

03063

5

2a



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de  
Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades  
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas  
y en Sistemas

**SISTEMA COORDINADOR DE LA  
CAPA DE COMUNICACION DE DATOS DE LA  
Red - IIMAS**

**T E S I S**

Que presenta

**JESUS FRANCISCO NAVA MORALES**

Para obtener el grado de  
**Maestro en Ciencias de la Computación**

México, D. F.

**TESIS CON  
PALLA DE ORIGEN**

Marzo de 1988



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## PREFACIO

El presente trabajo, con el tema "Sistema Coordinador de la Capa de Comunicación de Red-IIMAS", se realizó con intención de obtener el grado de maestro en ciencias de la computación, muestra la capa de comunicación de la red de alta velocidad del IIMAS (Red-IIMAS). El escrito esta formado por seis capítulos. En el primero se trata, brevemente, el tópico de generalidades sobre redes de computadoras. El segundo capítulo presenta los antecedentes, objetivos y estado actual de la Red-IIMAS. En el siguiente, se exponen las Capas Física y de Enlace de Datos, bajo el contexto del modelo de referencia OSI. En el cuarto capítulo, se presenta la Capa de Comunicación de Datos (Capa de Comunicación) de la Red-IIMAS. En el quinto se establece el diseño de ésta capa. Para finalizar se mencionan los resultados y conclusiones productos del presente trabajo.

Quiero dar las gracias al Ing. Jaime Hernández Rubí por el tiempo dedicado a la dirección del trabajo de tesis, especialmente por sus recomendaciones para la implementación de la Capa de Comunicación de la Red-IIMAS y por la crítica constructiva a este documento. Agradesco sinceramente al M. en I. Luis Hugo Peñarrieta E., por su apoyo, dedicación y consejos que fueron una ayuda invaluable para llevar a su término el presente trabajo. También deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Federico Kuhlmann y al Dr. Héctor Haro por el tiempo dedicado a la lectura del documento de tesis y por sus acertados consejos y sugerencias para mejorar la versión final de este escrito. Hago patente mi reconocimiento al Dr. Alberto Tubilla y al Dr. Felipe Bracho por su crítica útil y franca.

Además, considero importante dar las gracias a la Sra. Alicia Castillo por el tiempo invertido y su gran ayuda en la corrección y redacción de este documento.

# Contenido

<b>1</b>	<b>Generalidades de Redes</b>	<b>1</b>
1.1	Evolución Histórica	1
1.2	Objetivos de las RC.	2
1.3	Clasificación de RC.	2
1.3.1	Clasificación de acuerdo a la distancia que cubren.	2
1.3.2	Clasificación por la técnica de conmutación.	2
1.3.3	Clasificación topológica.	4
1.3.4	Clasificación por el esquema de ruteo.	5
1.4	Arquitecturas de Redes.	5
1.4.1	Modelo teórico OSI.	6
1.5	Modelo OSI.	7
1.5.1	Capa Física.	7
1.5.2	Capa de Enlace de Datos.	8
1.5.3	Capa Inter-red.	8
1.5.4	Capa de Transporte.	8
1.5.5	Capa de Sesión.	9
1.5.6	Capa de Presentación.	9
1.5.7	Capa de Aplicación.	9
1.6	Arquitectura de algunas redes contra el modelo OSI	9
1.6.1	DECNET	9
1.6.2	SNA	10
1.6.3	PC/NETWORK (Red local para PC's)	10
1.7	Comentarios.	11
<b>2</b>	<b>Red-IIMAS</b>	<b>13</b>
2.1	Antecedentes y Objetivos.	13
2.2	Descripción de la operación de Red-IIMAS.	15
2.3	Topología de la Red-IIMAS.	16
2.4	Arquitectura de Red-IIMAS.	16
2.4.1	Capa de Comunicación.	16
2.4.2	Capa inter-red	17
2.4.3	Capa de transporte	17
2.4.3.1	Biblioteca de funciones.	18
2.4.3.2	Manejador de Comunicaciones.	19
2.4.4	Capa de Aplicaciones.	19

2.4.4.1	Activador de Procesos (AP).	19
2.4.4.2	Transferencia de Archivos (STA).	20
2.4.4.3	Correo Electrónico.	22
2.5	Comentarios.	22
<b>3</b>	<b>Capas Física y de Enlace de Datos</b>	<b>23</b>
3.1	Capa física del modelo OSI.	23
3.1.1	Servicios de la capa física.	24
3.1.2	Funciones de la capa física.	24
3.2	Capa de enlace de datos del modelo OSI.	25
3.2.1	Servicios de la capa de enlace de datos.	25
3.2.2	Funciones de la capa de enlace de datos.	26
3.3	Capa de comunicación en Red-IIMAS.	27
3.3.1	Capa física en Red-IIMAS.	27
3.3.1.1	Servicios de la capa física en Red-IIMAS.	27
3.3.1.2	Funciones de la capa física en Red-IIMAS.	28
3.3.2	Capa de enlace de datos en Red-IIMAS.	28
3.3.2.1	Servicios de la capa de enlace de datos en Red-IIMAS.	28
3.3.2.2	Funciones de la capa de enlace de datos en Red-IIMAS.	29
<b>4</b>	<b>Capa de comunicación de Red-IIMAS</b>	<b>31</b>
4.1	Estructura lógica.	31
4.2	Subcapas.	31
4.2.1	Subcapa de enlace de datos.	32
4.2.1.1	Servicios y protocolo del CELO.	32
4.2.1.2	Servicios y Protocolo de CAMEO.	33
4.2.1.2.1	Formato del marco en CAMEO	34
4.2.1.2.2	Control de Acceso al Medio.	36
4.2.2	Subcapa física.	37
4.2.2.1	Señalización Física (SFI) e Interfaz con la Unidad de Acceso (IUA).	37
4.2.2.1.1	Señalización Física.	38
4.2.2.1.2	Interfaz con la Unidad de Acceso al Medio.	38
4.2.2.1.2.1	Señal en la IUA.	38
4.2.2.1.2.2	Características Eléctricas de la IUA.	39
4.2.2.2	Unidad de Acceso al Medio y Canal de Comunicación.	39
4.2.2.2.1	Descripción Funcional de la UAM.	40
4.2.2.2.2	Características eléctricas UAM-Medio.	40
4.3	Operación de la capa de comunicación.	40
<b>5</b>	<b>Desarrollo de la capa de Comunicación</b>	<b>43</b>
5.1	Desarrollo de la capa de comunicación.	43
5.2	Subcapa de enlace de datos.	45
5.2.1	Control de enlace lógico	45
5.2.1.1	Sistema de Control (SC).	45

5.2.1.1.1	Implementación del SC. . . . .	47
5.2.1.1.1.1	Memoria y estructura de Datos del SC. . . . .	47
5.2.1.1.1.2	Operación del SC. . . . .	48
5.2.1.1.1.3	Recepción exitosa (RECEX) . . . . .	50
5.2.1.1.1.4	Dma correcto (DMAOK). . . . .	52
5.2.1.1.1.5	Solicitud de atención (HAYGO) . . . . .	55
5.2.1.1.1.6	Transmisión exitosa (TRES). . . . .	56
5.2.1.1.1.7	Problemas en el cable (BADLIN) . . . . .	56
5.2.1.1.1.8	Venció el tiempo de espera (FINTO) . . . . .	56
5.2.1.1.2	Autómata para el Acceso Directo a Memoria (ADMA). . . . .	59
5.2.1.1.2.1	La implementación y operación del ADMA. . . . .	61
5.2.1.1.3	Interfaz entre el ADMA y DR11-B . . . . .	63
5.2.2	Control de Acceso al Medio ( CAMEO ). . . . .	65
5.2.2.1	Autómata de Adquisición de Línea (AAL). . . . .	66
5.2.2.1.1	Autómata de Control de Memoria (ACDIM). . . . .	68
5.2.2.2	Autómata de Transmisión (AT). . . . .	68
5.2.2.3	Autómata de Recepción. . . . .	70
5.3	Subcapa Física. . . . .	71
5.3.1	Señalización Física. . . . .	72
5.3.2	Trans/Receptor (Unidad de Acceso al Medio). . . . .	72
5.3.2.1	Malla de acoplamiento y receptor de línea. . . . .	74
5.3.2.2	Restaurador del pulso . . . . .	74
5.3.2.3	Módulo de transmisión. . . . .	74
5.3.2.4	Módulo de recepción. . . . .	77
5.3.2.5	Convertidor de pulsos a ciclos bipolares . . . . .	78
5.3.2.6	Interfaz entre la unidad de acceso y el cable coaxial. . . . .	78
<b>6</b>	<b>Resultados, Comentarios, y Conclusiones. . . . .</b>	<b>79</b>
6.1	Pruebas al controlador. . . . .	79
6.2	Rediseño de la capa de comunicación. . . . .	80
6.3	Red-IIMAS contra un sistema comercial. . . . .	81
6.4	Comentarios y Conclusiones. . . . .	82

## Lista de Figuras

1.1	Clasificación topológica . . . . .	4
1.2	Estatificación de sistemas abiertos . . . . .	6
1.3	Entidades en una capa. . . . .	6
1.4	Modelo OSI . . . . .	8
2.1	Topología de la red local del IIMAS . . . . .	14
2.2	Arquitectura de la red IIMAS . . . . .	14
2.3	Topología de Red-IIMAS . . . . .	15
2.4	Arquitectura de Red-IIMAS . . . . .	17
2.5	Implantación del SCTV/CV . . . . .	18
2.6	Estructura del AP . . . . .	20
2.7	Estructura del STA y correo electrónico . . . . .	20
4.1	Capa de comunicación de Red-IIMAS . . . . .	32
4.2	Interfaz Transporte/Comunicación (CELO) . . . . .	33
4.3	Protocolo de la interfaz CELO/CAMEO . . . . .	34
4.4	Formato del marco en CAMEO . . . . .	35
4.5	Señal presente en la IUA . . . . .	39
4.6	Señal presente en el cable coaxial . . . . .	40
5.1	Sistema de control y autómatas de la capa de comunicación . . . . .	44
5.2	Diagrama de las componentes del SDK. . . . .	46
5.3	Estructura de datos en el SC . . . . .	49
5.4	Inicialización del SC . . . . .	50
5.5	Vectores de interrupción del SC . . . . .	51
5.6	Actividades del proceso RECEX . . . . .	51
5.7	Proceso DMAOK . . . . .	53
5.8	Proceso TXLINE . . . . .	54
5.9	Proceso HAYGO . . . . .	57
5.10	Proceso TREX . . . . .	58
5.11	Proceso BADLIN . . . . .	59
5.12	Proceso FINTO . . . . .	60
5.13	Diagrama simplificado del ADMA . . . . .	62
5.14	Envío desde la memoria de doble puerto hasta el DR11-B . . . . .	62
5.15	Envío desde el DR11-B hasta la memoria de doble puerto . . . . .	63
5.16	Interfaz entre ADMA y DR11-B . . . . .	64
5.17	Señalización entre DR11-B y ADMA . . . . .	64

5.18	Significado de los bits en los regs. de entrada/salida . . . . .	65
5.19	Uso del canal para diversos métodos de acceso ( $a=0.01$ ) . . . . .	67
5.20	Diagrama del AAL . . . . .	68
5.21	Diagrama del ACDIM . . . . .	69
5.22	Diagrama del AT . . . . .	70
5.23	Diagrama del AR . . . . .	71
5.24	Componentes de Red-HIMAS . . . . .	71
5.25	Interconexión Controlador - Trans/receptor . . . . .	72
5.26	Señal Controlador-Trans/receptor . . . . .	73
5.27	Diagrama esquemático del Trans/receptor . . . . .	73
5.28	Acoplamiento en la recepción . . . . .	75
5.29	Respuesta a la frecuencia de la malla de acoplamiento . . . . .	76
5.30	Señal a la entrada y salida del comparador . . . . .	76
5.31	Transmisión hacia el cable coaxial . . . . .	77
5.32	Convertidor de pulsos a ciclos bipolares . . . . .	78
6.1	Nodo de red local con VLSI . . . . .	81
6.2	Modelado de la malla de acoplamiento . . . . .	87



# Capítulo 1

## Generalidades de Redes

### INTRODUCCION.

La computación es una ciencia cuyo desarrollo ha sido extraordinariamente rápido. Se caracteriza por continuas aportaciones e innovaciones que facilitan la realización de las diversas actividades de la vida diaria en la industria, investigación, milicia, oficinas, educación, y el hogar.

Conforme se acerca el fin del presente siglo surgen áreas dentro de la computación, las cuales cambian significativamente el modo de vida. Una de éstas es el desarrollo de redes de computadoras. Se afirma que en un futuro existirá una "red de redes"; misma que funcionará como el sistema nervioso del mundo [1].

### 1.1 Evolución Histórica

Los primeros sistemas de cómputo tenían grandes restricciones en cuanto a su operación, una de estas era el hecho de que el sistema de cómputo se ubicaba en un lugar específico, "el cuarto de máquinas", otra limitante era la forma de comunicación entre el usuario y el sistema, basada en tarjetas, cintas o en una serie de interruptores que permitían modificar el contenido de la memoria o de los registros. Este concepto se volvió obsoleto al incorporarse nuevas técnicas que hacen amable la interacción del usuario con el sistema de cómputo. Tal es el caso del teleproceso, que permite el acceso remoto a los sistemas de cómputo, el sistema de cómputo va hasta el usuario y no el usuario al sistema. Así, los sistemas de cómputo poderosos se diseñaban con la filosofía de que "el poder era mayor en la medida en que lo conformaran mayor número de recursos de cómputo, ya sea de memoria principal, secundaria, periféricos y paquetes de programas."

El viejo modelo, representado por un sistema de cómputo con gran capacidad de almacenamiento y procesamiento, se vuelve cada día más obsoleto y es reemplazado por otro modelo, en el cual un gran número de computadoras ubicadas en diferentes lugares pero interconectadas realizan el trabajo. Estos sistemas son conocidos como redes de computadoras (RC). Una red de computadoras es una colección de computadoras autónomas interconectadas entre sí.

El ambiente que ha propiciado el surgimiento de las RC se debe a diversos factores tales como: la existencia de organizaciones con un gran número de computadoras,

dedicadas a funciones específicas, y con necesidades de comunicación; otro factor se debe a los bajos costos de los sistemas de computación con pequeña o mediana capacidad de procesamiento, las computadoras grandes son únicamente 10 veces más rápidas que el microprocesador más veloz pero cuestan cientos de veces más; otro ingrediente importante es el precio relativo de los sistemas de cómputo contra el de comunicación, el cual era relativamente mayor en la década pasada.

## 1.2 Objetivos de las RC.

Las metas principales de las RC son: el compartir los diversos recursos de cómputo, en ocasiones dispersos en un mismo edificio o en diferentes países. Obteniéndose una disponibilidad de los recursos, programas y datos para todos los usuarios de la red, y permitiendo la distribución del procesamiento; la segunda meta es proporcionar un sistema con una alta confiabilidad de funcionamiento, es decir, si alguna computadora deja de operar, la red deberá continuar realizando el trabajo con una disminución pequeña en su capacidad de procesamiento.

El atractivo de una RC está dado por la gama de aplicaciones que ofrece, y es evidente que éstas pueden cubrir casi cualquier actividad del ser humano [1].

## 1.3 Clasificación de RC.

El clasificar una RC aporta una idea general de sus características funcionales de implementación y de su distribución geográfica. Existen, por lo menos, cuatro grupos principales de clasificación de las RC. Estas se pueden clasificar de acuerdo a la distancia que cubren, técnica de conmutación, topología y por el algoritmo de ruteo.

### 1.3.1 Clasificación de acuerdo a la distancia que cubren.

Las RC más comunes son aquellas en las que se encuentran computadoras interconectadas y ofreciendo servicios dentro de un mismo edificio. Este tipo de redes son conocidas como redes locales. La distancia entre los procesadores de la red delimita, en gran medida, el tipo de aplicación y la tecnología de interconexión.

En la tabla 1.1 se presenta la clasificación, de acuerdo a la distancia, para sistemas en los que existen procesadores múltiples. Una categoría la forman las máquinas de flujo de datos y otra los multiprocesadores; éstos son sistemas con interacciones muy fuertes en donde todos los procesadores trabajan en el mismo proceso y por lo general comparten la memoria principal. Las redes locales son sistemas de cómputo con interacciones débiles, en donde cada uno es autosuficiente y tiene su propia memoria principal, comunicándose a través de una interfaz de entrada/salida.

