, pero se han considerado aquellos valores cercanos al límite dado por el estándar buscando la peor condición de operación.

Tabla 5-1. Características del modelo de 1 Mb/s

Las Figuras 5-1 y 5-2 muestran los resultados obtenidos en el modelo bajo análisis para los intervalos de simulación de 2 s y 10 s respectivamente.

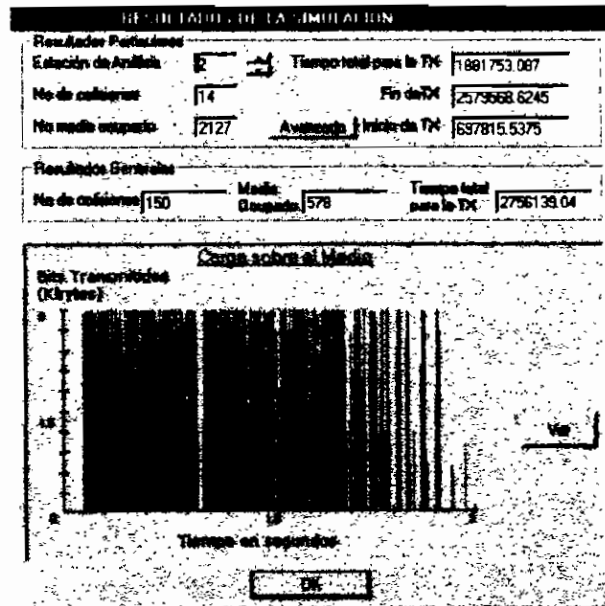


Figura 5-1. Modelo 1BASE5 en 2 s.

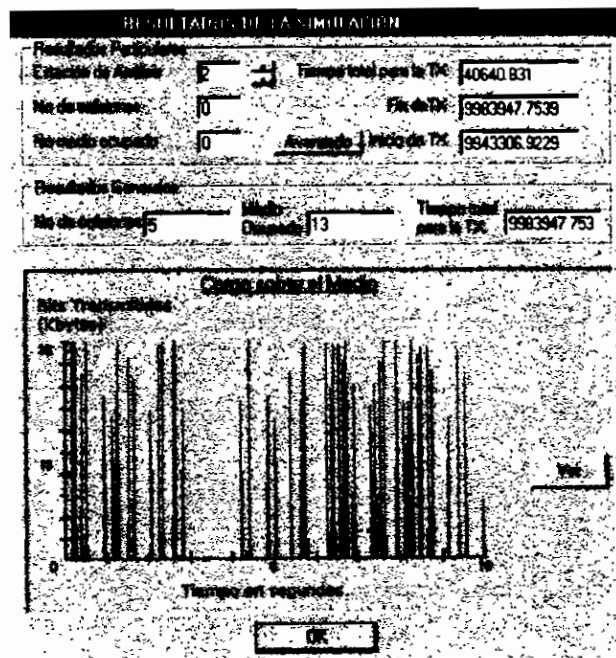


Figura 5-2. Modelo 1BASE5 en 10 s.

5.2 Pruebas de Simulación en redes de 10 Mb/s

Una gran variedad de implementaciones de 10 Mb/s están disponibles en el mercado de redes de área local. La Tabla 5-2 lista las características de los modelos bajo análisis.

Implementación	Estaciones	Carga*	Distancia (m)**	Intervalo de simulación (s)
10BASE5	50	40000 bits	5	0.2
10BASE5	50	40000 bits	5	0.5
10BASE5	50	40000 bits	5	1
10BASE2	30	40000 bits	5	.001
10BASE2	30	40000 bits	5	.002
10BASE2	30	40000 bits	5	.2
10BASE-T	50	0.5 Mb	80	8
10BASE-T	50	0.5 Mb	80	10
10BASE-T	50	0.5 Mb	80	15
10BASE-FL	50	0.5 Mb	300	10
10BASE-FL	50	0.5 Mb	300	15
10BASE-FL	50	0.5 Mb	300	18

* El valor de carga puede ser modificado para cada estación de acuerdo a los requerimientos del usuario.

** Los valores de distancia pueden ser diferentes para cada estación, pero se han considerado aquellos valores cercanos al límite dado por el estándar, buscando las peores condiciones de operación. Para el caso de redes de topología estrella distancia es igual a la longitud del segmento de enlace que une una estación a un hub; en tanto que para topologías tipo bus distancia es igual a la longitud de separación entre dos estaciones contiguas (este valor puede ser modificado por el usuario).

Tabla 5-2. Características de los modelos de 10 Mb/s

Las Figuras 5-3 a 5-12 ilustran los resultados arrojados por la simulación para los diferentes modelos considerados.

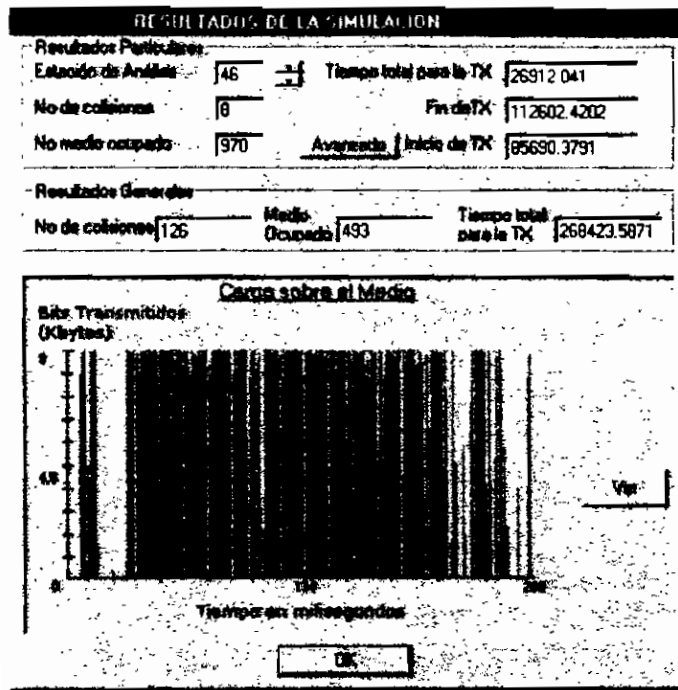


Figura 5-3. Modelo 10BASE5 en 0.2 s

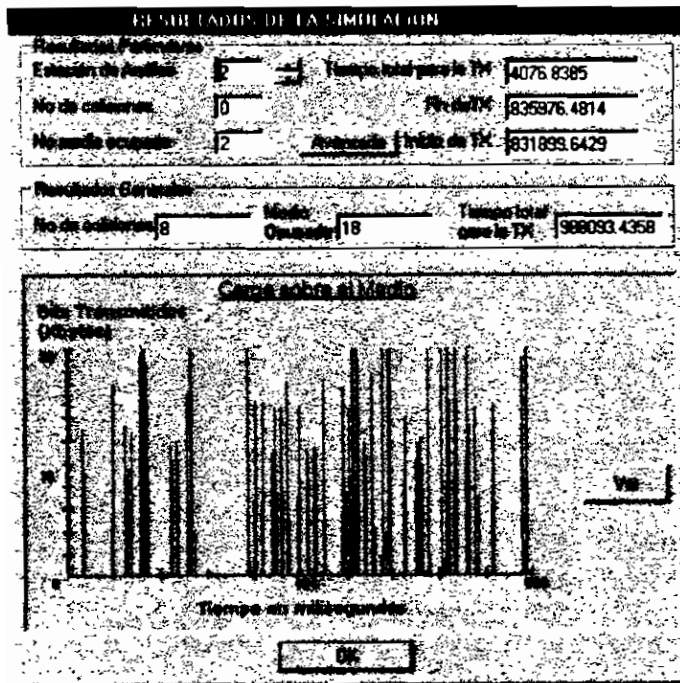


Figura 5-4. Modelo 10BASE5 en 1 s.

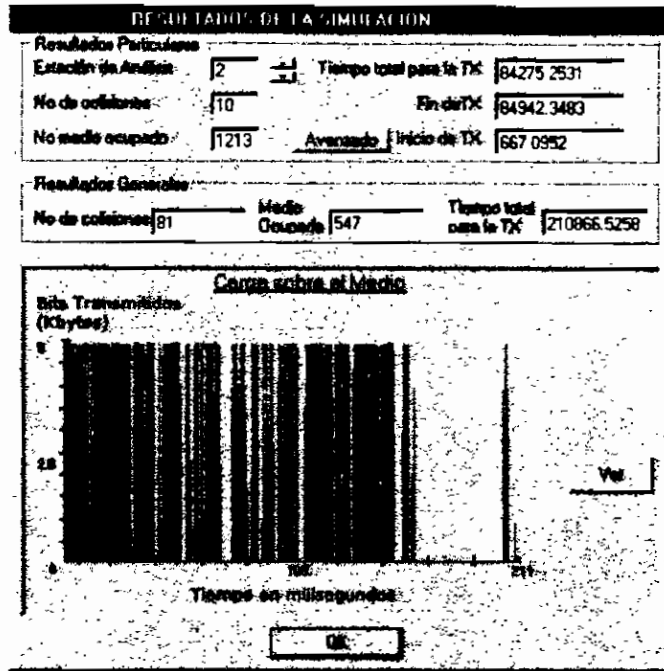


Figura 5-5. Modelo 10BASE2 en 1000 μ s

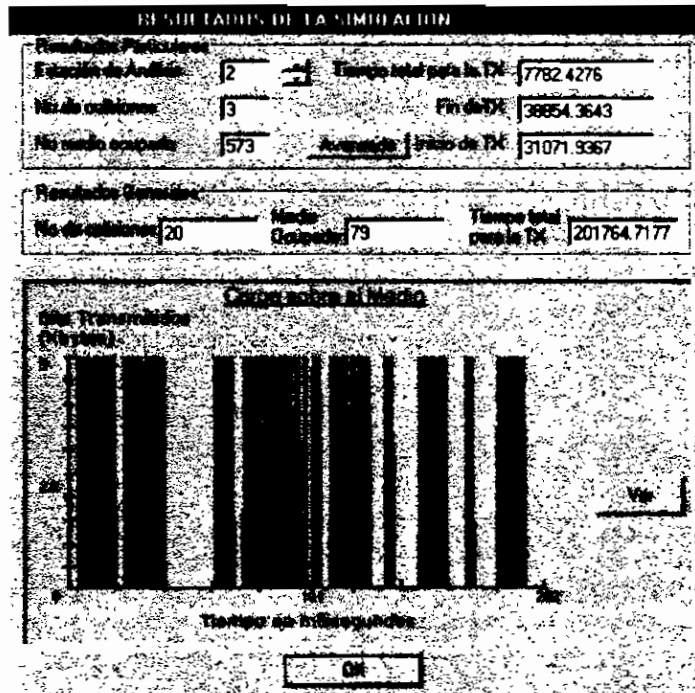


Figura 5-6. Modelo 10BASE2 en 0.2 s.

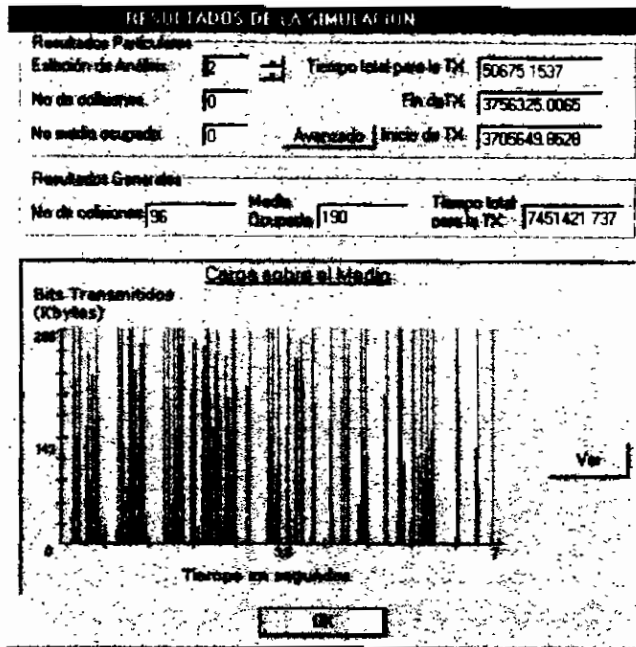


Figura 5-7. Modelo 10BASE-T en 8 s.

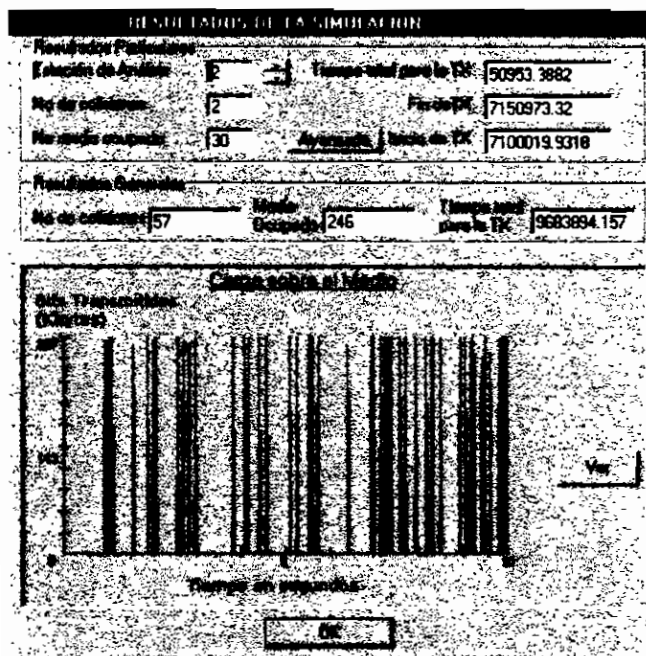


Figura 5-8. Modelo 10BASE-T en 10 s.

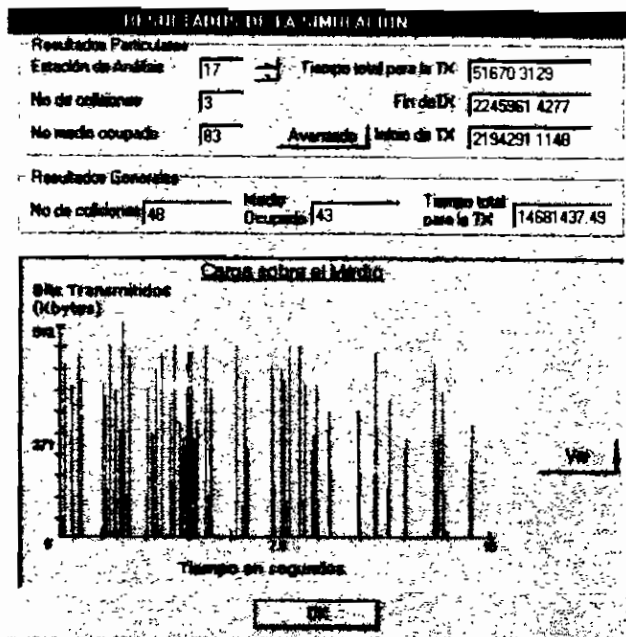


Figura 5-12. Modelo 10BASE-FL en 15 s.

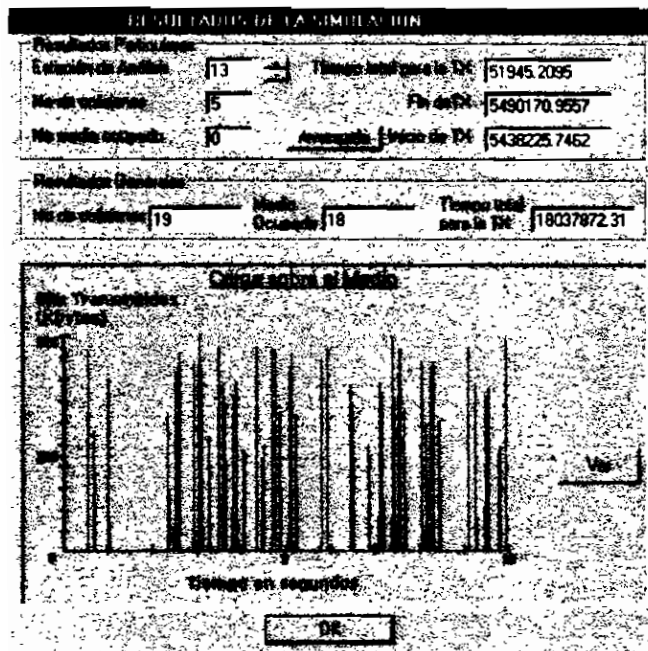


Figura 5-11. Modelo 10BASE-FL en 18 s.

5.3 Pruebas de Simulación en redes de 100 Mb/s

Tres variedades de implementaciones CSMA/CD de 100 Mb/s son consideradas dentro del programa de simulación. La Tabla 5-3 lista las características de los modelos bajo análisis.

Implementación	Estaciones	Carga*	Distancia (m)**	Intervalo de simulación (s)
100BASE-T4	50	1 Mb	80	2.3
100BASE-T4	50	1 Mb	80	2.5
100BASE-T4	50	1 Mb	80	3
100BASE-TX	50	1 Mb	80	2.3
100BASE-TX	50	1 Mb	80	2.5
100BASE-TX	50	1 Mb	80	3
100BASE-FX	50	1 Mb	200	2.3
100BASE-FX	50	1 Mb	200	2.5
100BASE-FX	50	1 Mb	200	3

* El valor de carga puede ser modificado para cada estación de acuerdo a los requerimientos del usuario.

** Los valores de distancia pueden ser diferentes para cada estación, pero se han considerado aquellos valores cercanos al límite dado por el estándar, buscando las peores condiciones de operación.

Tabla 5-3. Características de los modelos de 100 Mb/s

Las Figuras 5-13 a 5-21 ilustran los resultados arrojados por la simulación para los diferentes modelos considerados.

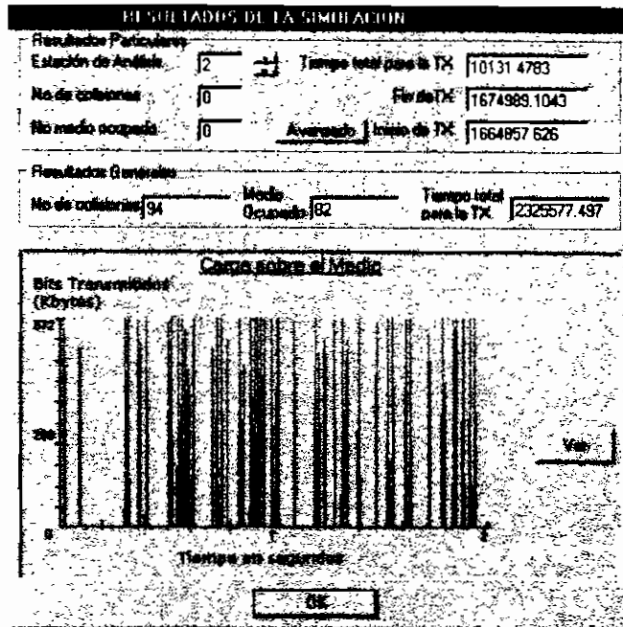


Figura 5-14. Modelo 100BASE-T4 en 2.3 s.