### 1.3.2 Clasificación por la técnica de conmutación.

La clasificación de redes de acuerdo a su función de conmutación o técnica empleada en la interconexión de las computadoras pueden ser: Conmutación de Circuitos (CS),

Distancia entre procesadores	Localización física de los procesadores	
0.1 m.	La misma tarjeta	Mód. de flujo de datos
1.0 m.	El mismo	Multiprocesadores
10.0 m.	Un cuarto	
100.0 m.	Edificio	Red local
1.0 Km.	Campus	
10.0 Km.	Ciudad	Red de larga distancia
100.0 Km.	País	
1000.0 Km.	Continente	Interconexión de redes de larga distancia
10000.0 Km.	Planeta	

Tabla 1.1: Clasificación por la distancia.

Comutación de Mensajes (MS) y Comutación de Paquetes (PS) o una combinación de éstos esquemas básicos.

La Comutación de Circuitos es análoga a una red telefónica, en la cual, antes de enviar el mensaje, se realiza la llamada y se rutea a través de la red, estableciendo una trayectoria física hasta el destino. Una vez que existe la ruta, el mensaje podrá ser transmitido. Este esquema fué ampliamente utilizado en un principio, abandonándose posteriormente por considerarse ineficiente y costoso para comunicación digital, pues se requieren líneas de enlace dedicadas a formar una trayectoria de comunicación, existiendo siempre un retardo considerable para establecer el enlace. Sin embargo, la perspectiva de retardos de comunicación cortos de los dispositivos de estado sólido puede justificar una reevaluación del esquema de comutación de circuitos.

En Comutación de Mensajes los mensajes que fluyen a través de la red son ruteados en cada nodo hacia su destino. Estas redes se denominan de "guarda-reexpide", debido a que los mensajes son almacenados en cada nodo, en donde se determina la ruta adecuada hacia su destino y se retransmite. El almacenamiento en cada uno de los nodos produce retardos, los cuales en ocasiones son aspectos importantes a considerar en el diseño de una red de MS. La principal ventaja de este esquema con respecto a Comutación de Circuitos es que permite una mejor utilización de las líneas de comunicación.

Comutación de Paquetes fragmenta los mensajes formando paquetes marcados con un identificador y un número consecutivo, y con estas marcas se envían a través de la red. La ruta que siguen los paquetes no es necesariamente igual para todos. Lo

importante es que lleguen a su destino sin interesar el camino que sigan.

La elección de algún esquema de conmutación es compleja y está sujeta a la realización de un modelo de simulación de la red, en la cual se consideran las condiciones reales de operación. Sin embargo es posible establecer como regla general que: Si todos los mensajes son largos (por ejemplo en transferencias de archivos) entonces CS es probablemente mejor; si muchos de los mensajes son cortos (como consultas a Bases de Datos o respuestas a tráfico interactivo), PS es posiblemente la tecnología más apropiada. Para una combinación de mensajes cortos y largos, PS aparenta tener una mejor eficiencia sobre CS.

### 1.3.3 Clasificación topológica.

De acuerdo a su distribución geográfica las redes pueden ser centralizadas o distribuidas, como se muestra en la figura 1.1. En un sistema centralizado todos los mensajes pasan a través de algún procesador central. La configuración típica es la de una estrella con todos los enlaces irradiando de un mismo nodo. Esta es la forma más simple de topología de red y requiere un enlace dedicado entre cada nodo central y terminal.

El punto débil en una red centralizada radica en que cualquier falla en el nodo central deja fuera de operación a la red completa. Para resolver dicho problema se realizan implementaciones con nodos centrales redundantes. Además, existen otras soluciones en las cuales la interconexión no se basa en un nodo central como es el caso de un sistema descentralizado o distribuido.

Un sistema distribuido posee varios nodos, interconectados entre sí, permitiendo la existencia de múltiples trayectorias. En una red distribuida se presentan diversas variantes topológicas; una de ellas es la de canal compartido, en la cual todos los nodos comparten el mismo canal de comunicación.

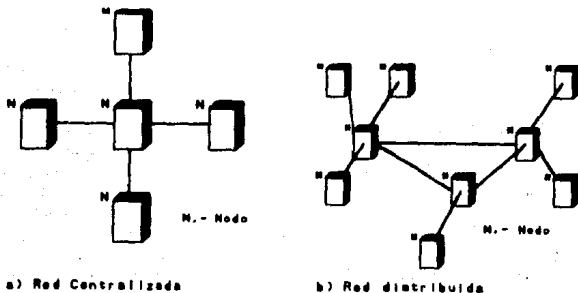


Figura 1.1: Clasificación topológica

### 1.3.4 Clasificación por el esquema de ruteo.

La estrategia de ruteo de una RC define al conjunto de reglas para determinar la(s) trayectoria(s) a través de la(s) cual(es) los mensajes deben fluir. Los algoritmos de ruteo mas ampliamente utilizados son el determinístico, y el estocástico. En cada uno de ellos se implantan múltiples variantes en las decisiones de ruteo.

Los algoritmos de ruteo determinístico establecen rutas, de acuerdo a una regla establecida de antemano. Los algoritmos deberán producir rutas a través de trayectorias abiertas, para que los mensajes no sean atrapados en caminos que los lleven siempre al mismo punto, sin alcanzar su destino. El ruteo determinístico no es adaptable a cambios en el tráfico de la red, pues está diseñado para proporcionar un servicio adecuado sobre una gama de intensidades en el tránsito de mensajes.

Las estrategias de ruteo estocástico son reglas de decisión probabilística. Las rutas son seleccionadas de acuerdo a la topología de la red y la estimación de su estado, apoyandose en información del retardo de la transferencia de mensajes, la cual es actualizada constantemente, y enviada entre los nodos.

Es indudable que bajo cualquier esquema de ruteo, por muy bueno que sea, existirá la posibilidad de que en alguna ocasión los mensajes encuentren congestión y sufran retardo. Ello puede ser previsto en alguno de los niveles de la red, mediante algoritmos de control de flujo implantados en los protocolos de la red, permitiendo un control del tráfico de mensajes a través de ella. Esta solución al problema de ruteo es conocida como algoritmos de control de tráfico. La mayoría de las RC están diseñadas de acuerdo a una arquitectura formada por capas o niveles. En la siguiente sección examinaremos algunas de las arquitecturas más comunes en Redes.

## 1.4 Arquitecturas de Redes.

La arquitectura de una RC es la definición completa de todas las capas necesarias para construir la red. Esta definición se expresa como un conjunto de protocolos que actúan dentro de la misma capa o entre capas. A su vez un protocolo es un conjunto de acuerdos para la interacción de dos o más partes y es expresado por tres componentes, sintaxis (encabezados, comandos/respuestas), semántica (las acciones y reacciones que tienen lugar, incluyendo el intercambio de mensajes), y sincronía (secuencia y aspectos de concurrencia del protocolo). Es importante señalar que al diseñar una RC, debe tomarse en cuenta el hecho de que la función que proporciona cada capa de la arquitectura es independiente de su implementación, es decir, se establece qué debe hacer mas no cómo debe hacerlo.

En las primeras RC se observa una tendencia muy particular en su diseño, pues cada grupo de trabajo elaboró su propia arquitectura. Sin embargo, en los últimos años, los diseñadores de las RC han tratado de que su red se base en alguna norma. Una de las normas más importantes esta dada por el modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos (Open System Interconnection OSI) propuesto por la Organización Internacional para la Normalización (International Standards Organization ISO). Todas las capas en OSI, excepto la superior e inferior, tienen una estructura teórica definida. En la próxima sección se tratará brevemente esta estructura teórica.

### 1.4.1 Modelo teórico OSI.

El modelo de referencia está diseñado para la interconexión de sistemas abiertos. Para la descripción de la forma en que se llevan a cabo estas interconexiones consideraremos que los sistemas son estructuras ordenada compuestas por subsistemas, es decir, una arquitectura integrada modularmente mediante estratos o capas, como se ilustra en la figura 1.2.

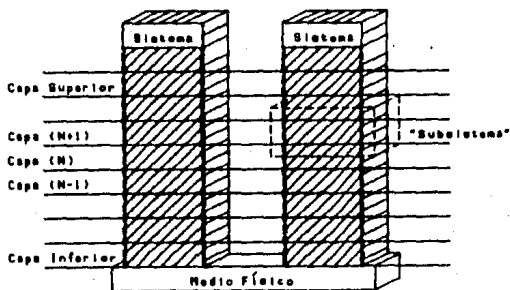


Figura 1.2: Estratificación de sistemas abiertos

Cada subsistema proporciona ciertos servicios al subsistema de mayor nivel. Estos servicios son aportados por entidades dentro de los subsistemas y si es necesario, en cooperación con entidades en subsistemas del mismo rango. Para la siguiente descripción tomaremos como referencia una capa arbitraria, la capa (N). Las entidades en esta capa son llamadas las entidades de la capa (N) (fig 1.3).

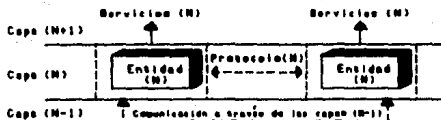


Figura 1.3: Entidades en una capa.

La capa (N) proporciona servicios a la capa inmediata superior, capa (N+1). Para proporcionar los servicios, las entidades (N) realizan ciertas funciones. Algunas veces,

una entidad (N) necesita la cooperación de otra entidad (N) la cual no reside en el mismo sistema. Esta deberá entonces comunicarse con tal entidad, apoyándose en los servicios de la capa inferior que se encuentre más próxima.

Para permitir una comunicación adecuada entre entidades, se definen reglas a las cuales se deben apegar las entidades. Estas reglas son llamadas protocolos. Por ejemplo, cuando las entidades (N) se comunican, obedecen a los protocolos de nivel (N).

Los protocolos son definidos para comunicar entidades del mismo nivel. Además, es necesario especificar de manera precisa cómo una entidad(N) se puede comunicar con otra entidad (N-1) para solicitarle un servicio (N-1). Para tal propósito, se definen puntos de acceso para servicios en cada capa, los cuales pueden ser utilizados por la capa inmediata superior, de acuerdo a una interfaz definida.

Cuando una entidad (N) necesita comunicarse con otra entidad (N) del mismo nivel, utiliza una conexión (N-1), a través de un punto de acceso para servicio. La unidad de información intercambiada entre estas entidades consiste en:

- Servicio de datos unitarios (N). Son los datos que las entidades (N) necesitan para realizar sus funciones y cumplir con los servicios solicitados por la entidad (N+1).
- Información de control-protocolo. Es la información intercambiada entre entidades (N) para coordinar su operación.

La combinación de servicios de datos unitarios e información de control-protocolo se conoce como unidad de datos-protocolo. Los servicios de datos unitarios no necesitan siempre estar presentes, puesto que en algunas ocasiones las entidades (N) pueden necesitar únicamente coordinación.

Ahora que se han introducido algunos de los conceptos principales de la estructura del modelo de referencia, podemos discutir cada una de sus capas, de acuerdo con sus funciones principales. Iniciaremos la descripción a partir de la parte baja de la estructura, con la capa física, hasta llegar a la capa superior(de aplicaciones).

## 1.5 Modelo OSI.

La Organización Internacional para la Normalización, estableció [2,4] la arquitectura para la interconexión de sistemas abiertos (OSI), mostrada en la figura 1.4. Esta arquitectura pretende lograr una interconexión entre máquinas heterogéneas de acuerdo a un patron de referencia. En las próximas secciones se describen las características de las diversas capas que forman el modelo OSI.

Por simplicidad, cualquier capa será referida como capa (N), mientras que su inmediata inferior e inmediata superior serán las capas (N-1) y (N+1) respectivamente.

### 1.5.1 Capa Física.

Esta capa se encarga de que la información, representada como dígitos binarios (bits), sea transmitida correctamente en el medio de comunicación. Describe el medio físico

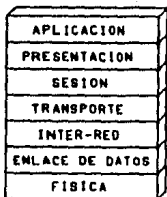


Figura 1.4: Modelo OSI

sobre el cual se realiza la transferencia de los datos, la forma de transmisión ( banda base (base band) o banda amplia (broad band), velocidad de transmisión, niveles de señales y codificación de los bits).

### 1.5.2 Capa de Enlace de Datos.

La capa de Enlace de Datos entrega la cadena de bits recibidos de la capa física a la capa inter-red, simulando la existencia de una línea de comunicación libre de errores de transmisión. Define la forma en que se hace el acceso a la capa física, el enmarcamiento de los datos para formar paquetes, y la verificación de que estos son recibidos correctamente.

### 1.5.3 Capa Inter-red.

Esta capa proporciona una transferencia transparente de todos los datos enviados por la capa de Transporte hacia cualquier entidad de transporte dentro del ambiente de sistemas abiertos. Define las características principales de la interfaz con la computadora anfitrión. Además, determina la forma en que los paquetes son ruteados y el costo por el uso de la red.

### 1.5.4 Capa de Transporte.

La capa de Transporte es responsable de la transferencia transparente de datos entre dos entidades de la capa de Sesión. Cuando esta capa encuentra mensajes más grandes que el límite máximo, los fragmenta en paquetes antes de transmitirlos. Los servicios que otorgue a la capa de Sesión pueden ser desde la entrega de mensajes, sin garantizar su orden (datagramas), hasta proporcionar una comunicación virtual y libre de errores, en donde los mensajes son entregados en el orden en que se envían (circuitos virtuales).



### 1.5.5 Capa de Sesión.

Esta capa es la interfaz que ve el usuario hacia la red. El usuario proporciona la dirección del proceso con el cual se desea comunicar. La petición es atendida por la capa de sesión, la cual provee el procedimiento para lograr la interconexión entre los procesos de la capa de presentación. Una vez establecida la sesión, se podrá dar de alta dentro de otro sistema y utilizar los programas de aplicación de la red o del usuario.

### 1.5.6 Capa de Presentación.

La capa de Presentación define la forma en que la información tiene que ser interpretada para que pueda ser entendida por la capa de Aplicación. Además, proporciona una librería con las funciones que son más comúnmente empleadas. La interpretación permite la conversión de códigos (ASCII, EBCDIC, etc.) y la traducción de los caracteres de control para poder manejar diversos tipos de impresoras. Las funciones presentes en esta capa son para la compactación de texto, encriptación, etc.

### 1.5.7 Capa de Aplicación.

Esta capa es para que el usuario escriba sus programas de aplicación y así obtenga beneficios particulares de la red. Su protocolo es definido por el diseñador del programa. Es conveniente mencionar que en la actualidad las grandes compañías elaboran programas de aplicación para sus redes y que éstos poseen su propio protocolo.

Existen algunos problemas comunes a los programas de aplicación. Por ejemplo, el lograr la transparencia de la red, escondiendo al usuario la distribución física de los recursos y la manera de distribuir un proceso entre varias máquinas para obtener el mayor beneficio de la red. El diseño de una base de datos distribuida genera una gran cantidad de problemas interesantes.

## 1.6 Arquitectura de algunas redes contra el modelo OSI

En la actualidad existen una gran diversidad de redes. El objetivo de esta sección es mencionar algunas de las más comunes, describiéndolas brevemente y correlacionándolas con el modelo OSI, las arquitecturas que se tratarán son DECNET (DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION NETWORK), SNA (System Network Architecture - IBM-) y PC/NETWORK. En el apéndice A se muestra una tabla comparativa de la arquitectura de diversas redes contra el modelo de referencia.

### 1.6.1 DECNET

DECNET es la red desarrollada por DIGITAL para la interconexión de sus productos, y proporciona también el medio para la comunicación con redes de equipo de la familia IBM (DECNET/SNA Gateway).

Su arquitectura conocida como DNA (Digital Network Architecture) está formada por ocho capas: La capa física, enlace de datos, ruteo, comunicación fin-fin, control de

sesión, aplicación de la red, administrador de la red y la capa del usuario. Las primeras cinco capas tienen funciones muy similares a las del modelo OSI. El resto de las capas proporciona servicios de aplicación y administración de la red.

### 1.6.2 SNA

SNA fue desarrollada por IBM para proporcionar una red de comunicación entre sus equipos (terminales, controladores de terminales o de periféricos, computadoras y procesadores frontales de comunicación). Para que un nodo pueda estar presente en la red necesita su unidad de dirección dentro de la red "NAU" (Network Address Unit).