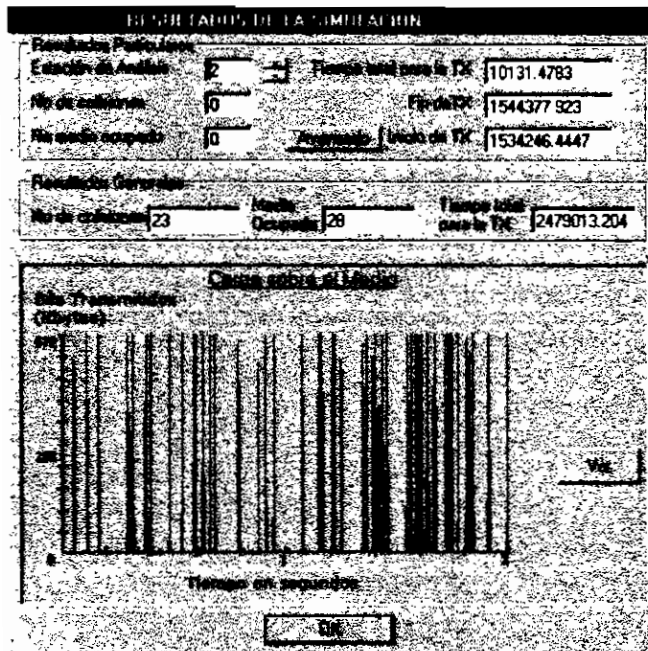


Figura 5-15. Modelo 100BASE-T4 en 2.5 s.

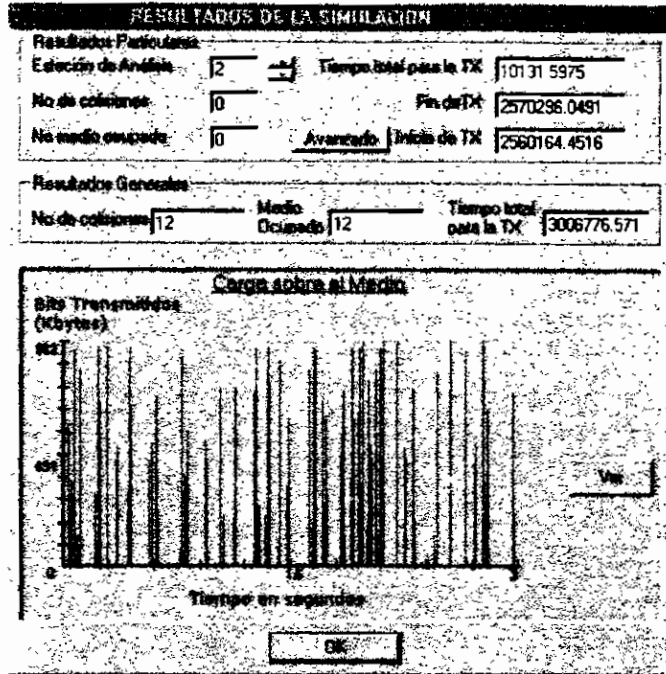


Figura 5-17. Modelo 100BASE-T4 en 3 s.

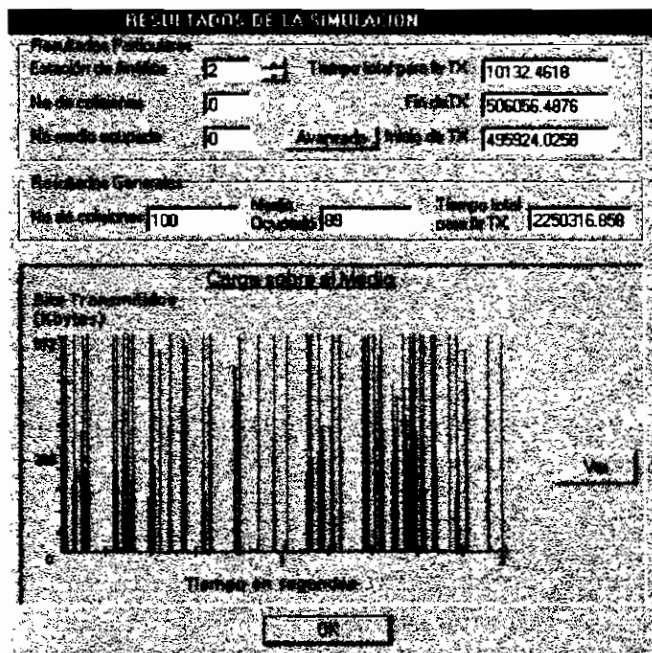


Figura 5-19. Modelo 100BASE-TX en 2.3 s.

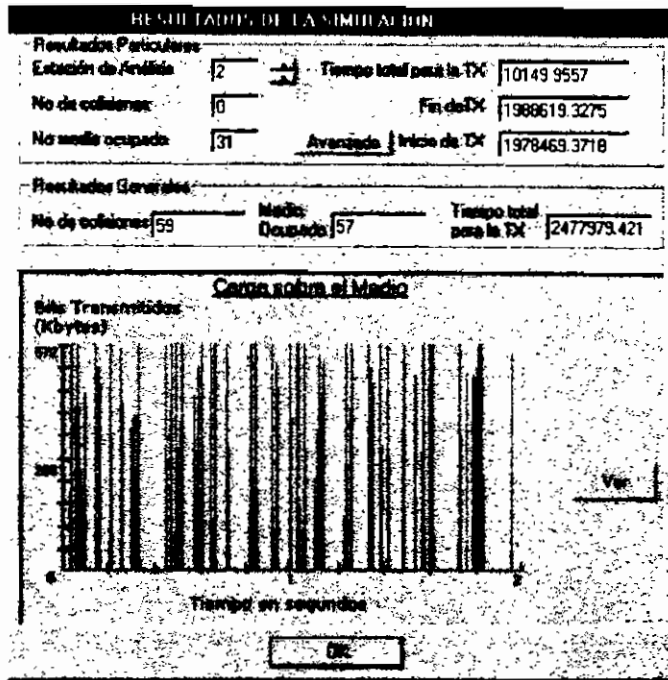


Figura 5-20. Modelo 100BASE-TX en 2.5 s.



Figura 5-21. Modelo 100BASE-TX en 3 s.

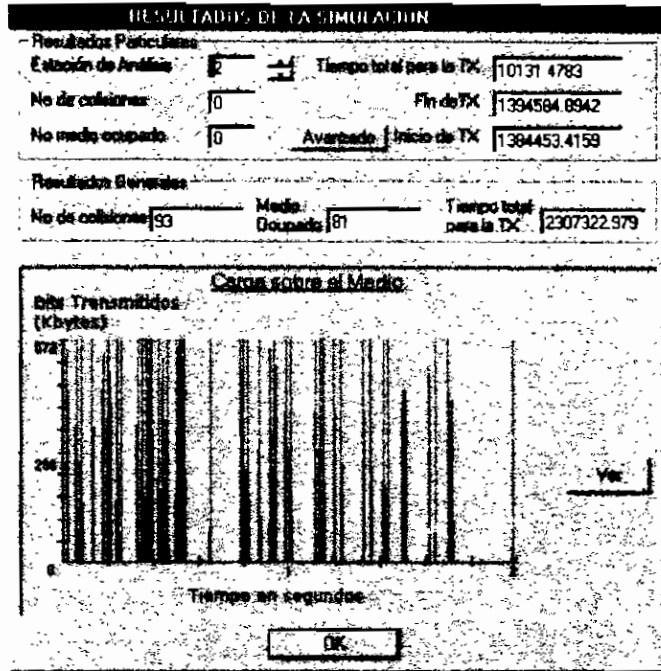


Figura 5-18. Modelo 100BASE-FX en 2.3 s.

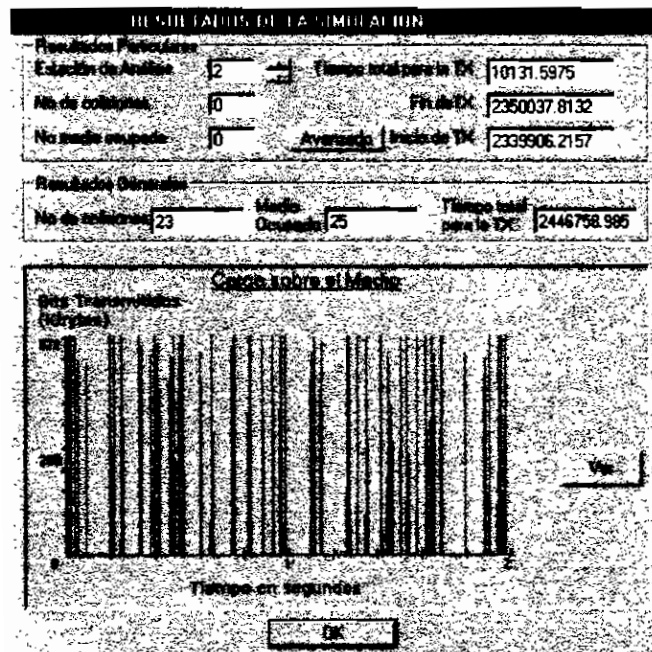


Figura 5-20. Modelo 100BASE-FX en 2.5 s.

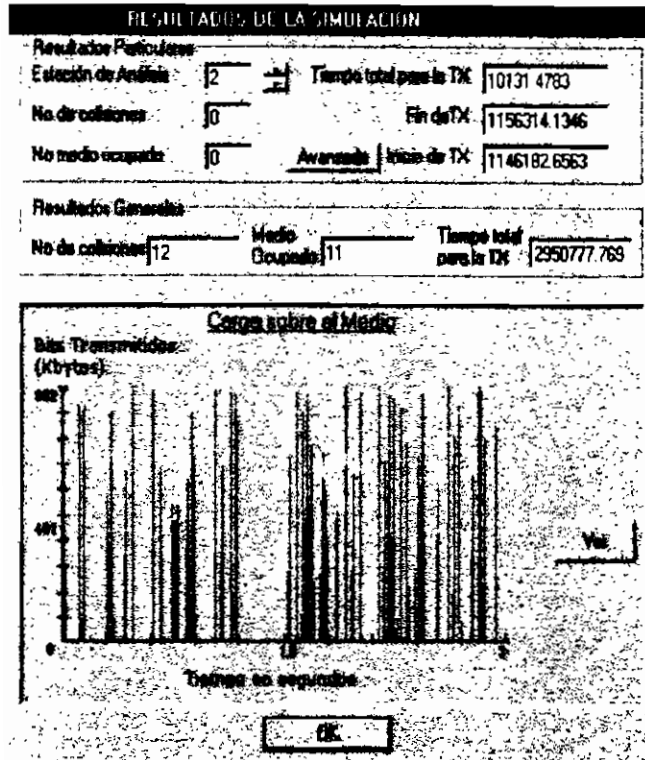


Figura 5-20. Modelo 100BASE-FX en 3 s.

- En la actualidad se utilizan principalmente redes “Ethernet” (estrictamente hablando redes IEEE 802.3) que usan par trenzado, y todas son por lo general implementadas empíricamente, en el sentido que no es posible determinar el comportamiento de la red ni sus futuras posibilidades de expansión sin la necesidad de implementarla físicamente.
- En el método CSMA/CD las colisiones disminuyen debido a la posibilidad de censar el canal y determinar cuando una colisión se presenta en el medio, a diferencia de lo que ocurría con el método CSMA. Una desventaja del método CSMA/CD es el desperdicio de ancho de banda ocasionado por la contienda que experimentan las estaciones por el medio de transmisión. Además, es insegura porque la información transmitida pasa por todas las estaciones, preséntandose el peligro de que esta sea utilizada por estaciones a las cuales no estaba direccionada.
- El CSMA/CD es un método “justo”, ya que todas las estaciones tienen la misma posibilidad de transmitir sobre el medio de transmisión de la red local. En algunos casos esta particularidad del método de acceso CSMA/CD puede ser benéfica para las estaciones que tienen poca necesidad de ocupar la red, pero para aquellas estaciones que tienen gran necesidad de ocupar el medio podría llegar a ser perjudicial.

- El método CSMA/CD presenta el problema de división del ancho de banda, precisamente por la contienda existente entre las estaciones a fin de ocupar el medio de transmisión.

- En redes de gran número de estaciones y que utilizan hubs, existe una topología bajo la cual se aprovecha al máximo el número de puertos de cada hub; así, el número máximo de estaciones en esta topología será $2n^2 - 1$ (sin rebasar el límite máximo dado por el estándar de 1024 estaciones), siendo n el número de puertos del hub(s).

- Los retardos atribuidos a los elementos activos de la red (MAUs, PHYs, hubs, y repetidores) incrementan el tiempo de transmisión requerido por una estación.

- Si se elige el intervalo dentro del cual las estaciones iniciarán la transmisión aleatoriamente, de una forma directa se están afectando las condiciones de carga sobre la red.

- Se observa que en una red con bajo número de estaciones, donde cada una de ellas transmite un bajo número de bits en un intervalo de simulación relativamente grande, las colisiones originadas y el número de ocasiones en que el medio está ocupado son bajos, debido a que la carga total generada sobre la red es pequeña.

- Para la red del caso anterior, si el número de bits a transmitir por cada estación se incrementa de manera significativa y el intervalo de simulación se mantiene, el número de colisiones originadas en la red será mayor, ya que la carga sobre la red ha aumentado por el incremento en el número de ocupaciones del canal que una estación requiere para transmitir su información (se transmite un mayor número de tramas).
- Si el intervalo de simulación es muy pequeño (100 ns), independiente de la cantidad de bits que deseen transmitir las estaciones, se genera una carga alta sobre la red ya que todas las estaciones intentan transmitir su información en el tiempo más pequeño posible, con lo que el número de colisiones tenderá a aumentar.
- En una red con un número grande de estaciones (y un intervalo de simulación T), el número de colisiones y el número de veces que el canal se encuentra ocupado aumenta por la contienda entre las estaciones presentes en la red.
- Para una red con un número muy grande de estaciones (> 200) con una cantidad alta de bits a transmitir en un intervalo de simulación relativamente pequeño (1 ms), la red podría llegar a un estado de sobrecarga, en cuyo caso la transmisión no puede ser concluida.

- Con respecto a la velocidad de transmisión de datos, si se pudiera hacer trabajar a una red con idénticas condiciones de operación, excepto en su velocidad, por ejemplo a 10 Mb/s y 100 Mb/s, el número de colisiones y el número de ocasiones que una estación encuentra ocupado el canal en la red de mayor velocidad disminuye, debido a la disminución de los intervalos de tiempo de colisión y ocupación, respectivamente. Se concluye por tal que una red de 100 Mb/s ocupa el canal de una manera más eficiente que una red de velocidad igual a 10 Mb/s.
- A mayor distancia de separación entre las estaciones en una red existe una mayor probabilidad de colisión debido a que a la señal de ocupación del canal le toma más tiempo en propagarse. Este parámetro afecta en mayor medida a las redes de velocidad superior, ya que en estas el tiempo de propagación es comparable con el tiempo de duración de un bit.
- El programa presentado en este trabajo constituirá una herramienta muy útil al momento de evaluar las diferentes implementaciones de redes de área local existentes en el mercado computacional y que usan el protocolo CSMA/CD como mecanismo de acceso al medio.
- Con el fin de proveer una herramienta más completa sería ideal ampliar el programa simulador para que este trabaje con los

Acoplador de estrella pasiva: Un componente de un segmento mezclado de fibra óptica 10BASE-FP que divide la potencia óptica recibida en cualquiera de los N puertos de entrada entre los N puertos de salida. La división de la potencia óptica es aproximadamente uniforme.

Auto-Negociación: Algoritmo que permite a dos dispositivos en ambos extremos de un segmento de enlace negociar una función de servicio de datos común.

Baudio: Una unidad de señalización de velocidad, expresada como el número de tiempos por segundo que la señal puede cambiar el estado eléctrico de la línea de transmisión a otro medio. Nota - Dependiendo de las estrategias de codificación, un evento de señal puede representar un simple bit, más, o menos que un bit.

Bit de código: En 100BASE-X, la unidad de datos pasada a través de la interface de servicio PMA, y el más pequeño elemento de señalización usado para la transmisión sobre el medio. Un grupo de cinco bits de código constituye un grupo de código en el PCS 100BASE-X.

Brecha inter paquete: Un retardo o brecha de tiempo entre paquetes CSMA/CD pensado para proveer tiempo de recuperación inter-trama para otras subcapas CSMA/CD y para el medio físico.

Cabecera: En 10BROAD36, la distribución en un sistema de banda ancha que sirve como la raíz para el ramaje de árbol comprendiendo

el medio físico; el punto al cual todos en límite convergen en el punto desde el cual todas las señales fuera de límite emanan.

Cable balanceado: Un cable constituido por uno o más elementos de cable metálico simétrico.

Cadena: El encapsulamiento de capa física de una trama MAC.

Caída de cable: En 10BROAD36, el pequeño diámetro flexible de cable coaxial del medio de banda ancha que conecta a un MAU.

Camino: La secuencia de segmentos y repetidores proveyendo la interconectividad entre dos DTEs en un simple dominio de colisión.

Canal: Una banda de frecuencias dedicado a un cierto servicio transmitido en el medio de banda ancha.

Celda de bit: El intervalo de tiempo usado para la transmisión de un simple dato (CD0 o CD1) o símbolo de control (CVH o CVL).

Centro de longitud de onda: El promedio de dos longitudes de onda ópticas en las cuales la intensidad de radiación del espectro es 50% del valor máximo.

dBmV: Decibelios referidos a 1.0 mV medido en la misma impedancia.

Detección paralela: En Auto-Negociación, la habilidad para soportar tecnología específica de señalización de enlace mientras se detecta también la secuencia NLP o la secuencia FLP.

Dominio de colisión: Una simple red CSMA/CD. Si dos o más subcapas MACs están dentro del mismo dominio de colisión y ambos transmiten en el mismo tiempo, una colisión ocurrirá. Subcapas MAC separadas por un repetidor están en el mismo dominio de colisión.

Subcapas MAC separadas por un puente están dentro de diferentes dominios de colisión.

DTE (Equipo Terminal de Datos): Cualquier fuente o destino de datos conectado a la LAN.

Enlace de par trenzado: Un cable de par trenzado más el hardware de conexión.

Enlace inter repetidor: Un mecanismo para interconectar dos y solamente dos repetidores.