SNA posee tres tipos diferentes de NAU's

1. Punto de Control de los Servicios del Sistema ("SSCP" System Services Control Point): Es un NAU de propósitos especiales utilizado para la administración de los recursos de la red.
2. Unidad Física ("PU" Physical Unit): En esta entidad se realizan los servicios relacionados con la configuración de algún nodo en particular.
3. Unidad Lógica ("LU" Logical Unit): Proporciona puertos o ventanas, a través de los cuales el usuario final puede acceder la red.

La estructura de SNA está formada de siete capas. Estas son: la de control de enlace de datos, control de trayectoria, control de transmisión, control de flujo de datos, funciones de interpretación para las funciones de manejo de datos, administradores de los servicios del NAU y el usuario final.

La comparación de las funciones que realiza cada una de las capas con respecto al modelo OSI de referencia nos revela que:

- La primera y última capa tienen una similitud de funciones con el modelo de referencia.
- Las funciones que realiza el resto de las capas no tiene una correspondencia directa con la jerarquía establecida por el modelo de referencia. Por ejemplo, la sexta capa del modelo de referencia (presentación), equivale a la quinta capa de SNA (funciones de interpretación para las funciones de manejo de datos).

### 1.6.3 PC/NETWORK (Red local para PC's)

PC/NETWORK es un producto que permite la integración de computadoras personales (PC's) IBM a una red de área local, formando una estructura de árbol. El objetivo principal de esa red es compartir periféricos, como discos duros, impresoras y comunicación de mensajes entre computadoras.

La arquitectura de esta red se apega al modelo de referencia, con la diferencia de que no cuenta con la tercera y sexta capas del modelo. Estas no están presentes por la razón de que no son necesarias, ya que para el primer caso se trata de una red pensada únicamente como red local, y la capa de presentación no es necesaria por el hecho de que

se está operando con un mismo sistema operativo. Todas las máquinas y dispositivos son compatibles, y por lo tanto, no se requieren cambios en la representación de los caracteres.

### 1.7 Comentarios.

Es numerosa la cantidad arquitectura de redes que existen. No obstante, el análisis de las tres redes anteriores presentó una muestra del panorama de éste campo. El siguiente capítulo describirá la red IIMAS de alta velocidad, tomando como punto de referencia su arquitectura.



## Capítulo 2

### Red-IIMAS

#### INTRODUCCION.

En el proyecto de la red local del IIMAS participaron dos grupos de trabajo; uno de ellos se dedicó a la elaboración de los programas en las computadoras anfitriones y el otro al desarrollo de un dispositivo de comunicación con características específicas. Esta división se formó de manera natural debido, en gran medida, a que el desarrollo de una red de computadoras implica un proyecto complejo, ya que involucra el dominio de disciplinas de computación y electrónica.

Este capítulo proporciona una introducción a la red local del IIMAS, englobando el trabajo conjunto de los grupos de desarrollo del proyecto. Se presentan, de manera breve, los objetivos, la conceptualización del trabajo, su evolución y estado actual.

#### 2.1 Antecedentes y Objetivos.

La red local del IIMAS fué impulsada por un grupo de investigadores y técnicos, interesados en incursionar en el campo de redes locales de computadoras. Los principales objetivos fueron: El diseño e implementación de sistemas que proporcionaran un manejo eficiente y compartido del equipo de cómputo del IIMAS, el apoyarse en la infraestructura de comunicación desarrollada para lograr nuevos y mayores alcances en éste y otros campos, facilitar la integración de nuevos equipos a la red, dar aportaciones al desarrollo de tecnología nacional, y la formación de recursos humanos capaces de resolver problemas dentro del campo.

La topología de la red local del IIMAS[7] se muestra en la figura 2.1. El desarrollo de la red se planeó en dos fases. En la primera, una red de baja velocidad, en la cual los equipos PDP-11 se conectan por líneas de comunicación simultánea en los dos sentidos (full-duplex) punto a punto de 9600 bps, utilizando interfaces asíncronas tipo DL-11 y con la técnica de guarda-reexpide. La fase final consiste en la implementación de una red de alta velocidad por medio de un cable coaxial, operando a una velocidad de transmisión de 10 Mbps.

La arquitectura de la red IIMAS, figura 2.2 para la red de alta y baja velocidad [7], atiende a los lineamientos propuestos por ISO, con la salvedad de que es una arquitectura simplificada, ya que está compuesta de cuatro capas: Capa de Aplicación, Transporte, Inter-red y Transmisión de Datos.

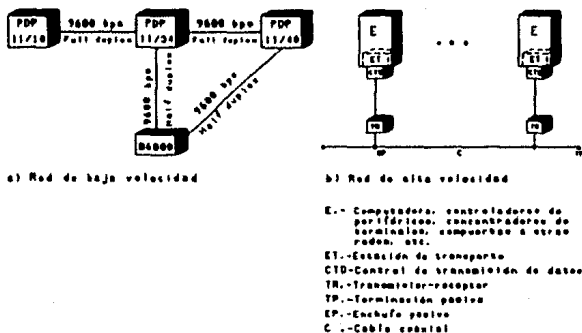


Figura 2.1: Topología de la red local del IIMAS

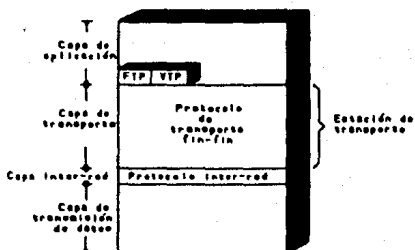


Figura 2.2: Arquitectura de la red IIMAS

Existen algunas diferencias importantes entre las dos redes. Una de ellas es la velocidad de transmisión, y como consecuencia, la necesidad de una mayor cantidad de trabajo para el desarrollo de la capa de transmisión de datos de la red de alta velocidad. Ya que se requiere un sistema que soporte una comunicación física, que sea rápida y confiable.

La red de baja velocidad fué la primera en estar operando, ofreciendo servicios de transferencia de archivos e impresión. Originalmente se contempló la posibilidad de aprovechar la red de baja velocidad como base para el desarrollo de la red de alta velocidad, cambiando únicamente la capa de comunicación. Sin embargo, surgieron algunos problemas con la red de baja velocidad. Estos fueron ocasionados, en gran medida, por la actualización del sistema operativo de las minicomputadoras PDP-11, razón por la cual los desarrollos de la red de baja velocidad ya no funcionaban. Además faltaba la información necesaria para modificar la programación de la red. Debido a lo anterior, el grupo redefinió las capas y los protocolos de transporte, inter-red y de aplicación para la red de alta velocidad.

En la siguiente sección se describen las características más relevantes de la red IIMAS de alta velocidad, denominada Red- IIMAS.

## 2.2 Descripción de la operación de Red-IIMAS.

La descripción presenta los servicios y funciones de los elementos principales de la Red-IIMAS. La figura 2.3 presenta la topología y los componentes principales de Red-IIMAS.

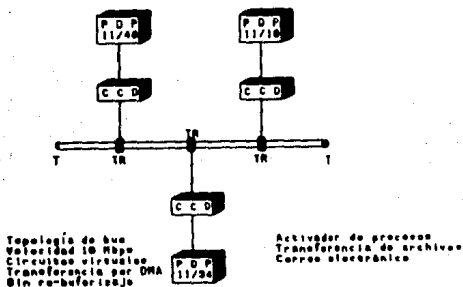


Figura 2.3: Topología de Red-IIMAS

Cada nodo conectado a la red requiere dos dispositivos externos. Uno denominado trans/receptor; encargado del acceso al medio común de transmisión, y del acoplamiento pasivo con el medio físico, a una velocidad de transferencia de 10 Mbps.

El otro dispositivo externo es el Control de Comunicación de Datos (CCD) o controlador. En éste residen todas las funciones propias de la capa de comunicación, tales como el control de acceso al canal.

La comunicación confiable y la selección adecuada entre los procesos (multiplexaje) lo proporcionan un conjunto de programas residentes en la computadora anfitrión. En la Red-IIMAS el intercambio de mensajes se supervisa con un manejador de comunicaciones, el cual permite la comunicación directa de mensajes entre el área de almacenamiento del proceso de aplicación y la del CCD. La transferencia se basa en accesos directos a la memoria de la computadora (DMA "Direct Memory Access").

En la computadora anfitrión también se cuenta con la programación necesaria para brindar tres procesos importantes de aplicación: Activador de Procesos ("Logger"), Transferencia de Archivos ("FTP" File Transfer Process) y Correo Electrónico ("Mailer").

### 2.3 Topología de la Red-IIMAS.

La Red-IIMAS presenta topología de canal (bus), es decir, es un canal compartido sobre el cual se realizan las transmisiones, ver figura 2.3. El canal es cable coaxial, el cual puede tener una longitud máxima de 1.5 Km, a lo largo del cual se pueden obtener las derivaciones para el acceso de dispositivos a la Red-IIMAS.

En la siguiente sección se describe la arquitectura actual de la Red-IIMAS, con base en las capas que la integran. En cada una de ellas se especifican las funciones y los módulos que la forman.

### 2.4 Arquitectura de Red-IIMAS.

La Red-IIMAS está formada por cuatro capas. En cada una de ellas se mantiene una tendencia por lograr un diseño operativamente modular. Constan de una interfaz hacia la capa superior, otra hacia la inferior y el módulo central, en donde residen las funciones propias del protocolo de la capa, las capas son: Comunicación de datos (Comunicación), Inter-red, Transporte y Aplicación. Las funciones de éstas corresponden respectivamente a las de las capas 1, 3, 4 y 7 del modelo de referencia OSI. La figura 2.4 presenta la arquitectura de la Red-IIMAS, y en la próxima sección se describen cada una de las capas que la forman.

#### 2.4.1 Capa de Comunicación.

La capa de comunicación proporciona una comunicación confiable de datos entre las capas de transporte de la red, mediante la transmisión de señales eléctricas a través del medio de comunicación, es decir, maneja señales eléctricas en el cable coaxial y entrega mensajes confiables, conteniendo información digital, a la capa de transporte. Esta capa corresponde a la capa física y de enlace de datos del modelo propuesto por ISO. Operativamente, la capa de comunicación posee una interfaz con la capa de transporte y otra con el medio de comunicación, además de un módulo central en el cual residen



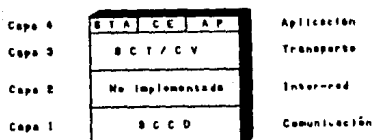


Figura 2.4: Arquitectura de Red-IIMAS

las funciones necesarias para lograr una comunicación entre capas de transporte. La capa de comunicaciones de la Red es un equipo externo a la computadora anfitrión, formado por el trans/receptor (TR) y el CCD.

La interfaz con el medio de comunicación está formada por el trans/receptor, el cual tiene como función principal acceder al medio, mediante el acoplamiento al cable coaxial, permitiendo el envío o la recepción de señales. Otras de las funciones del TR son la detección y la indicación de la existencia de colisiones dentro del medio de comunicación, y el aislamiento eléctrico del sistema.

El sistema de control de comunicación de datos proporciona las funciones propias para controlar el acceso al canal, ya que el control es distribuido, coordina la transmisión y recepción por el cable coaxial, así como la transferencia de mensajes con la computadora anfitrión, y proporciona las estructuras de datos necesarias para manejar el control del flujo de la información por esta capa.

La interfaz con la capa de transporte es controlada por el Sistema de CCD en coordinación con el manejador de la capa de transporte. Este entabla un diálogo con la capa de transporte, para así iniciar algún evento de transferencia de mensajes entre la capa de comunicación y la de transporte. Al inicio, de cualquier operación de transferencia, el sistema de CCD establece las características de la operación, para que posteriormente se encargue una entidad, autónoma e independiente de esta capa, en llevar a cabo la transferencia "palabra por palabra".

### 2.4.2 Capa inter-red

La capa inter-red debe dirigir, hacia trayectorias adecuadas, los mensajes entre anfitriones que están integrados en redes externas. En la actualidad esta capa no ha sido implementada en la Red-IIMAS.

### 2.4.3 Capa de transporte

Esta capa proporciona un servicio de comunicación virtual y libre de errores para mensajes de tamaño variable para los procesos de aplicación de la red. El sistema es denominado Sistema de Control de Transmisión de Circuitos Virtuales (SCT/CV). El protocolo de Circuitos Virtuales permite resolver los conflictos de pérdida, duplicidad

y ordenamiento de los mensajes que puedan ocurrir en la transmisión [10].

La operación de esta capa se basa en la interfaz con el usuario, el módulo correspondiente al protocolo de circuitos virtuales y la interfaz con la capa de comunicación de datos. En el módulo de interfaz con el usuario se encuentran las funciones de transporte, mediante las cuales, los procesos de aplicación pueden establecer los enlaces requeridos para su comunicación. En el sistema de circuitos virtuales se localiza el esquema de control de enlace de datos. La interfaz con comunicación maneja las primitivas y los formatos de la interfaz con la capa de comunicación de datos, mapeo de direcciones virtuales a físicas y multiplexaje de mensajes entre las capas de comunicación y de aplicación de la red.

La capa de transporte está implementada como dos módulos, figura 2.5. Estos módulos son: Una biblioteca de funciones (BF), correspondientes a primitivas para el uso de la red y un Manejador de Comunicaciones (MC), encargado de las transacciones con la interfaz externa a la computadora y del control global del sistema de circuitos virtuales.

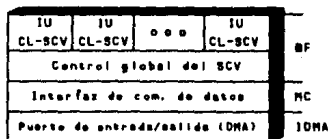


Figura 2.5: Implantación del SCTV/CV

### 2.4.3.1 Biblioteca de funciones.

La biblioteca de funciones[11] se compone de las siguientes funciones:

- **Asignación/Cancelación dinámica de puertos para los procesos de aplicación.** Estos puertos proporcionan el esquema de direccionamiento lógico utilizado para la identificación de los procesos de aplicación de la red y sus enlaces de comunicación.
- **Conexión/Deconexión de puertos.** Estas funciones proporcionan los mecanismos para el manejo de los enlaces de comunicación, a través de los cuales los procesos de aplicación intercambian mensajes.
- **Envío/Recepción de Mensajes.** Activan el intercambio de información y facilitan la definición de los parámetros asociados con la transferencia, tales como: síncrona o asíncrona, con rutina de acción o sin ella, modo normal o urgente y con manejo de tiempo de espera o sin él.

- **Activación de Recepciones.** Esta función se encarga de asignar un identificador para recepción, es decir, el transporte dirigirá los paquetes que se reciban hacia la cola de mensajes correspondiente al buzón de recepción previamente activado.
- **Asignación/Liberación de Memoria.** Dan al usuario un método sencillo para el manejo dinámico de los registros para almacenamiento (buffers), que se usan en el envío y recepción de mensajes.
- **Espera por Conexión/Envío.** Son funciones de Control que proporcionan la sincronía para el establecimiento de conexiones y el envío asíncrono (en cualquier momento) de mensajes, y son empleadas por los procesos de aplicación para coordinar sus actividades de comunicación.
- **Reinicialización.** Esta función regresa a su estado inicial a un enlace de comunicación establecido entre un par de puertos de transporte. Esta función se invoca por alguno de los procesos de comunicación, al detectarse algún problema en la conexión.
- **Estado de Operación.** Proporciona un informe del estado de operación de los puertos de comunicación correspondiente a un proceso de aplicación.
- **Recuperación por Error y Secuenciamiento de Mensajes.** Estas funciones no están disponibles a los procesos de aplicación, sólo a la operación interna de la capa de transporte, y competen al esquema de recuperación por error en la transmisión de mensajes.

#### **2.4.3.2 Manejador de Comunicaciones.**

Este sistema realiza las funciones de control general del Sistema de Circuitos Virtuales, tales como la asignación y cancelación de puertos de transporte y el redireccionamiento de las solicitudes de envío y recepción de mensajes dirigidos a la capa de comunicación de datos. Además, ejecuta las funciones de interfaz con la capa de comunicación de datos, tales como el manejo de direcciones virtuales y su conversión a direcciones físicas, la programación y control de la interfaz de DMA de la computadora y el manejo adecuado de múltiples mensajes entre las capas de comunicación y aplicación.

#### **2.4.4 Capa de Aplicaciones.**

Esta capa proporciona los protocolos de alto nivel que representan los servicios finales de la red. Los servicios actualmente disponibles a los usuarios son: activación de procesos, transferencia de archivos y correo electrónico [10].