Enlace simplex de fibra óptica: Un simple camino de fibra entre dos MAUs o PHYs, incluyendo los conectores de terminación, constituido de dos a más fibras juntas en serie con dispositivos apropiados de conexión.

FOMAU: Un MAU para aplicaciones de fibra óptica.

FOPMA: Para 10BASE-F, la porción del FOMAU que contiene la circuitería funcional.

FWHM: Ancho de espectro, máxima ancho total medio. La diferencia absoluta entre las longitudes de onda en las cuales la intensidad del espectro radiante es 50% del máximo.

Grupo binder de cables de par trenzado: Un grupo de pares trenzados dentro de un cable que contiene un bulto simultáneamente.

Grupo de código: Para IEEE 802.3, un conjunto de símbolos de código representando datos codificados o información de control. Para 100BASE-T4, un conjunto de seis símbolos ternarios que, cuando representan datos, transporta un octeto. Para 100BASE-TX y

100BASE-FX, un conjunto de cinco bits de código que, cuando representan datos, transporta un nibble.

Interface de cable coaxial: La interface eléctrica y mecánica al medio de cable coaxial compartido o contenido dentro o conectado al MAU: También conocido como el MDI.

LSDV: Valor de retardo de enlace. Un número asociado con un segmento dado que representa el retardo sobre ese segmento usado para evaluar los retardos de camino para redes CSMA/CD de 100 Mb/s.

Nibble: Un grupo de cuatro bits de datos. La unidad de intercambio de datos sobre el MII.

NRZI: No retorno a cero, invertido en unos. Una técnica de codificación donde una transición de polaridad representa un uno lógico. La ausencia de transición de polaridad representa un cero lógico.

NRZI-bit: Un bit de código en formato NRZI. La unidad de datos pasada a través de la interface de servicio PMD en 100BASE-X.

Octeto: Un byte compuesto de ocho bits.

Onda continua: Una portadora que no es modulada ni conmutada.

Página: En Auto-Negociación, la codificación para la palabra código de enlace.

Paquete: Consiste de una trama de datos, precedida por el preámbulo y el delimitador de inicio de trama, codificada apropiadamente para el tipo de PHY.

Par de fibra: Fibras ópticas interconectadas para proveer dos continuos caminos de luz terminados en cada extremo en un conector óptico.

Patch panel: Una conexión cruzada diseñada para acomodar el uso de patch cords.

PDV: Valor de retardo de camino. La suma de todos los valores de retardo de segmento para todos los segmentos a lo largo de un camino dado.

Pérdidas de retorno: En 10BROAD36, la razón en decibelios de la potencia reflejada desde un puerto a la potencia incidente al puerto.

Pérdidas de truncamiento: En una forma de onda de datos modulada, la diferencia de potencia antes y después que la implementación de filtrado necesaria para limitar su espectro para una banda de frecuencia especificada.

Peso de grupo de código 6T: La suma algebraica de los valores de los símbolos ternarios listados en la tabla de código 8B6T (para 100BASE-T4).

PHY: Entidad de Capa Física. La porción de la capa física entre el MDI y el MII constituida de las subcapas PCS, PMA, y si está presente PMD.

Postamble: En 10BROAD36, el patrón de bit añadido después del último bit de la secuencia de chequeo de trama por el MAU. El Delimitador de Fin de Trama de Banda ancha (BEOFDF).

Puente: Un dispositivo de capa 2 de interconexión de que no forma parte de un dominio de colisión CSMA/CD pero sino, aparece como una MAC al dominio de colisión.

Puerto: Un segmento o una interface IRL de una unidad de repetidor.

PVV: Variabilidad de retardo de camino. La suma de todos los valores de variabilidad de retardo de segmento para todos los segmentos a lo largo de un camino dado.

Razón de extinción: La razón del nivel bajo de potencia óptica al nivel alto de potencia óptica sobre un segmento óptico.

Repetidor: Una unidad de repetidor más sus interfaces de capa física asociados (MAUs o PHYs) y, si está presente, interfaces AUI o MII.

Retardo de grupo: En 10BROAD36, la tasa de cambio de la tasa total de cambio de fase, con respecto a la frecuencia, a través de un componente o sistema. La variación de retardo de grupo es la máxima diferencia en el retardo como una función de la frecuencia sobre la banda de frecuencias.

SDV: Valor de retardo de segmento. Un número asociado con un segmento dado que representa el retardo sobre ese segmento incluyendo repetidores y estaciones finales, si está presente, usado para evaluar los retardos de camino para redes CSMA/CD de 10 Mb/s.

Sección de cable coaxial: Una simple longitud de cable coaxial, terminado en cada extremo con un conector BNC macho.

Segmento: El medio de conexión, incluyendo conectores entre MDIs en una LAN CSMA/CD.

Segmento de cable coaxial: Una longitud de cable coaxial construida de una o más secciones de cable coaxial y conectores coaxiales, y terminados en cada extremo en su impedancia característica.

Segmento de enlace: El medio de conexión punto a punto full duplex entre dos y solamente dos MDIs.

Segmento de enlace de cable de fibra óptica: Una longitud de cable de fibra óptica que contiene dos fibras ópticas y comprendido de una o más secciones de cable de fibra óptica y sus medios de interconexión, con cada fibra óptica terminada en cada extremo en el conector óptico plug.

Segmento de enlace de par trenzado: En 10BASE-T, un enlace de par trenzado para conectar dos PHYs.

Segmento de enlace simplex: Un camino entre dos MDIs, incluyendo los conectores de terminación, constituido de uno o más segmentos par trenzado juntados en serie con dispositivos apropiados de conexión.

Segmento mezclado: Un medio que puede estar conectado a más de dos MDIs.

Señalización en banda: La transmisión de una señal usando una frecuencia que está dentro del ancho de banda del canal de información.

Señalización fuera de banda: La transmisión de una señal usando una frecuencia que está dentro del paso de banda de la transmisión

pero fuera de un rango de frecuencias nominalmente usada para la transmisión.

Servicio compartido: Una red CSMA/CD en la cual el dominio de colisión consiste de más que dos DTEs así que el ancho de banda total de la red es compartido entre ellos.

Servicio dedicado: Una red CSMA/CD en la cual el dominio de colisión consiste de dos y solamente dos DTEs así que el ancho de banda total de la red es dedicado para soportar el flujo de datos entre ellos.

Símbolo: La más pequeña unidad de transmisión de datos sobre el medio. Los símbolos son únicos para el sistema de codificación empleado.

Símbolo ternario: En 100BASE-T4, un elemento ternario de datos. Un símbolo ternario puede tener uno de tres valores: -1, 0, o +1.

Tabla de resolución de prioridad: La tabla de búsqueda usada por Auto-Negociación para seleccionar el tipo de conexión de red donde más de un modo común existe.

Tiempo de bit: La duración de un bit transferido a y desde la subcapa MAC.

Tiempo de símbolo: La duración de un símbolo como transferido a y desde el MDI vía un simple par de cable. Es el recíproco de la velocidad de símbolo.

Traslación: En un sistema de cable simple 10BROAD36, el proceso por el cual transmisiones entrantes en una frecuencia son convertidas hacia otra frecuencia para transmisiones salientes.

Unidad de repetidor: La porción de un repetidor que está en la tarjeta interior de sus interfaces PMA/PLS o PMA/PCS.

Velocidad de bit: El número total de bits por segundo transferidos a o desde la subcapa MAC.

Velocidad de símbolo: El número total de símbolos por segundo transferido a y desde el MDI sobre un simple par de cable.

Voltaje modo común: El promedio algebraico instantáneo de dos señales aplicadas a un circuito balanceado, con ambas señales referidas a una referencia común.

Voltaje modo diferencial: La diferencia algebraica instantánea entre el potencial de dos señales aplicadas a los dos lados del circuito balanceado.

ANEXO A

Contacto	Circuito	Uso
3	DO-A	Salida de datos circuito A
10	DO-B	Salida de datos circuito B
11	DO-S	Salida de datos circuito blindado
5	DI-A	Entrada de datos circuito A
12	DI-B	Entrada de datos circuito B
4	DI-S	Entrada de datos circuito blindado
7	CO-A	Salida de control circuito A
15	CO-B	Salida de control circuito B
8	CO-S	Salida de control circuito blindado
2	CI-A	Entrada de control circuito A
9	CI-B	Entrada de control circuito B
1	CI-S	Entrada de control circuito blindado
6	VC	Voltaje común
13	VP	Voltaje más
14	VS	Voltaje blindado
Armazón	PG	Tierra de protección (Armazón conductiva)

Tabla A-1. Asignación de señales a los pines del conector AUI

(material 24 gauge maximum)

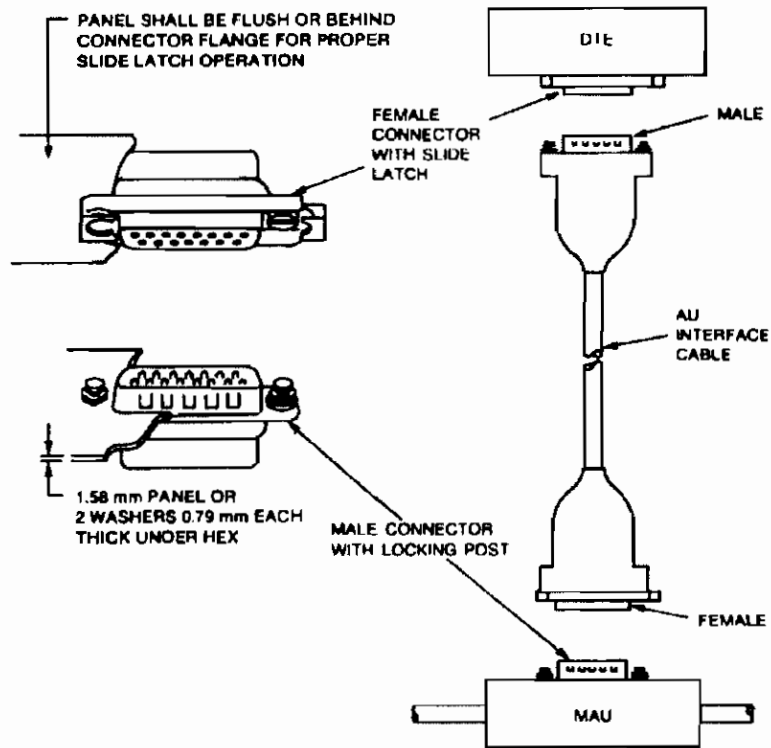


Figura A-1. Estructura del conector AUI

Registro de Control

Bit(s)	Nombre	Descripción	Lect/esc ^a
0.15	Reset	1 = reset de PHY 0 = operación normal	R/W SC
0.14	Loopback	1 = habilita modo loopback 0 = deshabilita modo loopback	R/W
0.13	Selección de velocidad	1 = 100 Mb/s 0 = 10 Mb/s	R/W
0.12	Habilitación de Auto-negociación	1 = habilita proceso de Auto-Negociación 0 = deshabilita proceso de Auto-Negociación	R/W
0.11	Baja potencia	1 = baja potencia 0 = operación normal	R/W
0.10	Aislamiento	1 = PHY aislado eléctricamente desde MII 0 = operación normal	R/W
0.9	Restauración de Auto-negociación	1 = restaura proceso de Auto-Negociación 0 = operación normal	R/W SC
0.8	Modo duplex	1 = full duplex ^b 0 = half duplex	R/W
0.7	Prueba de colisión	1 = habilita la prueba de la señal COL 0 = deshabilita la prueba de la señal COL	R/W
0.6:0	Reservado	Escritos como 0, ignorados en lectura	R/W

^a Lect/esc = lectura/escritura, SC = auto borrado (self-clearing)

^b Especificaciones para modo de operación full duplex son planeadas para futuras redes.

Tabla A-2. Asignación de los bits en el registro de control del interfaz MII

Registro de estado

Bit(s)	Nombre	Descripción	Lec/esc ^a
1.15	100BASE-T4	1 = PHY habilitado para ejecutar 100BASE-T4 0 = PHY no habilitado para ejecutar 100BASE-T4	RO
1.14	100BASE-X Full duplex ^b	1 = PHY habilitado para ejecutar full duplex 100BASE-X 0 = PHY no habilitado para ejecutar full duplex 100BASE-X	RO
1.13	100BASE-X Half duplex ^b	1 = PHY habilitado para ejecutar half duplex 100BASE-X 0 = PHY no habilitado para ejecutar half duplex 100BASE-X	RO
1.12	10 Mb/s Full duplex ^b	1 = PHY habilitado para operar en 10 Mb/s en modo full duplex 0 = PHY no habilitado para operar en 10 Mb/s en modo full duplex	RO
1.11	10 Mb/s Half duplex	1 = PHY habilitado para operar en 10 Mb/s en modo half duplex 0 = PHY no habilitado para operar en 10 Mb/s en modo half duplex	RO
1.10:7	Reservados	Ignore cuando se lea	RO
1.6	Tramas de administración con preámbulo suprimido	1 = PHY aceptará tramas de administración con preámbulo suprimido 0 = PHY no aceptará tramas de administración con preámbulo suprimido	RO
1.5	Auto-negociación completa	1 = proceso de Auto-Negociación completo 0 = proceso de Auto-Negociación no completo	RO
1.4	Falta remota	1 = condición de falta remota detectada 0 = condición de falta remota no detectada	RO/LH
1.3	Habilidad de Auto-Negociación	1 = PHY está habilitado para ejecutar Auto-Negociación 0 = PHY no está habilitado para ejecutar Auto-Negociación	RO
1.2	Estado de enlace	1 = enlace arriba 0 = enlace abajo	RO/LL
1.1	Detección de jabber	1 = condición de jabber detectada 0 = condición de jabber no detectada	RO/LH
1.0	Capacidad extendida	1 = capacidades de registro extendido 0 = conjunto de capacidades de registros básicos solamente	RO

^a RO = solamente lectura (read only), LL = Latching Low, LH = Latching High

^b Especificaciones para modo de operación full duplex son planeadas para futuras redes

Tabla A-3. Asignación de bits en el registro de estado del interfaz MII

Asignación de contactos

Contacto	Nombre de la señal	Significado
1	+ 5 V	
2	MDIO	Administración de entrada/salida de datos
3	MDC	Administración de reloj de datos
4	RXD<3>	Dato recibido 3
5	RXD<2>	Dato recibido 2
6	RXD<1>	Dato recibido 1
7	RXD<0>	Dato recibido 0
8	RX_DV	Habilitación de recepción
9	RX_CLK	Reloj de recepción
10	RX_ER	Error de recepción
11	TX_ER	Error de transmisión
12	TX_CLK	Reloj de transmisión
13	TX_EN	Habilitación de transmisión
14	TXD<0>	Dato transmitido 0
15	TXD<1>	Dato transmitido 1
16	TXD<2>	Dato transmitido 2
17	TXD<3>	Dato transmitido 3
18	COL	Detección de colisión
19	CRS	Censo de portadora
20	+ 5 V	
21	+ 5 V	
22	COMUN	
23	COMUN	
24	COMUN	
25	COMUN	
26	COMUN	
27	COMUN	
28	COMUN	
29	COMUN	
30	COMUN	
31	COMUN	
32	COMUN	
33	COMUN	
34	COMUN	
35	COMUN	
36	COMUN	
37	COMUN	
38	COMUN	
39	COMUN	
40	+ 5 V	

Tabla A-4. Asignación de pines del conector MII a señales del interfaz MII

ANEXO B

Transmisor			Receptor			
Portadora de datos	Frecuencia central de CE	Banda de transmisión	Traslación 156.25		Traslación 192.25	
			Headend local osc	Banda de recepción	Headend local os	Banda de recepción
43	52	35.75-53.75	245.75	192-210	192.25	228-246
49	58	41.75-59.75	257.75	198-216	192.25	234-252
55	64	47.75-65.75	269.75	204-222	192.25	240-258
+61	70	53.75-71.75	281.75	210-228	192.25	246-264
67	76	59.75-77.75	293.75	216-234	192.25	252-270
73	82	65.75-83.75	305.75	222-240	192.25	258-276

Frecuencias en MHz

Tabla B-1. Distribución de frecuencias del MAU 10BROAD36 en sistemas de cable simple

Portadora de datos	Frecuencia central de CE	Banda de datos	Banda de forzamiento de colisión
43	52	36-50	50-54
49	58	42-56	56-60
55	64	48-62	62-66
+61	70	54-68	68-72
67	76	60-74	74-78
73	82	66-80	80-84
235.25	244.25	228-242	242-246
241.25	250.25	234-248	248-252
247.25	256.25	240-254	254-258
253.25	262.25	246-260	260-264
259.25	268.25	252-266	266-270
265.25	274.25	258-272	272-276

NOTA:

1. Algunas de estas bandas opcionales son traslapadas.
2. La tolerancia de frecuencia de la portadora de datos deberá ser ± 25 kHz.
3. + denota las distribuciones de frecuencias preferidas.

Tabla B-2. Distribución de frecuencias del MAU 10BROAD36 en sistemas de cable dual