##### **2.4.4.1 Activador de Procesos (AP).**

El AP activa a los procesos de aplicación (Servers), supervisa que la activación haya sido correcta y coordina la comunicación entre los servidores de los procesos de aplicación. La figura 2.6 nos muestra un diagrama esquemático del activador de procesos. El AP

realiza las funciones de activar servidor y terminar operación; éstas se emplean de acuerdo a los protocolos de comunicación de los procesos solicitantes de servicios.

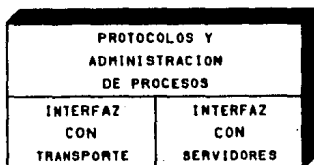


Figura 2.6: Estructura del AP

#### 2.4.4.2 Transferencia de Archivos (STA).

El Sistema de Transferencia de Archivos de la Red-IIMAS, proporciona un conjunto amplio de funciones para la manipulación de archivos. Estas funciones presentan una ampliación en la capacidad de la máquina para el manejo de archivos, no sólo a nivel remoto, sino también local. El STA, esquematizado en la figura 2.7 está constituido por tres módulos principales: Interfaz con el Usuario, "Overlays" de Protocolos e Interfaz con transporte.

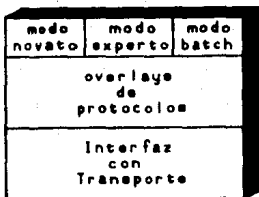


Figura 2.7: Estructura del STA y correo electrónico

- Interfaz con el Usuario. Este módulo interactúa directamente con el usuario para proporcionarle el servicio solicitado y posee los mecanismos de acceso a las funciones de transferencia de archivos. Al usuario se le ofrecen tres modos básicos de operación. Los modos son los siguientes:

- **Modo Novato.** Las funciones del STA están disponibles mediante el empleo de menús, seleccionables por teclas de funciones, que van guiando al usuario indicándole el conjunto válido de operaciones que puede ejecutar, dependiendo del estado de operación en que se encuentra. Además, existe una ayuda invocable en cualquier momento, la cual describe los comandos, subcomandos y el significado de las teclas de funciones.
  - **Modo Experto.** Una vez que se cuenta con experiencia en el uso del STA, se puede utilizar este modo de operación. La interacción entre el usuario/sistema es más directa y rápida, se lleva a cabo mediante un lenguaje de comandos, cuya sintaxis es semejante a la del sistema de archivos de la computadora, permitiendo que un usuario, familiarizado con la sintaxis, pueda trabajar en modo experto casi inmediatamente.
  - **Modo "Batch".** Aprovechando la capacidad del lenguaje de comandos, es posible editar archivos que contengan un conjunto de éstos, y ejecutarlos para establecer una sesión de transferencia de archivos no interactiva. Esto facilita la realización de operaciones repetitivas, ya que no es necesario proporcionar cada vez la misma secuencia de comandos.
- **"Overlays" de Protocolos.** Este módulo se compone de los "overlays" que conforman los protocolos de transferencia y de correo electrónico. Están organizados jerárquicamente en funciones y subfunciones.
  - **Interfas con transporte.** Esta interfaz emplea las funciones de la capa de transporte para enviar y recibir mensajes, y manejar los enlaces entre procesos de aplicación.

#### Funciones de Transferencia de Archivos.

Las funciones de transferencia de archivos poseen dos modos de operación: Modo Local y Modo Remoto. En modo local se realizan las operaciones de transferencia dentro de la misma máquina, sin apoyarse en el servicio de la red, siempre y cuando, el origen y destino de la información, sea la misma computadora que se está empleando. Las funciones de transferencia de archivos en operación son:

- Enviar y recibir archivos hacia disco, pantalla o impresora.
- Renombrar, borrar y añadir archivos.
- Listar directorios.
- Cambiar de directorio de trabajo.
- Iniciar y terminar una sesión de transferencia.
- Verificar el estado del servicio.
- Brindar ayuda sobre las funciones.

- Activar y desactivar servidor.
- Seleccionar el modo de transferencia.
- Enlazar terminales de usuario.

#### 2.4.4.3 Correo Electrónico.

El sistema de Correo Electrónico ofrece un servicio de mensajería entre usuarios de la red y se encuentra inmerso dentro del Sistema de Transferencia de Archivos, por lo que sus funciones son asequibles desde éste. Los servicios actuales del Correo Electrónico son:

- Envío de cartas.
- Despliegue de la carta anterior.
- Despliegue de la carta siguiente.
- Borrado de la carta presente.

### 2.5 Comentarios.

La Red-IIMAS esta estructurada en cuatro capas. De acuerdo al modelo propuesto por ISO, debería de estar formada por siete. Sin embargo, la arquitectura seleccionada provee la estructura adecuada para satisfacer una gama aceptable e importante de servicios para la Red-IIMAS. La capa Inter-red, encargada de la comunicación entre diversas redes, no se encuentra implementada debido a que actualmente la Red-IIMAS es una sola red de área local. Se piensa que en un futuro se podrá desarrollar esta capa y de esta manera incrementar el alcance de la red al lograr la intercomunicación entre redes de área local.

Las capas de transporte y aplicación de la Red-IIMAS son descritas ampliamente en las referencias [10,12].

## Capítulo 3

### Capas Física y de Enlace de Datos

#### INTRODUCCION

Los capítulos anteriores ofrecieron un panorama global del campo de redes de computadoras y en especial de la Red-IMAS. El objeto del presente capítulo es dar una explicación breve pero formal, del funcionamiento y los servicios, de las capas física y de enlace de datos del modelo OSI y de su equivalente en la Red-IMAS, la cual corresponde a la capa de comunicación, presentandose un marco de comparación.

#### 3.1 Capa física del modelo OSI.

La capa física transmite de manera transparente, un flujo de señales, que corresponden a bits de información, a través de la interconexión física existente entre sistemas. La operación de esta capa presenta una gran diversidad de formas, debido a la variedad de factores que se pueden conjuntar. Algunos de los más importantes son: La configuración empleada para la conexión física (punto-a-punto o multipunto), modo de comunicación (full duplex o solo en un sentido a la vez half duplex), un tercer factor es la forma en que se transmiten los datos (un bit en serie o n-bits en paralelo).

OSI establece [13] que: "la capa Física proporciona medios mecánicos, eléctricos, funcionales y procedimientos para activar, mantener y desactivar conexiones físicas para la transmisión de bits entre entidades de la capa de enlace de datos. Una conexión física puede involucrar sistemas intermedios, cada uno de los cuales retransmite los bits a través de la capa física. Las entidades de la capa física se interconectan a través de un medio físico". Las especificaciones de la capa física pueden dividirse en cuatro áreas:

- **Mecánica** .- Involucra las dimensiones de los conectores entre los dispositivos y la asignación de las señales eléctricas a los contactos, montajes de los conectores, etc.
- **Eléctrica** .- Especifica los niveles de voltaje de las señales que se manejan en las interfaces o circuitos de intercambio.
- **Funcional** .- Define el significado de las señales eléctricas de los circuitos de intercambio. Estos pueden ser de datos, control y sincronía.

- **Procedimientos**.- Establece la secuencia de eventos necesarios para habilitar la transmisión de bits, permitiendo la operación de las capas superiores de la red.

### 3.1.1 Servicios de la capa física.

Los servicios de esta capa definen las conexiones físicas, los datos unitarios que se transmiten por el medio, puntos de acceso para la capa de enlace de datos, identificación de los circuitos de comunicación, secuenciamiento, informe de fallas, y parámetros para establecer servicios con calidades diferentes. Estos servicios son descritos a continuación:

- **Conexiones físicas**.- Es una trayectoria de comunicación en un medio físico, el cual existe entre dos entidades físicas, cada una de las cuales posee las facilidades necesarias para la transmisión de bits en la capa física.
- **Servicio de comunicación física de datos unitarios**.- Consiste en la transmisión de un bit serial o de n-bits en paralelo.
- **Conexión entre puntos finales de la capa física**.- Proporciona la conexión hasta el punto donde la capa es accesada por la de enlace de datos.
- **Identificación de los circuitos de comunicación de datos**.- La capa física proporciona identificadores que especifican de manera única los circuitos por los cuales se puede establecer una comunicación entre dos sistemas adyacentes.
- **Secuenciamiento**.- La capa física entrega los bits en el mismo orden en el que los recibe.
- **Notificación de condiciones de falla**.- La capa de enlace de datos es notificada de condiciones de fallas detectadas en la capa física.
- **Parámetros de calidad en el servicio**. La calidad en el servicio depende de los circuitos de datos empleados en la comunicación entre dos sistemas. Los circuitos pueden tener tasas diferentes de errores, velocidades, retardos, etc.

### 3.1.2 Funciones de la capa física.

Las funciones que establece OSI para la capa física comprenden las acciones de activar y liberar conexiones físicas, transmisión de datos unitarios y las funciones indispensables para activar la capa. A continuación se describen dichas funciones.

- **Activación y liberación de conexiones físicas**.- Interconexión, a través de circuitos de datos, de entidades de enlace de datos.
- **Transmisión de datos unitarios**.- La transmisión de los bits puede ser síncrona o asíncrona.
- **Administración de la capa física**.- Maneja los protocolos y algunas actividades de administración propias de la capa.



### 3.2 Capa de enlace de datos del modelo OSI.

El trabajo principal de esta capa es aislar las capas superiores de las características del medio físico de transmisión. Proporcionar una transmisión confiable, la cual debe ser básicamente libre de errores, independientemente de los errores que puedan existir en la conexión física. La capa de enlace de datos deberá proporcionar detección de errores y si es posible la corrección de estos. Por otro lado, los servicios deberán estar disponibles independientemente del tipo de datos que se transmiten.

La capa de enlace de datos interconecta dos entidades de la capa inter-red, localizados en diferentes sistemas. Esta interconexión es denominada conexión de enlace de datos, la cual se construye sobre una o más conexiones físicas. La capa de enlace de datos no particiona la información que recibe, de la capa inmediata superior, sólo la transforma en la misma información más la información necesaria para el funcionamiento del protocolo de la capa de enlace de datos. Esto se conoce como enmarcamiento o estructuramiento.

La capa de enlace de datos debe tomar las precauciones necesarias para la delimitación de los marcos, es decir, proporcionar un mecanismo que permita reconocer el inicio y fin de un marco, esta característica es necesaria debido a que la capa física únicamente entrega bits. Además, ofrecerá la posibilidad de detectar y corregir errores en los marcos, la corrección se basa en la retransmisión de los marcos erróneos. Lo anterior ocasiona una pérdida en la secuencia en que fueron originalmente presentados los marcos para su transmisión. Siendo entonces necesario contar con algún mecanismo de resecuenciamiento en la parte de recepción.

Se pueden definir mecanismos para el control del flujo, entre las conexiones de enlace de datos, por ejemplo, una entidad de enlace de datos puede dialogar con la correspondiente entidad de enlace de datos y solicitarle que detenga temporalmente la transmisión de marcos.

OSI establece [13] que: "La capa de enlace de datos proporciona medios funcionales y procedimientos para establecer, mantener y liberar conexiones de enlace de datos entre entidades de la capa inter-red y transfere, como un servicio, datos unitarios de enlace de datos (data-link-service-data-units). Una conexión de enlace de datos puede ser formada mediante una o varias conexiones físicas."

#### 3.2.1 Servicios de la capa de enlace de datos.

Los servicios de la capa de enlace de datos con base en el modelo OSI son: proporcionar una conexión de enlace de datos, comunicar datos unitarios entre capas de enlace de datos, manejar identificadores finales para la conexión, asegurar el secuenciamiento, notificar los errores irrecuperables, control de flujo, y poseer parámetros para calidad en el servicio. A continuación se detallan estos servicios.

- **Conexión de enlace de datos.**- Es posible establecer una o mas conexiones de enlace de datos entre dos entidades de la capa inter-red. Estas conexiones se establecen y liberan dinámicamente.

- Servicio de comunicación de datos unitarios de la capa de enlace de datos.- La capa de enlace de datos permite el intercambio de datos unitarios sobre una conexión de enlace de datos.
- Identificación del destino para la conexión de enlace de datos.- La capa de enlace de datos asigna identificadores finales para la interconexión de entidades de enlace de datos, los cuales pueden también ser usados por las entidades de la capa inter-red.
- Secuenciamiento.- Cuando así se requiera, se deberá mantener la integridad de la secuencia de las unidades de datos, comunicadas por el servicio de enlace de datos.
- Notificación de error.- El enlace de datos debe proporcionar a la entidad de la capa inter-red, notificación cuando detecta algún error irrecuperable.
- Control de flujo.- Cada entidad a nivel inter-red debe controlar dinámicamente la velocidad de recepción de unidades de los datos que fluyen por las conexiones de enlace de datos.
- Parámetros de calidad en el servicio.- Los parámetros de calidad son seleccionados opcionalmente. La capa de enlace de datos establece y mantiene la calidad del servicio seleccionado por la duración de la conexión del enlace de datos.

### 3.2.2 Funciones de la capa de enlace de datos.

Las funciones que establece el modelo de para la capa de enlace de datos comprenden el establecer y liberar conexiones de enlace de datos, enmarcamiento de la información que recibe de la capa superior, partición de conexiones de enlace de datos, delimitación y sincronización, control de secuencia, detección y corrección de errores, control de flujo, identificación e intercambio de parámetros, control de interconexión de los circuitos de datos y administración de la capa de enlace de datos. Estas funciones se explican a continuación:

- Establecer y liberar conexiones de enlace de datos.- Esta función establece y libera conexiones de la capa de enlace de datos sobre conexiones físicas ya activas.
- Enmarcamiento.- Convierte los datos unitarios recibidos por la capa inter-red en datos unitarios más el protocolo de enlace de datos, en una relación uno a uno.
- Partición de conexiones de enlace de datos.- Permite la existencia de varias conexiones físicas sobre una de enlace de datos.
- Delimitación y sincronización.- Estas funciones proporcionan el reconocimiento en una secuencia de datos unitarios procedentes de la capa física, como un dato unitario, más la información correspondiente al protocolo de la capa de enlace de datos.

- **Control de secuencia.-** Mantiene el orden secuencial de los datos unitarios.
- **Detección de errores.-** Detecta errores en la transmisión, el formato o en la operación, originados en la conexión física o en la entidad de enlace de datos.
- **Corrección de errores.-** Esta función intenta corregir los errores que se detectan y notifica a la capa inter-red de aquellos errores que no se pueden corregir (irrecuperables).
- **Control de flujo.-** Esta función da el soporte necesario para controlar el flujo de marcos entre entidades de enlace de datos.
- **Identificación e intercambio de parámetros.-** Realiza la identificación e intercambio de parámetros entre entidades de enlace de datos.
- **Control de interconexión de los circuitos de datos.-** Esta función permite a las entidades de la capa inter-red controlar la interconexión de los circuitos de datos de la capa física.
- **Administración de la capa de enlace de datos.-** La administración incluye los protocolos de la capa y actividades propias de ella, como control de errores, activación, etc.

### **3.3 Capa de comunicación en Red-IIMAS.**

La capa de comunicación de datos corresponde a las capas física y de enlace de datos del modelo OSI. A continuación se describen los servicios y funciones que corresponden, de acuerdo al modelo de referencia OSI, a la capa física, y después los correspondientes a la de enlace de datos.

#### **3.3.1 Capa física en Red-IIMAS.**

Esta capa es responsable de la transmisión transparente de bits, a través de un cable coaxial. La comunicación es multipunto, es decir, cualquier entidad se puede comunicar con todas las demás. En el canal de comunicación la transmisión es serial y en un sólo sentido.

##### **3.3.1.1 Servicios de la capa física en Red-IIMAS.**

La capa física permite establecer las conexiones físicas, presta un servicio para comunicación de datos unitarios, conexión física entre puntos finales de la capa, secuenciamiento, y notificación de condiciones de fallo.

- **Conexiones físicas.-** La conexión física está soportada por un cable coaxial que interconecta a las diversas entidades físicas.
- **Servicio físico de comunicación de datos unitarios.-** El dato unitario que se maneja en la capa física es serial, correspondiente a la información codificada.

- **Conexión física entre puntos destino de la capa física.-** Proporciona la conexión física entre puntos finales de la capa física. La capa de enlace proporciona el identificador para este fin.
- **Identificación del circuito de datos.-** Para la capa física de la Red-IIMAS no es necesario contar con identificación del circuito de datos ya que es único y por el mismo fluye toda la información de la red.
- **Secuenciamiento.-** Se asegura la entrega de los bits en el mismo orden en que fueron originalmente transmitidos.
- **Notificación de condición de falla.-** Indica a la capa de enlace de datos la existencia de fallas en el medio de comunicación. Las fallas que reporta son la ocurrencia de colisiones y la detección del canal de comunicaciones abierto.
- **Parámetros de calidad en el servicio.-** El circuito de comunicación física es único y por lo tanto, no se ofrecen parámetros de calidad.

### 3.3.1.2 Funciones de la capa física en Red-IIMAS.

Las funciones principales de la capa física son: la activación y liberación de conexiones físicas entre entidades físicas, transmisión de datos asíncronos y el manejo de los errores detectados.

### 3.3.2 Capa de enlace de datos en Red-IIMAS.

Esta capa aisla las capas superiores de las características del medio físico de transmisión; proporciona una transmisión confiable, la cual es básicamente libre de errores; informa a la capa de transporte, de errores irrecuperables. Además, el servicio es independiente del tipo de datos que se transmiten. No particiona la información que recibe de la capa superior; sólo adiciona campos útiles para la capa de enlace de datos, los cuales son removidos por la entidad de enlace de datos que recibe el marco. Provee los medios para delimitar y sincronizar los marcos que recibe. El esquema para recuperación de errores consiste en retransmisiones, pero si se trata de algún error irrecuperable, no se asegura la entrega secuencial de la información a la capa superior. Tampoco está implantado un control de flujo a nivel enlace de datos.

#### 3.3.2.1 Servicios de la capa de enlace de datos en Red-IIMAS.

La capa de enlace de datos proporciona servicios para la comunicación de datos unitarios, establecimiento de conexiones entre entidades de enlace de datos, identificación de entidades de enlace de datos, secuenciamiento, y notificación de errores. Estos servicios se describen a continuación:

- **Conexión de enlace de datos.-** No se requiere protocolo para establecer la conexión entre entidades de enlace de datos.

- Servicio de comunicación de datos unitarios en la capa de enlace de datos.- Los datos unitarios que se transfieren entre entidades de enlace de datos tienen un tamaño máximo de 1 Kbyte.
- Identificadores finales para la conexión de enlace de datos.- Cada entidad de enlace de datos posee su identificador propio y un identificador común a todas; éstos son asignados estáticamente mediante selectores (dip-switch).
- Secuenciamiento.- El orden de las unidades de datos manejadas por esta capa se conserva, a menos de que hayan ocurrido errores irrecuperables en la comunicación.
- Notificación de error.- La capa superior recibe la notificación de errores debidos a transmisiones.
- Control de flujo.- No se proporciona el servicio de control de flujo a nivel enlace de datos.
- Parámetros de calidad en el servicio.- La calidad en el servicio de enlace de datos es única.

### 3.3.2.2 Funciones de la capa de enlace de datos en Red-IIMAS.

Esta capa interconecta entidades de enlace de datos y transmite marcos de información entre los enlaces. Los bits que se reciben de las conexiones físicas son debidamente sincronizados, delimitados y entregados a la capa superior, de acuerdo al orden secuencial de arribo. Los errores en los marcos recibidos no son corregidos, ni se tiene como función controlar el flujo. Además, se cuenta con las funciones necesarias para administrar la capa y para dialogar con la capa superior.



## Capítulo 4

# Capa de comunicación de Red-IIMAS

### INTRODUCCION.

En el diseño de esta capa se buscó obtener un sistema estructurado lógicamente, teniendo presente las interrelaciones entre sus diversas estructuras. La capa de comunicación quedó estratificada en dos subcapas: física y de enlace de datos. El presente capítulo describe de una manera técnica dichas subcapas, mostrando sus primitivas de servicio, así como los subsistemas o entidades integrantes de las subcapas y de cuyo conjunto operante se obtienen los servicios. Finalmente se detalla el mecanismo de operación y administración de la capa de comunicación.

### 4.1 Estructura lógica.

La capa de comunicación está organizada lógicamente en dos subcapas o estratos (figura 4.1): La subcapa física y la de enlace de datos. Estas se apegan en gran medida a las dos capas inferiores del modelo OSI. La subcapa de enlace de datos está integrada por los subsistemas de Control de Enlace Lógico ("CELO") y de Control de Acceso al Medio ("CAMEO"). La subcapa física está formada por el subsistema que proporciona la Señalización Física ("SFI"), la Interfaz con la Unidad de Acceso ("IUA"), la Unidad de Acceso al Medio ("UAM"), y la Interfaz Dependiente del Medio ("IDEM") y el medio físico.

### 4.2 Subcapas.

La descripción de la capa de comunicación se inicia con la subcapa de enlace de datos y termina en la física. Se detallan los subsistemas internos que las integran de acuerdo a un orden jerárquico, es decir, de subsistemas superiores a inferiores. Para cada subsistema se describe el protocolo que soporta, así como también, los servicios y funciones que realiza. La descripción de los subsistemas está basada en las primitivas de servicio, funciones y operación. Además en la subcapa física se detallan las características eléctricas.

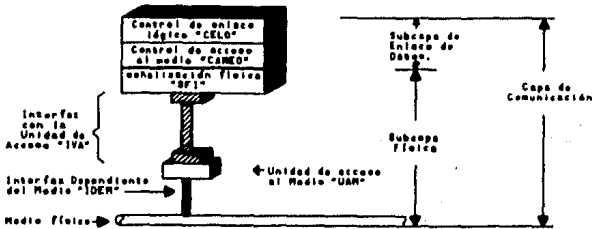


Figura 4.1: Capa de comunicación de Red-IIMAS

#### 4.2.1 Subcapa de enlace de datos.

La capa de transporte se apoya directamente en los servicios que le proporciona la subcapa de enlace de datos, siendo el CELO el punto de acceso para estos servicios. Este subsistema se encuentra, de acuerdo a una división lógica, en la parte alta de la subcapa de enlace de datos y en la parte baja está el subsistema de CAMEO.

##### 4.2.1.1 Servicios y protocolo del CELO.

El CELO proporciona a la capa de transporte de la Red-IIMAS un servicio de transferencia de datos, mediante el cual las entidades de transporte pueden intercambiar paquetes. El servicio de CELO no incluye el establecimiento de una conexión a nivel enlace de datos. Las primitivas asociadas con la transferencia de datos son:

- RCB.DT.- El CELO recibe esta primitiva, proveniente de la capa de transporte, la cual solicita el inicio de una operación de envío de un paquete hacia otra capa de transporte. Los parámetros son: El tamaño del paquete a recibir, es decir, el número de octetos del mensaje (el tamaño máximo es de 1024), y el parámetro identificador de la capa de transporte destino.
- SND.DT.- Con esta función la capa de transporte le solicita al CELO el inicio de la transferencia de un paquete hacia la capa de transporte. Los parámetros especificados son: el tamaño y el proceso de la capa de transporte destino, al cual se debe enviar el paquete.
- RECHAZA.DT.- Esta primitiva, invocada por transporte, le solicita al CELO que deseche el mensaje que está al inicio de la cola de recepciones, correspondiente a los mensajes recibidos desde el canal de comunicaciones. Esta función es de gran utilidad para obtener un mejor aprovechamiento del procesamiento y uso de memoria, tanto en la capa de transporte como en la de comunicación.



- STS.DT.- Le indica a la capa de transporte el resultado, de éxito o fracaso, en la operación de envío hacia el medio de transmisión. Para el caso de recepciones a través del cable coaxial sólo se indica cuando es exitosa, avisando que hay un paquete por transferir hacia transporte. Los códigos son:
  - Error en la operación de trasferencia entre las capas.
  - Error en la línea de transmisión.
  - Existe un paquete para transporte.

Los mensajes de error o de la existencia de paquetes destinados a la capa de transporte, producen efectos importantes dentro de esta capa. En el primer caso se originan acciones encaminadas a la corrección de errores y en el otro una preparación para el inicio de una recepción.

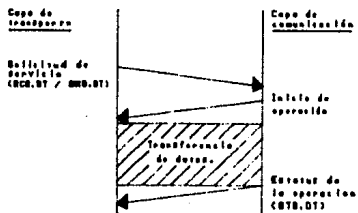


Figura 4.2: Interfaz Transporte/Comunicación (CELO)

La figura 4.2 representa el protocolo que se utiliza en la interfaz entre la capa de transporte y la de comunicación. Todo servicio de transferencia es solicitado inicialmente por transporte; pudiendo ser la solicitud para el envío de un paquete hacia la capa de comunicación RCB.DT o hacia transporte SND.DT. CELO recibe la solicitud de servicio, pero antes de atenderla valida el comando y los parámetros que recibe; si el comando no es correcto, no lo ejecuta y envía un mensaje de error a la consola de la capa de comunicación. Una solicitud válida genera una serie de operaciones de preparación, para ejecutar la orden recibida; éstas se efectúan dentro de la capa de comunicación. Una vez que se terminan los preparativos, se le indica a CELO para que éste se lo haga saber a la capa de transporte, mediante el comando de inicio (INIC.DT). Al finalizar la operación de transferencia se envía a la capa de transporte, el informe del estatus de ésta (STS.DT).

#### 4.2.1.3 Servicios y Protocolo de CAMEO.

Los servicios proporcionados por CAMEO permiten que entidades de control de enlace lógico, localizadas en diferentes máquinas, se comuniquen entre sí. Sus primitivas de servicio son:

- **TXLINE.**- Enmarca el paquete recibido del CELO, creando una unidad de datos denominada marco. Posteriormente solicita a la subcapa física el envío del marco a través del canal de comunicación. Los parámetros involucrados son únicamente la dirección de inicio y fin del paquete. Esta primitiva es invocada por CELO cada vez que recibe un paquete de la capa de transporte.
- **RECEX.**- Esta primitiva se activa cada vez que es necesario notificarle al CELO la recepción de un marco correcto. Los parámetros que proporciona son: dirección final y PQRX; contador del número de paquetes recibidos y por entregar a transporte.
- **TREX.**- Es activada por la subcapa física cada vez que realiza una operación exitosa de envío por el cable coaxial. Los parámetros que maneja son PQT X y NXTTX. Estos indican, respectivamente, el número de paquetes por enviar a la subcapa física y el próximo por enviar.
- **BADLIN.**- Esta primitiva es llamada por la subcapa física en caso de problemas en el canal de comunicación.

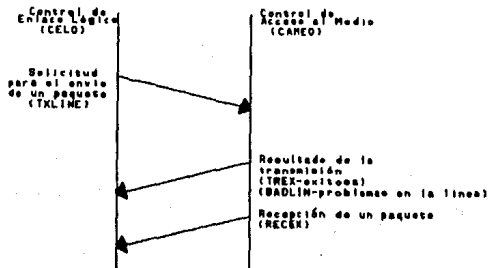


Figura 4.3: Protocolo de la interfaz CELO/CAMEO

La figura 4.3 muestra el protocolo que se maneja en la interfaz de comunicación entre CELO y CAMEO. La única operación que puede solicitar directamente CELO es el envío de paquetes y recibe en cambio, las notificaciones sobre el resultado de la transmisión y las de la llegada de paquetes de la subcapa física. Los posibles resultados de una transmisión son: exitosa o con problemas en el canal de comunicaciones.

**4.2.1.2.1 Formato del marco en CAMEO** Las unidades de datos que transfiere CAMEO son marcos. Los cuales están formados por seis campos: El preámbulo, la

sincronía o delimitador del inicio del paquete, dirección destino, dirección origen, los datos, y un campo final que contiene un bloque de información (BCC) de 16 bits correspondientes al código cíclico de verificación (Obtenido con el metodo de division polinomial de grado 16 CRC-16), el cual sirve para la detección de errores. Todos los campos son de tamaño fijo, a excepción del campo de datos, el cual puede contener un número variable de 8 bits (byte), comprendido entre 1 y 1024. La figura 4.4 muestra el formato y el contenido de los campos y su definición se detalla a continuación.

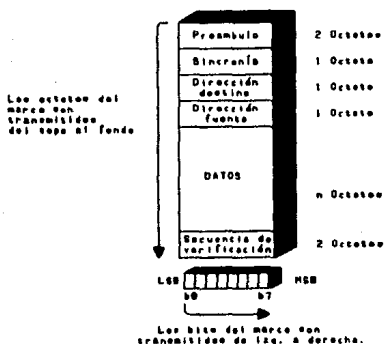


Figura 4.4: Formato del marco en CAMEO

- **Preámbulo.**- Este campo de dos bytes es utilizado para obtener un estado de sincronía estable en la circuitería de SFI. El contenido de los bytes es AAAAH.
- **Sincronía.**- Al inicio de una recepción le permite al receptor determinar a partir de que momento debe considera que los 8 bits conforman un byte. Y al transmisor le indica el inicio del marco para que éste empiece a calcular el BCC. La sincronía es sólo un byte y su valor es 7Ch.
- **Campos de dirección.**- Cada marco contiene dos campos para dirección: El campo para la dirección destino y a continuación el campo de la dirección origen. Cada uno tiene una longitud de un byte, por lo que es posible direccionar hasta 256 estaciones.

Las direcciones destino de CAMEO pueden ser de direccionamiento individual, que es la dirección asociada a una estación particular en la red, o el direccionamiento dirigido hacia todos los nodos (broadcast) mediante el uso de una

dirección que es común al conjunto de todas las estaciones en la red. Las direcciones asociadas a cada entidad de CAMEO son predefinidas, así como la dirección broadcast; la cual corresponde a 00H.

- **Campo de Datos.-** Este contiene una secuencia de n bytes. Red-IIMAS proporciona una transparencia total de los datos, en el sentido de que puede contener cualesquier secuencia arbitraria de bytes.
- **Campo de la Secuencia de Verificación.-** Una verificación cíclica redundante (CRC) es empleada por los algoritmos de envío y recepción para generar el valor del BCC correspondiente al campo de la secuencia de verificación. Este campo almacena en dos bytes el valor del BCC y se calcula con base en la información contenida en el marco, exceptuándose los bytes de preámbulo y del campo de verificación. Un marco es inválido si al recibirlo y calcularle el BCC, este valor no es idéntico al contenido en el campo de verificación del marco en cuestión.

**4.2.1.2.2 Control de Acceso al Medio.** La Red-IIMAS utiliza un control distribuido para la asignación del medio de comunicación. Las operaciones de transmisión y recepción de marcos, de acuerdo al modelo funcional de la arquitectura de la red, son presentadas a continuación.

**TRANSMISION NORMAL.-** En una operación normal de transmisión no existen contensiones. Se inicia en el momento en que una entidad de CELO solicita la transmisión de un paquete. El sistema de CAMEO construye el marco a partir del paquete proporcionado por CELO. Este marco es enviado al módulo de adquisición de línea para su posterior transmisión.

El módulo de adquisición de línea trata de evitar contensiones con el tráfico en el medio. Esto lo logra probando el nivel de la señal que detecta la existencia de portadora, señal enviada por la entidad de SFI; Si no detecta portadora, después de un intervalo inicia la transmisión.

La SFI genera y transmite las señales eléctricas y simultáneamente monitorea el medio, y en caso de colisión, genera la señal de detección de colisión (MFM).

Cuando la transmisión se ha completado sin contensiones, CAMEO lo notifica así a la entidad de CELO y ésta a su vez, a la capa de transporte de la red.

**RECEPCION SIN CONTENIONES.-** En cada estación receptora el arribo de un marco se detecta primero en la entidad de SFI; en donde se restaura la señal recibida, se decodifica obteniéndose los datos binarios, posteriormente se sincroniza a nivel bit, esta sincronía es necesaria ya que establece la polaridad correcta de la información (bits). Este flujo serial de bits se transfiere a la entidad de CAMEO, la cual elimina los bits de preámbulo y sincronía. La primera función de CAMEO es determinar si el destino es correcto; si lo es, CAMEO toma los bits de SFI mientras exista la señal que indica la detección de portadora (LO), si no corresponde el destino se termina la recepción.

En un estado de recepción CAMEO determina el fin de la operación en el instante en que la señal LO desaparece, sin embargo, debido al retardo de propagación de la información serial desde la entrada al receptor, hasta que se conforma un byte, CAMEO deberá esperar hasta que se complete el último byte. Si es exitosa la verificación del BCC, realizada automáticamente por el receptor, se procede al desemarcamiento de los datos recibidos y la notificación a CELO.