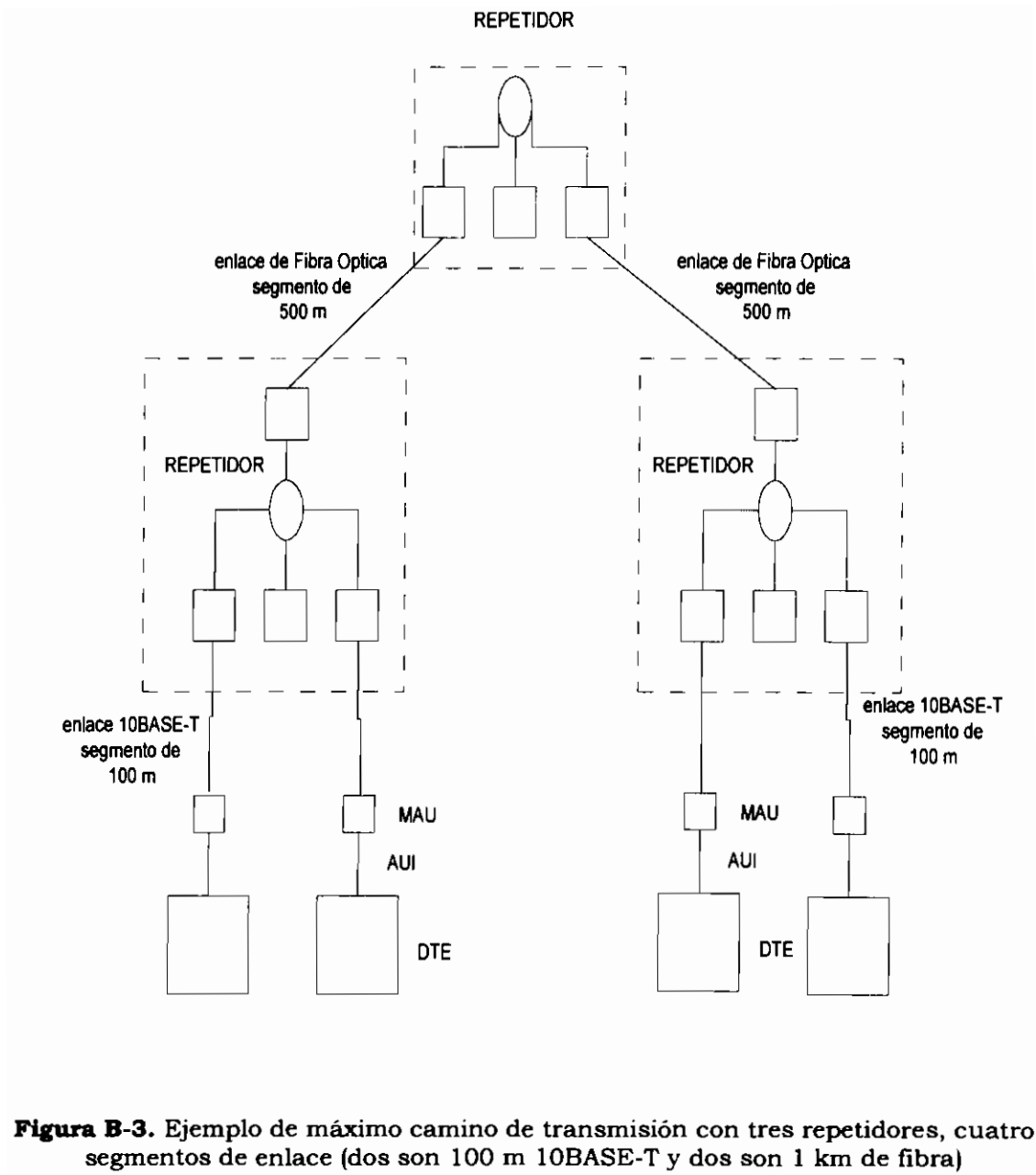


Figura B-3. Ejemplo de máximo camino de transmisión con tres repetidores, cuatro segmentos de enlace (dos son 100 m 10BASE-T y dos son 1 km de fibra)

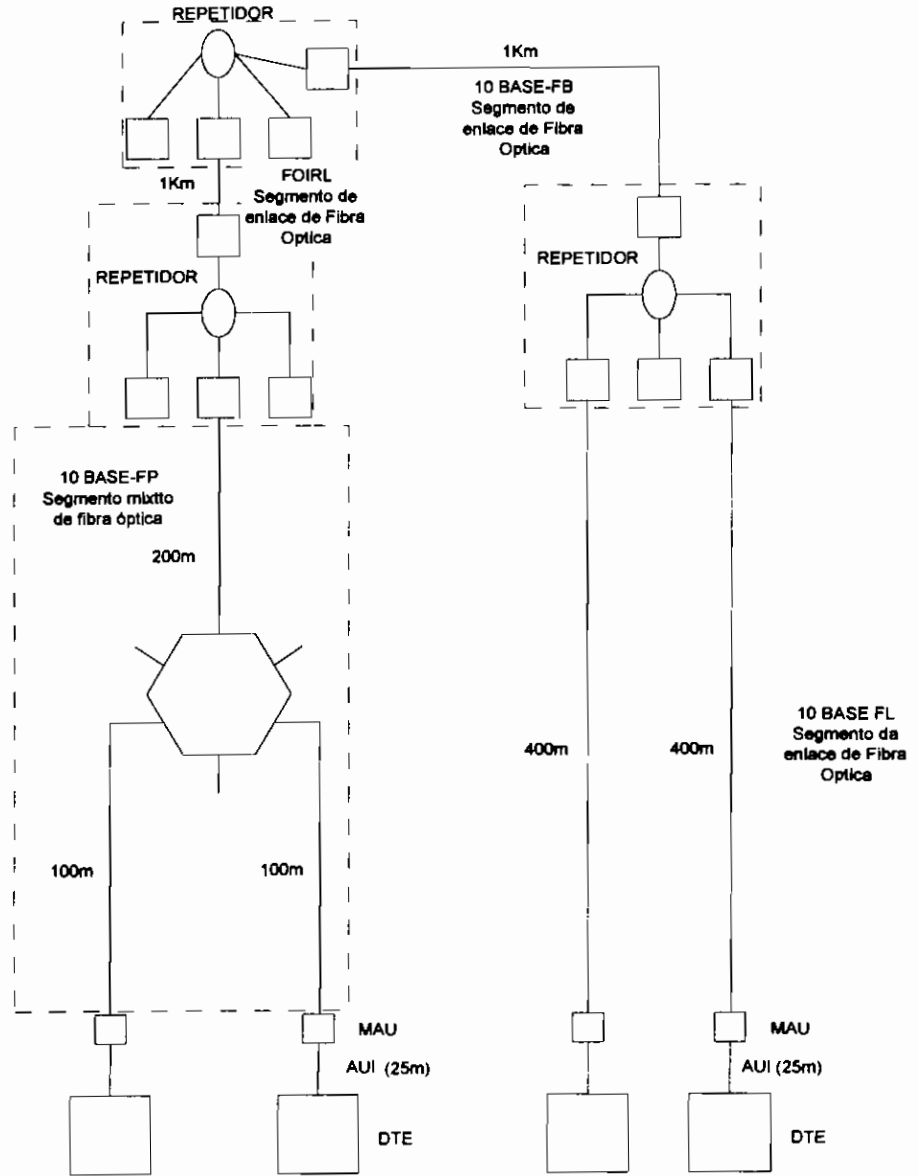


Figura B-4. Ejemplo de máximo camino de transmisión con tres repetidores, cuatro segmentos (uno 1 km 10BASE-FB, uno 1 km Enlace Inter-Repetidor de Fibra Optica, uno 400 m 10BASE-FL, y uno 300 m 10BASE-FP)

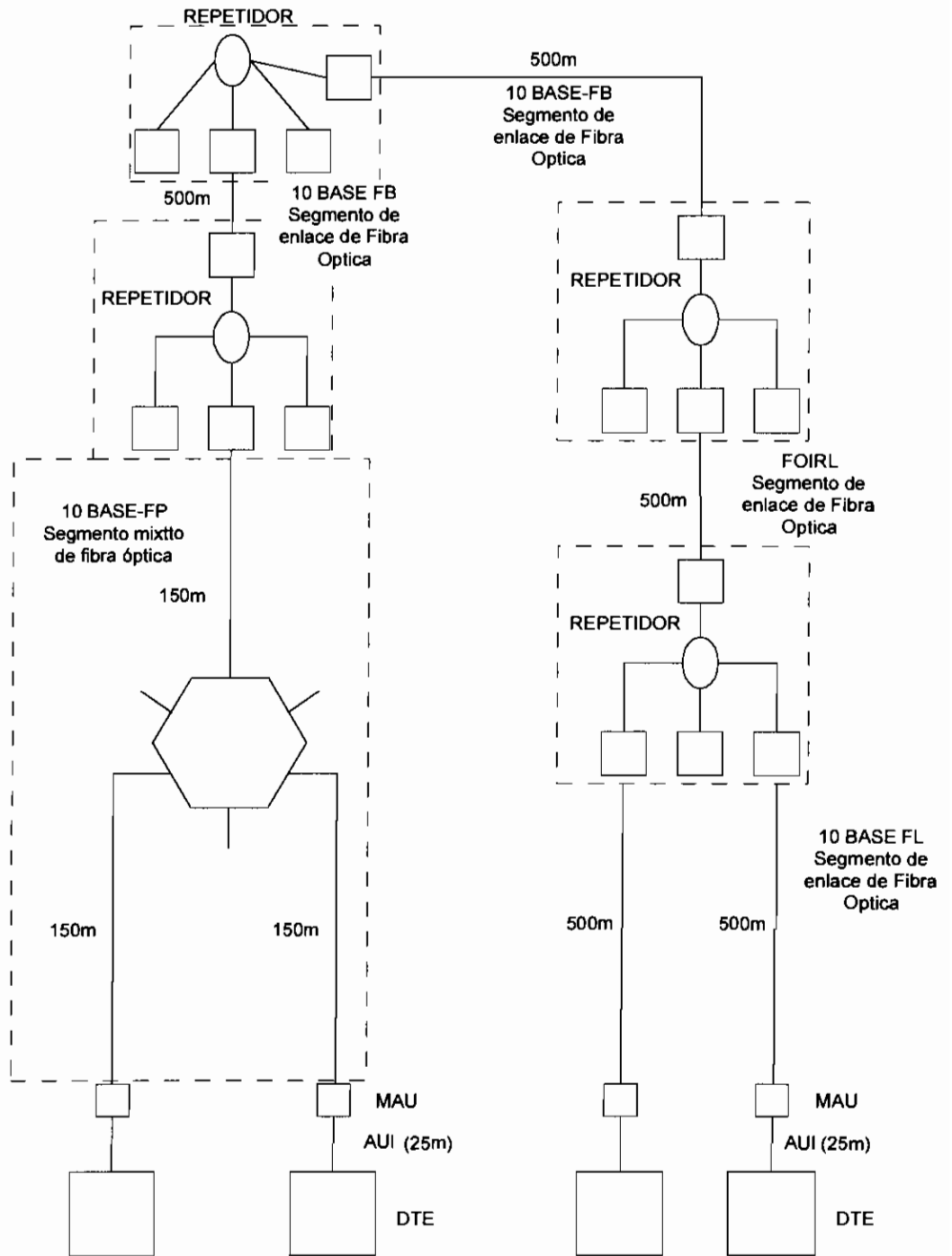


Figura B-5. Ejemplo de máximo camino de transmisión con cuatro repetidores, cinco segmentos (dos 500 m 10BASE-FB, uno 500 m Enlace Inter-repetidor de Fibra Optica, uno 500 m 10BASE-FL, y uno 300 m 10BASE-FP)