**INTERFERENCIAS DURANTE EL ACCESO AL MEDIO Y SU RECUPERACION.-** Cuando se traslapan transmisiones de dos o más estaciones, la contención resultante se conoce como colisión. Una estación puede experimentar una colisión durante la fase inicial de su transmisión (ventana de colisiones); esto se debe a que la señal no alcanza a propagarse a todas las estaciones del medio de CSMA/CD. Pero una vez que ha pasado esta ventana de colisiones, es decir, cuando una estación ya adquirió la línea y está transmitiendo, no sucederán colisiones subsecuentes, ya que se supone que el resto de las estaciones recibió la señal portadora presente en el cable.

En caso de una colisión, la subcapa física de la estación que está transmitiendo, la detecta y lo señaliza (MFM) a CAMEO. Esta entidad pone en operación el mecanismo para el manejo de colisiones, abortando la transmisión y reprogramando otro intento de transmisión, después de un intervalo aleatorio. En cada nuevo reintento con ocurrencia de colisión el manejo de acceso a la línea trata de ajustarse a la carga del medio, retrasando sus propias retransmisiones, con el fin de reducir la carga en el medio. Esto se logra aplicando un factor multiplicativo, cada vez mayor, sobre el intervalo básico generado aleatoriamente. Si en alguna retransmisión no existe colisión, se avisa a CAMEO de la transmisión exitosa, pero si después de 16 intentos de retransmisión no se logra una transmisión exitosa, se notifica a CAMEO la existencia de problemas en el medio.

#### **4.2.2 Subcapa física.**

Esta capa tiene como objetivo el establecer la comunicación de datos entre entidades de enlace de datos de la Red-IIMAS, esta formada básicamente por 5 subsistemas: Señalización física ("SFP"), Interfaz con la Unidad de Acceso ("IUA"), La Unidad de Acceso al Medio ("UAM"), la Interfaz Dependiente del Medio ("IDM") y el medio físico (cable coaxial). Los parámetros que se manejan en esta subcapa son señales eléctricas transportadas sobre líneas de control.

##### **4.2.2.1 Señalización Física (SFI) e Interfaz con la Unidad de Acceso (IUA).**

Esta sección describe las características lógicas, eléctricas y mecánicas de la entidad de señalización física y de la interfaz con la unidad de acceso al medio. El propósito de la IUA es el de proporcionar una interconexión simple y un aislamiento eléctrico entre el Controlador (CCD) y la unidad de acceso al medio físico de comunicación.

**4.2.2.1.1 Señalización Física.** La entidad de SFI proporciona dos servicios a la subcapa de enlace de datos: El envío (Data.out) y la recepción de datos (Data.in). Estas funciones operan asíncronamente y en "half-duplex".

- Envío.- Nos permite la transmisión transparente de datos hacia la unidad de acceso al medio. Los parámetros que recibe esta primitiva son: los datos de salida (Datoso), aislamiento lógico (3er.edo), reloj de transmisión (Cko), y como parámetro de salida, le envía a la subcapa de enlace de datos, el valor de la variable que monitorea las colisiones en el cable coaxial (MFM).
- Recepción.- La función de entrada de los datos a la entidad de SFI se efectúa de manera transparente y automática. Los datos recibidos se envían a la subcapa de enlace de datos. Los parámetros que presenta a la subcapa son: datos de entrada (Datosi), Línea Ocupada (LO) y Reloj de Recepción (Cki).

**4.2.2.1.2 Interfaz con la Unidad de Acceso al Medio.** La IUA está diseñada para que la mayoría de las funciones sean proporcionadas por el CCD, y de esta forma contar con una interfaz simple. Esta división de las funciones se adopta por el hecho de que la UAM debe estar localizada en un lugar próximo al canal de comunicación y en general estos lugares son de acceso difícil o incómodo. A través de la IUA únicamente se manejan las señales de envío, recepción de información y de alimentación. Además, el diseño de la IUA proporciona una gran transparencia entre el medio de comunicación y el CCD.

En la Red-IIMAS la IUA tiene las siguientes características:

- Capaz de soportar una velocidad de 10 Mb/s.
- Alcance mayor a 25 metros.
- Proporciona aislamiento eléctrico.

No existe un protocolo complejo en esta interfaz, sólo se envían o se reciben datos codificados a través de la IUA. Las características de esta señal codificada se describen a continuación.

**4.2.2.1.2.1 Señal en la IUA.** Una variante de codificación por retardo ("delay-modulation" o código de Miller) es empleada para la transmisión de los datos a través de la IUA. Codificación por retardo es un mecanismo de señalización binaria que combina datos y reloj en bits-simbólicos. El uno lógico es representado por el cambio de una señal a la mitad del intervalo del bit, y un cero lógico, por un cambio en el nivel de la señal al final del intervalo del bit; si el cero lógico es seguido por un uno lógico, no hay transición en el nivel de la señal al final del primer intervalo del bit. Ejemplos de formas de ondas codificadas por Miller se muestran en la figura 4.5.

La modificación a la codificación de Miller consiste en el envío de un pulso positivo en cada frente de onda de la señal codificada (XTM1), e inmediatamente después de la terminación de este pulso, se envía otro de la misma magnitud, pero de polaridad inversa (XTM2).

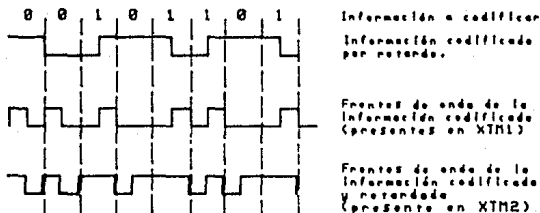


Figura 4.5: Señal presente en la IUA

**4.2.3.1.2.3 Características Eléctricas de la IUA.** Los transmisores y receptores empleados en la IUA son acoplados mediante transformadores de pulsos. El transmisor presenta una impedancia de salida de 100 Ohms y la impedancia de entrada del receptor es de 10 Kohms. El retardo de propagación típico de los circuitos integrados empleados es de 15 nanosegundos.

#### 4.2.3.2 Unidad de Acceso al Medio y Canal de Comunicación.

El propósito de la UAM es proporcionar un medio simple y económico para unir dispositivos al medio de comunicación de la red. La UAM tiene las siguientes características:

- Habilita el acoplamiento de la SFI, a través de la IUA, con el sistema de transmisión troncal (cable coaxial).
- Soporta el flujo de la señal codificada a una velocidad de 10 Mbps.
- Maneja distancias de hasta 1.5 Km. sin necesidad de repetidores.
- Soporta mecanismos para CSMA/CD.
- Soporta una interconexión en topología de bus.

Los objetivos planteados y obtenidos por la UAM y el canal son:

- Establecer los medios físicos para comunicación entre entidades de enlace de datos de la Red-IIMAS.
- Proporcionar un canal de comunicación con un ancho de banda amplio y una alta confiabilidad de que la información que se recibe es correcta, la razón de los errores que no son detectados a nivel físico, por el CRC-16, es menor a una parte en  $10^{*9}$  [15].
- Facilitar la instalación y servicio.

**4.2.2.2.1 Descripción Funcional de la UAM.** La UAM proporciona los medios necesarios para que las señales de la IUA, correspondiente a las señales desde y hacia el CCD, estén acopladas a un canal de comunicación. Para lograrlo, la UAM tiene las siguientes capacidades funcionales para el manejo de mensajes entre CCD y el cable coaxial:

- Función de transmisión.- Capacidad para transmitir flujos de bits seriales en un medio compartido desde un CCD a una o más entidades CCD's de la misma Red-IIMAS.
- Función de Recepción.- Capacidad para recibir flujos de bits seriales presentes en el medio común.

**4.2.2.2.2 Características eléctricas UAM-Medio.** En esta sección se describen las características eléctricas de la interfaz entre la UAM y el cable coaxial.

La UAM requiere una alimentación de 17 VAC con una potencia menor a 2 W. Internamente convierte el voltaje de entrada en dos fuentes reguladas de 12 y 5 VDC y transmite en el canal de comunicación una potencia de 80 mWatts. El nivel y la forma de la señal en el cable coaxial se muestra en la figura 4.6.

La impedancia característica del cable es de 75 Ohms. La atenuación de la señal para una distancia de 1.5 Kms. es de 10 db y presenta una velocidad de propagación de 0.88 c [16] ( $c$  = velocidad de la luz). Para minimizar las reflexiones de las señales en el cable, este se termino mediante componentes pasivos; los cuales presentan una impedancia de terminación igual a la impedancia característica del cable. Nuestra terminaciones son resistencias de 75 Ohms con una tolerancia del 1% en el rango de 0-20 Mhz y una disipación máxima de potencia de .5 W. El extremo de la resistencia, a la cual se le conectó el blindaje del cable, se unió con la tierra física. Esto nos proporcionó la tierra del sistema.

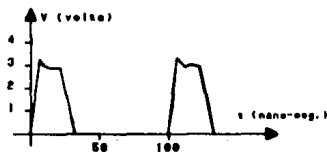


Figura 4.6: Señal presente en el cable coaxial

### 4.3 Operación de la capa de comunicación.

El inicio de cualquier operación de transferencia entre la capa de comunicación y la de transporte debe ser solicitada por la capa de transporte, es decir, la operación de la



capa de comunicación obedece un principio de esclavo de la capa de transporte ya que actúa bajo las ordenes de la capa de transporte. Es importante resaltar que la capa de comunicación de la Red-IIMAS está diseñada para actuar ya sea como esclavo o maestro y en esta versión se programó como esclavo.

Las acciones que se ejecutan en la capa de comunicación consisten básicamente en la recepción o entrega de unidades de información entre subsistemas inmediatos superiores o inferiores. Si la unidad de información lleva un flujo descendente, se le adicionan campos de control útiles a ese nivel. Por otro lado, cuando la información asciende, primero se valida, se extraen los campos de control de ese nivel y se envía la unidad de información hacia el próximo subsistema superior.



## Capítulo 5

# Desarrollo de la capa de Comunicación

### INTRODUCCION.

Este capítulo está enfocado a la descripción de la implementación de la capa de comunicación de Red-IIMAS. Se tratan algunas consideraciones importantes del diseño, desarrollo y la operación de cada uno de los subsistemas de la capa de comunicación. El CAMEO (construido por los autómatas de control de memoria, adquisición de línea, transmisión y recepción) no se describe a profundidad, debido a que no es parte del presente trabajo de tesis y su presentación, hecha a grandes rasgos, tiene como fin completar la descripción de la implementación.

La capa de comunicación esta formada por un conjunto de 5 autómatas, un trans/receptor y un núcleo de programación encargado del control y administración de la capa de comunicación.

La secuencia seguida en la descripción es de acuerdo a una coorelación entre los elementos de implementación con la estructura jerárquica de la capa de comunicación de Red-IIMAS.

### 5.1 Desarrollo de la capa de comunicación.

Una estrategia importante en la elaboración de la capa de comunicación de la red fue la de obtener un diseño modular y estructurado, lo cual también nos permitió que el proceso de diseño fuese gradual. Esta estrategia de diseño posibilita el desarrollo y la prueba independiente de cada uno de los módulos o autómatas que constituyen a la capa, facilitando su integración.

La capa de comunicación está implementada con base en un conjunto de autómatas de alta velocidad, los cuales son capaces de proporcionar comunicación entre anfitriones de la red a una velocidad de 10 Mbits/s. Cuenta con un sistema que controla y administra a los autómatas (Sistema de control), los cuales están construidos con circuitos integrados y/o componentes pasivos. El Sistema de Control es un sistema inteligente formado, básicamente, por un microprocesador (8080-Intel), memoria y puertos de entrada/salida. En la figura 5.1 se muestran los elementos de la capa de comunicación.

La descripción de la implementación de la capa de comunicación se inicia con la subcapa de enlace de datos y posteriormente con la subcapa física. Cada una de estas es fragmentada en sus partes integrantes, describiendos a detalle su construcción interna.

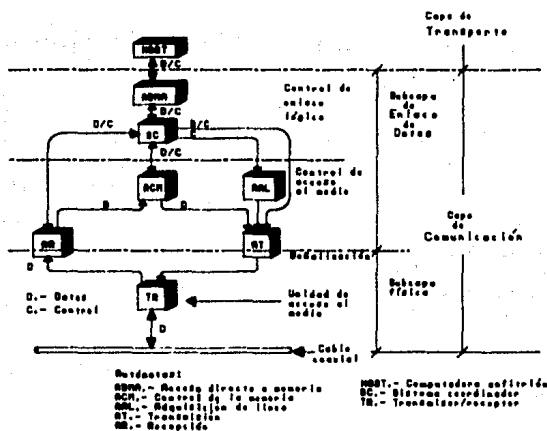


Figura 5.1: Sistema de control y autómatas de la capa de comunicación

## 5.2 Subcapa de enlace de datos.

La subcapa de enlace de datos de Red-IIMAS esta dividida en el control de enlace lógico y el control de acceso al medio. Las siguientes secciones presentan un analisis detallado de dichos controles.

### 5.2.1 Control de enlace lógico

El CELO esta constituido por el módulo de programación y un autómata que son: el Sistema de Control (SC) y el Autómata de Acceso Directo a Memoria (ADMA).

La operación del control de enlace logico ( CELO ) se caracteriza por ofrecer un servicio esclavo de transferencia de paquetes entre computadoras o dispositivos anfitriones en la red, sin el establecimiento de enlaces lógicos entre las entidades que se comunican. Es importante establecer que esta es una de las posibles formas de operación del CELO, ya que la cualidad de que el SC sea un sistema programable, posibilita el desarrollo de diversos esquemas para el control de enlace lógico. El modo actual de operar se seleccionó por su sencillez y como una primera aproximacion que permitirá realizar evaluaciones futuras del funcionamiento y estar en condiciones de elaborar mejoras en el CELO.

Otras características importantes del CELO son su rapidéz y la transparencia en la comunicación de la información, entre las capas de transporte y comunicación, cualidad aportada en gran medida por el ADMA.

#### 5.2.1.1 Sistema de Control (SC).

El SC se basa en una tarjeta impresa comercial "System Design Kit-80" (SDK-80) , su arquitectura se muestra en la figura 5.2. El SDK cuenta con un programa monitor mínimo y puertos paralelos ( PA, PB y PC ). Las señales de control, necesarias para que el SC logre la armonía en la operación integral de todos los autómatas de la capa de comunicación, se envían ya sea por puertos paralelos o por las mismas líneas de control propias del microprocesador.

La elección de una tarjeta comercial se debe a que nos permite disminuir el tiempo involucrado en el desarrollo del SC y posibilita, a futuro, la substitución por tarjetas con componentes y capacidades más poderosa. En el diseño del SC de la Red-IIMAS, los requisitos de componentes electrónicos son mínimos, ya que sólo se necesita un microprocesador, reloj para el sistema, decodificadores, memoria RAM y ROM e interfaces serie y paralelo.

El SDK-80, en su estado original, no cumple con los requerimientos por lo que fue necesario efectuar algunos cambios. La mayoría de los componentes electrónicos de la tarjeta se conservarán, a excepción de los decodificadores y la adición de puertos paralelos extras (RA, RB y RC). La modificación en los decodificadores fue necesaria puesto que sólo existían 4 Kbytes (0000H - 1000H) para direccionar memoria del tipo ROM con capacidad para expansión en incrementos de 1 Kbytes. Además, de una capacidad de sólo 2 Kbytes (1000H - 17FFH) de memoria RAM expandible en bancos de 256 bytes. Estas fuertes limitaciones en memoria principal condujeron a la expansión

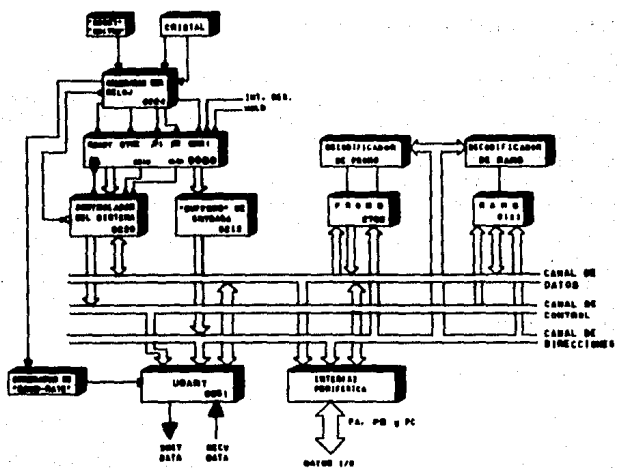


Figura 5.2: Diagrama de las componentes del SDK.

del espacio de direccionamiento para obtener 8 Kbytes adicionales de memoria RAM (2000H - 4000H). Este banco de memoria es especial ya que tiene la propiedad de acceso simultáneo, a través de dos puertos de lectura/escritura. La decodificación de la memoria ROM se modificó para poder utilizar bancos de 2 Kbytes por ser memorias más baratas y disponibles comercialmente. Las señales de control para los autómatas, se manejan mediante puertos de salida, implementados con circuitos integrados 8255-Intel cada uno de los cuales proporciona 3 puertos paralelos de 8 líneas cada uno. El diseño requirió de más de 24 líneas de control por lo que fue necesario incluir un circuito integrado que proporcionara puertos paralelos adicionales. A continuación se describe la manera en que esta implementado el SC.

**5.2.1.1.1 Implementación del SC.** La parte medular del SC es su estructura de datos, diseñada para llevar el control de los paquetes de transmisión y recepción que fluyen a través de él. Además, se encuentran las banderas del sistema utilizadas para obtener un secuenciamiento lógico en sus operaciones. El complemento de la implementación lo constituye la programación involucrada en la operación de la capa de comunicación. El SC normalmente se encuentra en un estado de espera y su interacción con los autómatas es mediante procesos, estos son despertados siempre que ocurre algún evento significativo en los autómatas, como es el caso de una solicitud de inicio de operación, terminación exitosa o la detección de algún error irrecuperable. Los autómatas interrumpen al procesador y la rutina encargada de atender a las interrupciones lee el vector de interrupción y despierta al proceso correspondiente. Los procesos que atienden a las interrupciones son RESEX (Recepción exitosa), DMAOK (Operación de transferencia en DMA correcta), HAYGO (La computadora anfitrión solicita atención), TREX (Transmisión exitosa), BADLIN (Problemas en la línea de transmisión) y TO (Se agotó el tiempo de espera).

**5.2.1.1.1.1 Memoria y estructura de Datos del SC.** La memoria RAM es de dos tipos; 2 Kbytes son de memoria RAM normal (1000H - 17FFH) y 8 Kbytes son de memoria RAM de doble puerto de acceso (2000H - 3FFFH). Las estructuras de datos del SC residen en 512 bytes de memoria RAM y la programación del SC en 1.5 Kbytes de memoria ROM.

La memoria de doble puerto esta diseñada con base en una memoria RAM rápida (tiempo de acceso de 150 ns), a la cual se le adicionó un control que le permite una transmisión asíncrona y simultánea desde/hacia el anfitrión y desde/hacia el cable coaxial (doble puerto de acceso) y posee lógica que le permite considerar a la memoria como un banco circular. Esta memoria sirve como espacio de almacenamiento temporal y adecúa la velocidad de la información que fluye por el medio de comunicación con la del dispositivo anfitrión de la red.

Todos los mensajes que transitan por el SC se guardan en la memoria RAM de doble puerto de acceso, la cual cuenta con dos particiones; los primeros 6 Kbytes (2000H - 37FFH) corresponden al buffer de recepción (paquetes recibidos del cable coaxial), y 2 Kbytes (3800H - 3FFFH) pertenecen al buffer de transmisión (paquetes por enviar hacia el cable coaxial).

La memoria RAM normal sirve para el respaldo de variables del sistema, tales como apuntadores, banderas y área de stack. La asignación de esta área de memoria es como sigue: de la localidad 1000H hasta la 11FFH se encuentran los apuntadores al inicio de los paquetes que se encuentran en las áreas de almacenamiento para transmisión y recepción, en la localidad 1200H de memoria se almacenan las banderas del sistema; en la localidad 1201H se encuentra el contador del número de paquetes por enviar al anfitrión; 1202H y 1203H son el apuntador al próximo paquete por enviar al anfitrión; y en 1204H y 1205H, el apuntador a la próxima entrada disponible de la tabla de apuntadores al buffer de recepción. Para el control del buffer de transmisión hacia el cable; en la localidad 1211H se encuentra el contador del número de paquetes por transmitir al cable; en 1212H y 1213H el apuntador al próximo paquete por transmitir al cable; y en las localidades 1214H y 1215H se almacena la información de la próxima entrada disponible en la tabla de apuntadores al buffer de transmisión. La figura 5.3 muestra la forma en que se distribuyó la memoria disponible, para generar la estructura de datos del SC.

La estructura de datos del SC es simétrica, tanto en la transmisión como en la recepción. La única diferencia radica en que el tamaño de los buffers es distinto.

Los buffers de transmisión o recepción se manejan como listas doblemente ligadas. Cada vez que se recibe un paquete, se actualiza la tabla de los apuntadores al inicio de los paquetes por enviar al anfitrión, y una vez que son recibidos correctamente por el anfitrión, se borra dicha entrada y se decrementa el contador del número de paquetes por enviar. Para determinar cuál es el paquete por enviar, existe un nivel superior de indexamiento, el cual consiste únicamente en el apuntador al siguiente paquete por enviar, es decir, un apuntador a la entrada correspondiente de la tabla de apuntadores, los cuales señalan el inicio de los paquetes por enviar.

**5.2.1.1.2 Operación del SC.** El inicio de cualquier operación en la capa de transporte involucra que el SC programe a los autómatas para la ejecución correcta de la operación requerida, preestableciéndoles explícitamente los parámetros necesarios. Con excepción de los AR y de ADMA, los cuales están siempre activos e interrumpiendo cada vez que reciben un mensaje correcto. El funcionamiento del SC se apoya en las interrupciones que le envían los autómatas, de donde obtiene información de la última operación ejecutada por éstos. El empleo de interrupciones facilita una rápida atención, a las demandas de los autómatas, y también ofrece una gran disponibilidad del procesador.

El SC cuenta con una rutina de inicialización, la cual se activa al encender el controlador. La inicialización del SC puede también efectuarse externamente de manera local o remota; localmente a través de un pequeño interruptor momentáneo (push-bottom), localizado en una de las tarjetas del controlador, y remotamente desde el dispositivo anfitrión con el comando de inicialización. En la figura 5.4 se muestra la secuencia de eventos involucrados en la fase de inicialización del SC, donde se inicializan los autómatas y las estructuras de datos, se efectúan pruebas de la memoria y funcionamiento correcto de los autómatas. El estado 0 es una condición ociosa del SC, en la cual está a la expectativa de recibir alguna interrupción de los autómatas. Se



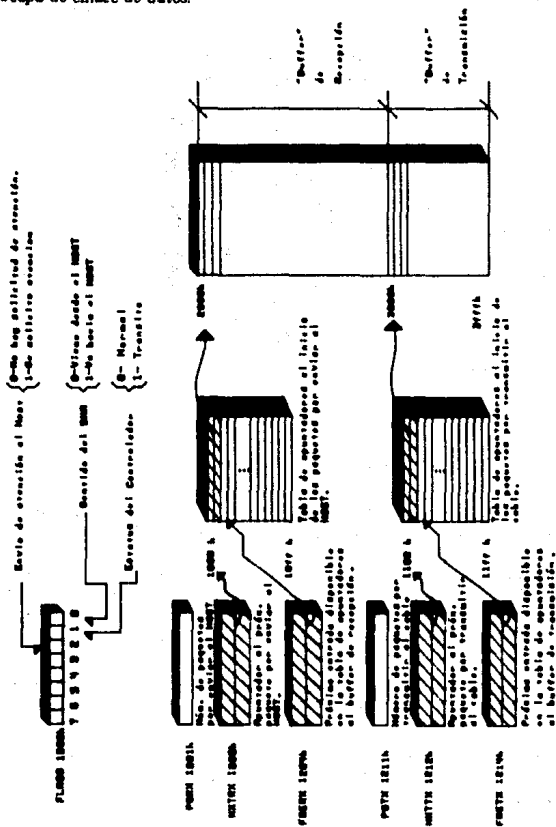


Figura 5.3: Estructura de datos en el SC

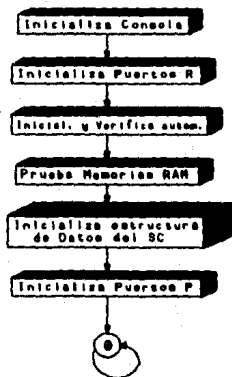


Figura 5.4: Inicialización del SC

piensa aprovechar el procesador para que en este estado realice algunos procesos, como son la ejecución de diagnósticos locales y remotos y contabilidad de la utilización del canal.

Para atender una interrupción se llama a una rutina encargada de leer y analizar el vector de interrupción la cual despacha a la rutina de servicio adecuada. El SC cambia a otro estado (estado 1 - estado 6), dependiendo del vector recibido. Una vez que se termina el proceso de servicio el SC regresa a su estado anterior. La figura 5.5 muestra los estados posibles y el nombre de la rutina de servicio asociada.

A continuación se presenta la descripción de cada una de las rutinas principales de servicio del SC y de las rutinas auxiliares.

**5.2.1.1.1.3 Recepción exitosa (RECEX)** Esta rutina de servicio se activa al recibirse un marco correcto. La figura 5.6 muestra las diversas operaciones que realiza el proceso RECEX. Estas son:

- Lectura de la dirección final del marco recibido.- La dirección final, del marco que se recibió desde el cable coaxial, está disponible en los puertos PA y PB.
- Actualización de la tabla de apuntadores al buffer de recepción.- La dirección final del marco recibido se almacena en una entrada de la estructura circular de los apuntadores al buffer de recepción.

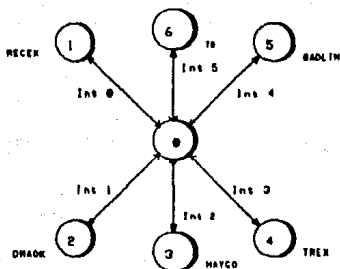


Figura 5.5: Vectores de interrupción del SC

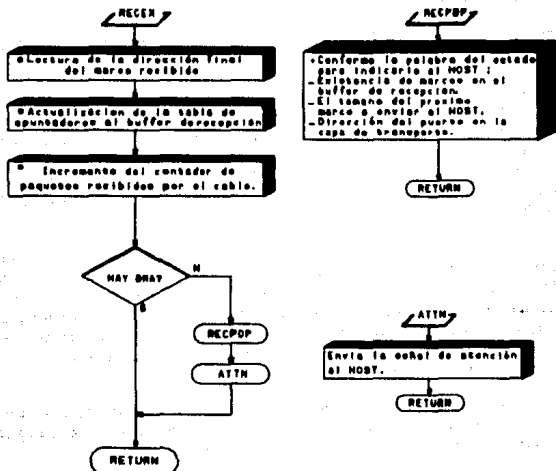


Figura 5.6: Actividades del proceso RESEX

- Incremento al contador de paquetes recibidos.- La existencia de un valor positivo en este contador indica que hay paquetes que deben ser transmitidos al anfitrión.
- RECPDP.- Esta rutina forma la palabra del estado de la capa de comunicación. Contiene la indicación de existencia de paquetes por enviar a la capa de transporte, el tamaño del mismo, y la dirección del puerto de transporte al cual va dirigido el paquete, así como información del resultado de la última operación llevada a cabo. La palabra es enviada a transporte únicamente si no hay alguna operación de DMA en tránsito.
- ATTN.- Esta rutina enciende la señal de atención al anfitrión. Solicita atención para la palabra de estado del SC, presente en el registro de datos de entrada.

**5.2.1.1.1.4 Dma correcto (DMAOK).** Este proceso se activa después de la terminación exitosa de alguna operación de transferencia de paquetes entre las capas de comunicación y transporte (Anfitrión y Controlador). En caso de que haya ocurrido algún error, la rutina de error envía un mensaje descriptivo de la condición de falla a la consola del controlador y a la capa de transporte. La figura 5.7 muestra las actividades involucradas en la rutina de servicio DMAOK. Estas son:

- Validar la operación de DMA en tránsito.- Esta verificación se hace para dar mayor consistencia y confiabilidad en la operación del SC.
- Permitir el acceso del SC a la memoria de doble puerto.- Los puertos de la memoria de doble acceso están asignados de la siguiente manera: por una puerta de acceso se atienden las solicitudes de lectura, para el envío de marcos por el cable coaxial, y también se reciben peticiones de escritura emitidas por el AR; la otra puerta de acceso se comparte por el SC (lectura/escritura) o el ADMA (lectura/escritura). Siendo necesario que al terminarse una operación de DMA se habilite el puerto para que este disponible al SC.
- Actualizar la estructura de datos del SC.- La actualización es similar para una transferencia de DMA hacia el anfitrión como para una desde éste. La única diferencia radica en las variables que se modifican. Las operaciones en una actualización son: decrementar el contador de paquetes (en el buffer de recepción o de transmisión), establecer el apuntador al próximo paquete por enviar o recibir del anfitrión y actualizar las banderas que indican que es una operación de DMA y el sentido de la transferencia de DMA.
- Preguntar si hay paquete en el buffer de recepción ?.- La etapa final del proceso DMAOK es el envío de la palabra de estado, indicando que la operación de DMA fue correcta y si hay paquetes por enviar a transporte.
- Transmitir (TXLINE).- Esta rutina, mostrada en la figura 5.8, es despertada por DMAOK si una operación de DMA involucró la recepción exitosa de un paquete del anfitrión y el cable coaxial está libre, es decir, no hay transmisión local en progreso. Las acciones involucradas en TXLINE son:

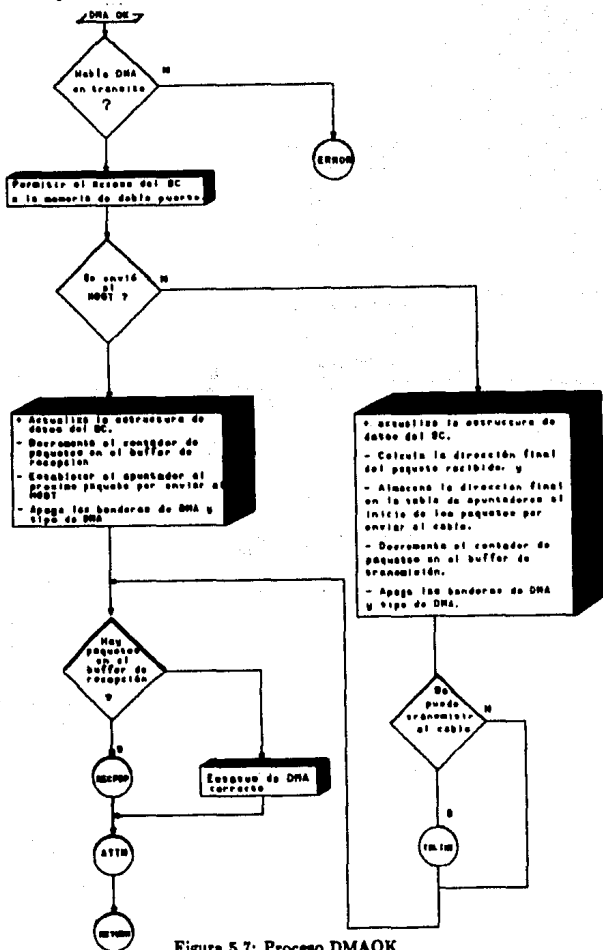


Figura 5.7: Proceso DMAOK

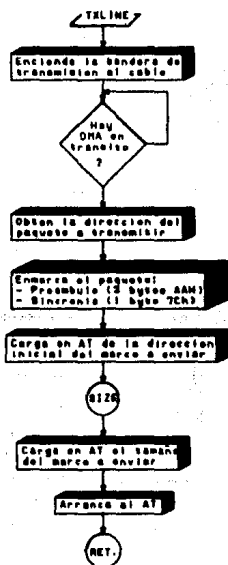


Figura 5.8: Proceso TXLINE

- Establecer la bandera de transmisión en tránsito.- El encender esta bandera le indica al SC la existencia de una transmisión activa en el cable coaxial.
- Preguntar si hay DMA en tránsito.- Esta verificación asegura que la memoria de doble puerto no esté siendo utilizada por el ADMA, si así es, se procede a enmarcar el paquete.
- Enmarcar el paquete.- La sobrecarga debido al enmarcamiento del paquete es bajo, ya que son únicamente 3 bytes. Al inicio se agregan los 2 bytes del preámbulo ( AAH AAH), y el byte de sincronía (7CH).
- Cargar en el AT la dirección inicial del marco a enviar.- Para la programación de la dirección de inicio del marco dentro del AT se apoya el SC en los puertos PA y PB para presentar la dirección y algunas líneas del puerto PC para enviar las señales de control, y así dar a conocer éste parametro al AT.
- Determinar el tamaño (SIZE).- Esta rutina calcula el valor absoluto del tamaño del paquete presente en el buffer de recepción o transmisión y toma en consideración que estos son circulares. Recibe en el registro HL el apuntador a la localidad donde se guarda la dirección de inicio del marco a transferir, y regresa en BC el valor absoluto obtenido de la diferencia entre la dirección de inicio y la próxima entrada.
- Cargar en el AT el tamaño del marco a enviar.- El SC envía a través de los puertos PA y PB el valor del tamaño del marco a enviar y se auxilia con algunas líneas del puerto PC para enviar las señales de carga.
- Activar al AT.- Una vez cargada la dirección del marco y su tamaño, se envía una señal de control del puerto PC, para que el AT entre en operación.