Tipo de Segmento	Máx Longitud	Extremo izquierdo		Segmento medio		Extremo derecha		RT retardo/metro
		Base	Máx	Base	Máx	Base	Máx	
10BASE 5 coax	500	11.75	55.05	46.5	89.8	169.5	212.8	0.08666
10BASE 2 coax	185	11.75	30.731	46.5	65.48	169.5	188.48	0.1026
FOIRL	1000	7.75	107.75	29	129	152	252	0.1
10BASE -T	100 ^a	15.25	26.55	42	53.3	165	176.3	0.113
10BASE -FP	1000	11.25	111.25	61	161	183.5	284	0.1
10BASE -FB	2000	N/A ^b	N/A ^b	24	224	N/A ^b	N/A ^b	0.1
10BASE -FL	2000	12.25	212.25	33.5	233.5	156.5	356.5	0.1
Exceso de longitud AUI	48	0	4.88	0	4.88	0	4.88	0.1026

^a Máxima longitud real del segmento depende de las características del cable.

^b No aplicable, 10BASE-FB no soporta conexiones extremas.

Tabla B-3. Valores de Retardo de Viaje Redondo en tiempos de bit (PDV no excede 572)

Tipo de segmento	Extremo de transmisión	Segmento medio
Coax	16	11
Enlace excepto 10BASE-FB	10.5	8
10BASE-FB	N/A ^a	2
10BASE-FP	11	8

^a No aplicable, 10BASE-FB no soporta conexiones extremas.

Tabla B-4. Valores de Variabilidad de Segmento en tiempos de bit (PVV no excede 49)

Octeto De datos	Grupo de Código 6T	Octeto de datos	Grupo de Código 6T	Octeto de datos	Grupo de código 6T	Octeto de datos	Grupo de código 6T
AC	+ - - + + -	C1	+ + - - - 0	D6	+ - + + 0 -	EB	+ 0 - - - +
AD	- - + - - +	C2	+ - + + - 0	D7	- + + + 0 -	EC	+ 0 - - + -
AE	- + - - + +	C3	- + + + - 0	D8	0 + 0 0 - +	ED	0 - - - + +
AF	+ - - - + +	C4	- + + 0 + -	D9	0 0 + - + 0	EE	- + 0 - + +
B0	0 - 0 0 0 +	C5	+ + - - 0 +	DA	0 + 0 - + 0	EF	+ 0 - - + +
B1	0 0 - 0 + 0	C6	+ - - - 0 +	DB	+ 0 0 - + 0	F0	+ - 0 0 0 +
B2	0 - 0 0 + 0	C7	- + + - 0 +	DC	+ 0 0 0 - +	F1	0 + - 0 + 0
B3	- 0 0 0 + 0	C8	0 + 0 0 + -	DD	0 0 + + 0 -	F2	+ - 0 0 + 0
B4	- 0 0 0 0 +	C9	0 0 + + - 0	DE	0 + 0 + 0 -	F3	- 0 + 0 + 0
B5	0 0 - + 0 0	CA	0 + 0 + - 0	DF	+ 0 0 + 0 -	F4	- 0 + 0 0 +
B6	0 - 0 + 0 0	CB	+ 0 0 + - 0	E0	+ - 0 + + -	F5	0 + - + 0 0
B7	- 0 0 + 0 0	CC	+ 0 0 0 + -	E1	0 + - - - +	F6	+ - 0 + 0 0
B8	- + - 0 0 +	CD	0 0 + - 0 +	E2	+ - 0 + - +	F7	- 0 + + 0 0
B9	- - + 0 + 0	CE	0 + 0 - 0 +	E3	- 0 + + - +	F8	- + 0 0 0 +
BA	- + - 0 + 0	CF	+ 0 0 - 0 +	E4	- 0 + + + -	F9	0 - + 0 + 0
BB	+ - - 0 + 0	D0	+ - + 0 - +	E5	0 + - - + +	FA	- + 0 0 + 0
BC	+ - - 0 0 +	D1	+ + - - + 0	E6	+ - 0 - + +	FB	+ 0 - 0 + 0
BD	- - + + 0 0	D2	+ - - - + 0	E7	- 0 + - + +	FC	+ 0 - 0 0 +
BE	- + - + 0 0	D3	- + + - + 0	E8	- + 0 + + -	FD	0 - + + 0 0
BF	+ - - + 0 0	D4	- + + 0 - +	E9	0 - + + - +	FE	- + 0 + 0 0
C0	+ - + 0 + -	D5	+ + - + 0 -	EA	- + 0 + - +	FF	+ 0 - + 0 0

Tabla C-1. Codificación 8B6T usada en 100BASE-T4

Tabla de Codificación 4B/5B

La Tabla C-2 especifica la interpretación asignada a cada grupo de código de cinco bits, incluyendo el mapeo al nibble (TXD o RXD) de señales de datos desde el MII.

Por claridad los nombres de grupos de código son mostrados entre /slashes/ en tanto que secuencias de grupos de código son mostradas en sucesión /1/2/...

D A T O S	Grupo de código PCS [4:0]	Nombre	MII (TXD/RXD <3:0>)	Interpretación
		43210		3210
	11110	0	0000	Dato0
	01001	1	0001	Dato1
	10100	2	0010	Dato2
	10101	3	0011	Dato3
	01010	4	0100	Dato4
	01011	5	0101	Dato5
	01110	6	0110	Dato6
	01111	7	0111	Dato7
	10010	8	1000	Dato8
	10011	9	1001	Dato9
	10110	A	1010	DatoA
	10111	B	1011	DatoB
	11010	C	1100	DatoC
	11011	D	1101	DatoD
	11100	E	1110	DatoE
	11101	F	1111	DatoF
	11111	1	indefinido	IDLE; Usado como código de relleno entre cadenas
C O N T R O L	11000	J	0101	SSD parte 1 de 2; siempre usado en pares con K
	10001	K	0101	SSD parte 2 de 2; siempre usado en pares con I
	01101	T	Indefinido	ESD parte 1 de 2; siempre usado en pares con R
	00111	R	Indefinido	ESD parte 2 de 2; siempre usado en pares con T
N O V A L I D O S	00100	H	Indefinido	Error de transmisión; usado para forzar señales erradas
	00000	V	Indefinido	Código no válido
	00001	V	Indefinido	Código no válido
	00010	V	Indefinido	Código no válido
	00011	V	Indefinido	Código no válido
	00101	V	Indefinido	Código no válido
	00110	V	Indefinido	Código no válido
	01000	V	Indefinido	Código no válido
	01100	V	Indefinido	Código no válido
	10000	V	Indefinido	Código no válido
11001	V	Indefinido	Código no válido	

Tabla C-2. Codificación 4B/5B usada en 100BASE-X

- Novell Education, Cursos 2000 Tecnologías de conectividad Manual del Alumno 1996.
- Tom Sheldon, Novell Netware 4 Manual de Referencia, Osborne Mc Graw-Hill, 1994.
- Andrew Hopper, Steven Temple, y Robin Williamson, Diseño de Redes Locales, Addison Wesley, 1989.
- Mischa Schwartz, Redes de Telecomunicaciones Protocolos, Modelado, y Análisis, Addison Wesley, 1994.
- George Friend, Jhon Fike, Charles Baker, y Jhon Bellamy, A fondo Transmisión de Datos y Comunicaciones, Amaya Multimedia, 1992.
- Nestor González, Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos, McGraw-Hill, 1987.
- Andrew S. Tanenbaum, Redes de Ordenadores, Tercera Edición, 1994.
- Marcelo Díaz, Diseño de la red de comunicaciones para el Banco Continental, Tesis Escuela Politécnica Nacional, 1997.
- Communication Systems Practical Guide to Intel's Connectivity Designs, Intel McGraw-Hill.
- Corrales Luis, Hardware de Computadores y Redes, Escuela Politécnica Nacional, 1997.
- Telecommunications Industry Association TIA/EIA, Telecommunications Building Cabling Standards, Siemon Cabling System, Global Engineering Documents, Englewood, Colorado, 1992.

- Wayne Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Segunda Edición, Prentice Hall Hispanoamericana, 1996
- Lantronix, Ethernet Tutorial, 1999.
- Black Box, Catalog, 1997.
- Data Comm WareHouse, Catálogo, 1998.
- Std ANSI/IEEE 802.3, ISO/IEC 8802-3. Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detection (CSMA/CD) Acces Method and Physical Layer specifications, 1997.
- Std ANSI/IEEE 802.3u. Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, Medium Attachment Units, and Repeater for 100 Mb/s Operation, Type 100 BASE-T, 1997.
- Std ANSI/IEEE 802.12. Demand Priority Access Method, Physical Layer, and Repeater Specification for 100 Mb/s Operation, 1997.
- Pablo Hidalgo, Folleto de Telemática, Escuela Politécnica Nacional, 1997.
- Serie Mundo Electrónico, Teleinformática y Redes de Computadoras, Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1984.
- Multimedia Editorial S.A. Tendencias Informáticas, México, 1997.