**5.2.1.1.1.5 Solicitud de atención (HAYGO)** Esta rutina de servicio opera cuando el anfitrión desea que se inicie alguna operación de transferencia. El anfitrión envía, por el registro de salida, el comando que indica el tipo de operación requerida y el tamaño del paquete a transferir. Las operaciones del proceso HAYGO se describen a continuación y se ilustran en la figura 5.9.

- Lectura del tamaño del paquete a transferir.- Antes de obtener el tamaño se valida la operación solicitada; si es correcta, se procede a calcular el tamaño. Este valor es almacenado en el "stack" del SC. La operación tiene alta prioridad, ya que es importante que el anfitrión no modifique el valor del registro.
- Carga la dirección de inicio en el ADMA.- Dependiendo de la operación de DMA a realizar, se obtiene el valor adecuado del apuntador a la dirección de inicio del paquete y se programa este valor en el ADMA.
- Establece el sentido de la transferencia en el ADMA.- El ADMA es capaz de enviar o recibir datos del anfitrión, motivo por el cual es necesario preestablecerle el sentido adecuado de la transferencia de DMA.

- Inhibe que el SC accese a la memoria de doble puerto.- Cuando hay alguna operación de DMA en proceso, se debe evitar que el SC disponga de la memoria de doble puerto. Este control se maneja con una línea del puerto PC.
- Establece las banderas.- El SC debe hacer público cualquier cambio de estado del sistema. En este caso deberá indicar el inicio de una operación de DMA.
- Carga el tamaño del paquete a transferir en el ADMA.- Una vez que el SC le pasa al ADMA el tamaño del paquete involucrado en la operación de DMA, este inicia la transferencia.

**5.2.1.1.1.6 Transmisión exitosa (TRES).** Esta rutina de servicio se llama cuando se termina correctamente un envío hacia el cable coaxial. Su ejecución consta de tres fases: en la primera se valida la interrupción, después se actualiza la estructura de datos del SC y finalmente, se envía el código del estado hacia el anfitrión. En la figura 5.10 se muestran las diversas operaciones que realiza el proceso TRES y a continuación se detallan éstas.

- Actualiza la estructura de datos del SC.- Esta actualización decrementa el contador de paquetes en el buffer de transmisión, cambia el apuntador al próximo paquete por transmitir y apaga las banderas de DMA y tipo de operación.
- Informa del estado de transmisión correcta.- Se avisa al dispositivo anfitrión el envío exitoso del paquete a través del cable coaxial.

**5.2.1.1.1.7 Problemas en el cable (BADLIN)** Esta rutina se invoca cuando se exceden el número de intentos por enviar un marco a través del cable coaxial. Las acciones tomadas son: la indicación del problema en la pantalla de la consola del controlador y la notificación de errores irrecurables a la capa de transporte. Este proceso se muestra en la figura 5.11 y se detalla a continuación.

- Estado de problemas en la línea de transmisión.- Se forma la palabra del estado ( status ) para indicarle al anfitrión que hay un error irrecurable, debido a problemas en la línea de transmisión. Esta palabra se carga en el registro de entrada al anfitrión.

**5.2.1.1.1.8 Venció el tiempo de espera (FINTO)** El SC posee dos contadores de tiempo (timers). Uno genera el tiempo de espera para la terminación de operaciones de DMA y el otro, espera a que la capa de transporte responda a la solicitud de atención emitida por el SC. La figura 5.12 nos muestra el proceso de FINTO y a continuación se describe el mismo.

- Estado de error en DMA.- Se analizan las banderas del sistema y si se reconoce que había una operación de DMA en tránsito, se genera la palabra de estado, indicando al anfitrión la existencia de un error de DMA.



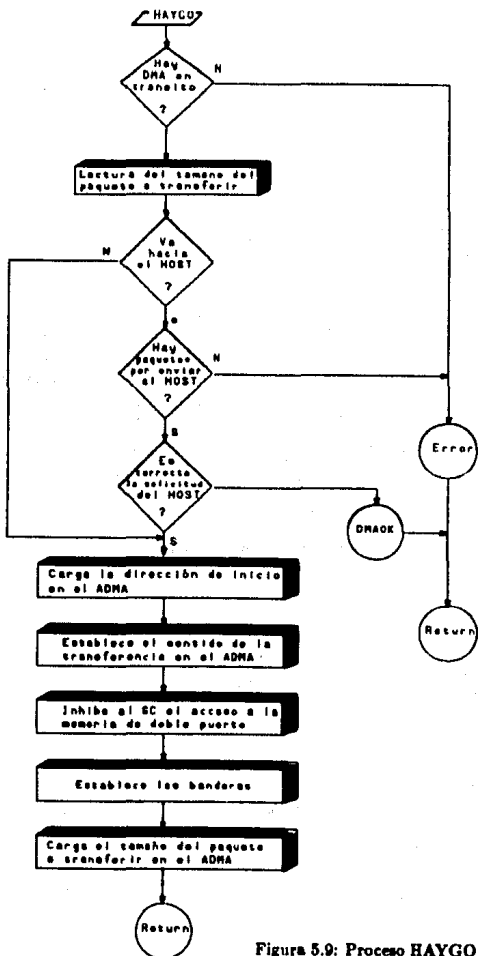


Figura 5.9: Proceso HAYGO

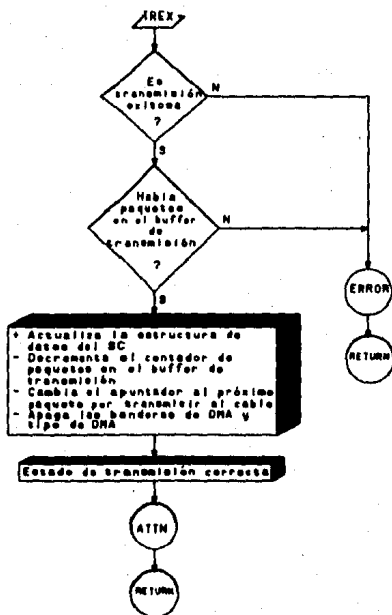


Figura 5.10: Proceso TREX

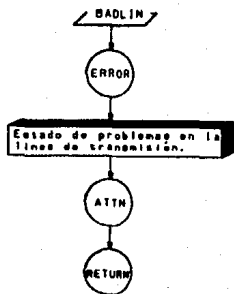


Figura 5.11: Proceso BADLIN

- Estado anterior.- Si las banderas del sistema indican que se envió una señal de atención al anfitrión y éste no respondió, después de vencer el tiempo de espera se envía nuevamente, hacia el anfitrión, la última palabra de status.

**5.2.1.1.2 Autómata para el Acceso Directo a Memoria (ADMA).** El requerimiento de una comunicación rápida y eficiente de paquetes entre el controlador y el dispositivo de la red, conduce a la necesidad de contar con lógica que así lo permita. Esta lógica se debe encargar de la transferencia de paquetes entre el controlador y el anfitrión. Para el caso del dispositivo anfitrión de la red, tratándose de computadoras de la familia PDP de DIGITAL, se optó por el uso de una tarjeta de interfaz comercial y su contraparte residente en el controlador corresponde al autómata de acceso directo a memoria.

La interfaz comercial debería cubrir, de la mejor forma posible, los siguientes requisitos:

- Permitir una velocidad de transferencia igual o mayor a 10 Mbps.
- Presentar una mínima degradación de la operación del equipo. El procesamiento del sistema no debe disminuir considerablemente, como consecuencia de las transferencias de información entre las capas, conduciendo a una operación de transferencia independiente y eficiente.
- Ofrecer la programación que maneja la interfaz. Es necesario tener la posibilidad de adecuar al manejador de la interfaz a nuestras necesidades.

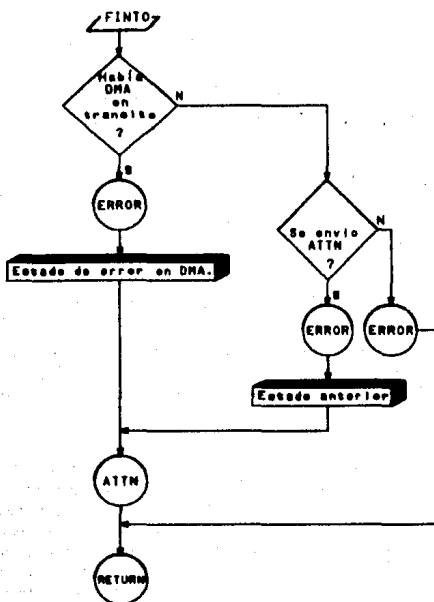


Figura 5.12: Proceso FINTO

- Implicar una complejidad razonable en el CCD. Es de consideración el que la elección de la interfaz comercial no orille a un desarrollo demasiado complicado del ADMA.
- Ofrecer una alto grado de disponibilidad de la interfaz seleccionada , es decir, que esta se encuentre disponible en la mayor cantidad de equipos de cómputo.

Las interfaces de comunicación proporcionadas por DEC se dividen en dos grandes grupos: asíncronas y síncronas. Una limitación en sus interfaces asíncronas es la máxima velocidad de transferencia ya que alcanzan hasta 38400 Bps. Mientras que en las síncronas del tipo DMA alcanzan velocidades de transferencia más altas, desde cuatro hasta ocho Mbps. Aunque éstas últimas no ofrecen la velocidad mínima requerida, son las de mayor rapidez, presentan una mínima degradación del sistema durante la transferencia y se encuentran disponibles comercialmente en la mayoría de los equipos de cómputo. Las ventajas anteriores condujeron a la selección de una interfaz síncrona de acceso directo a memoria ( DR11 ).

El ADMA forma parte del control de enlace lógico. Su diseño se basa en circuitos integrados de mediana y pequeña escala de integración. Está diseñado para operar en cualquiera de los dos modos que soporta el DR11-B (ciclos sencillos o en ráfaga). La coordinación entre el ADMA y el DR11-B se logra con el protocolo de la interfaz, el cual ya fué descrito en el capítulo anterior, por lo que a continuación sólo se detallará la implementación del ADMA y la interfaz de comunicación entre el ADMA y el DR11-B.

**5.2.1.1.2.1 Implementación del ADMA.** El ADMA es el autómatas del controlador que se encarga de las operaciones de transferencia de paquetes, desde o hacia el DR11-B. Funciona bajo las órdenes que recibe directamente del SC y al final de la operación, envía al SC la notificación del resultado de la misma. Para iniciar una operación de DMA el SC establece el sentido de la transferencia, carga el tamaño, dirección inicial del paquete a transferir, lanza la operación y activa un tiempo de espera dentro del cual se supone que debe terminar la operación de DMA lanzada.

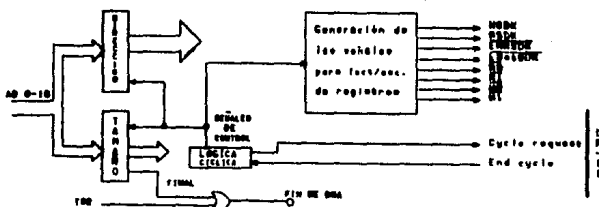


Figura 5.13: Diagrama simplificado del ADMA

La figura 5.13 nos muestra un diagrama simplificado del ADMA. Este cuenta con dos contadores de carga en paralelo, uno habilitado para cuenta progresiva y el otro para cuenta regresiva. El primero proporciona la dirección secuencial a acceder en la memoria de doble puerto y el otro es el contador del tamaño del paquete, esté último es decrementado cada vez que es accedida la memoria, para leer o escribir un byte. También posee la lógica necesaria para la generación de los pulsos de acceso a la memoria de doble puerto, carga de los registros temporales, y los de salida/entrada de los cuales lee/escribe el DR11-B.

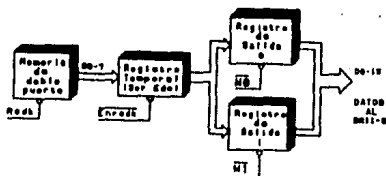


Figura 5.14: Envío dese la memoria de doble puerto hasta el DR11-B

El DR11-B emplea en sus transferencias palabras de 16 bits y el SC maneja internamente 8 bits, por lo que el ADMA, antes de entregar una palabra al DR11-B, debe conformarla con 2 bytes. La secuencia que sigue el ADMA para tomar un byte de la memoria consta de 3 fases, figura 5.14. En la primera se obtiene el byte de la memoria de doble puerto (-RSDK), se transfiere a un registro temporal (-ENRSDK) y posteriormente al registro de salida (-W0). Una vez que depositó la parte menos significativa de la palabra, incrementa la dirección de la memoria, decrementa el contador y realiza la secuencia para tomar otro byte, el cual corresponde a la parte más significativa de la palabra; este byte lo deposita en el segundo registro de salida (-W1). Emite la señal de CYCLE REQUEST para que el DR11-B solicite un ciclo del bus y deposite la palabra en la memoria de la computadora. El ADMA estará en espera de la señal de END CYCLE, enviada por el DR11-B, para así poder continuar con un ciclo similar al anterior. Si el ADMA detecta que se terminó la cuenta (FINAL) o que venció el tiempo de espera (TO2), termina la operación de DMA y envía la notificación de dicho evento al SC. Cuando la operación de DMA es en sentido inverso, es decir el DR11-B envía una palabra al ADMA, el proceso es inverso y se ilustra en la figura 5.15

**5.2.1.1.3 Interfaz entre el ADMA y DR11-B** La interfaz entre el ADMA y el DR11-B, figura 5.16, la forman señales de control y 2 registros de 16 bits cada uno. Estas señales coordinan la transferencia de datos y los registros retienen los datos hasta que sean leídos por el dispositivo al que van dirigidos. El DR11-B cuenta también con dos registros uno de escritura (salida) y otro, independiente, de lectura (entrada)

Para iniciar una operación de DMA, figura 5.17, es necesario el envío de una señal

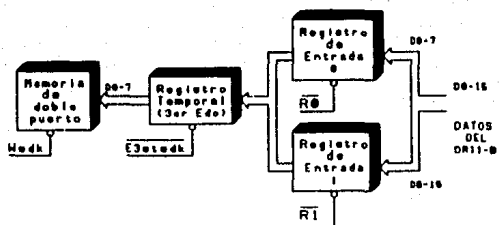


Figura 5.15: Envío desde el DR11-B hasta la memoria de doble puerto

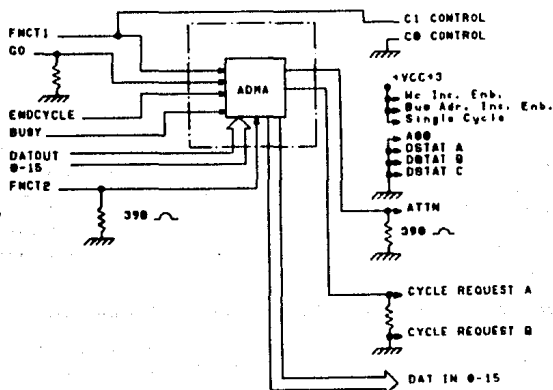


Figura 5.16: Interfaz entre ADMA y DR11-B

de GO desde el DR11-B hasta el ADMA y la presentación, en los registros de entrada 0 y 1, de los parámetros (tamaño y sentido) de la transferencia. Cuando se termina la operación, o el controlador debe informar algo, este le presenta en sus registros de salida una palabra codificada, la cual contiene el mensaje. En la figura 5.18 se muestra el significado de los bits de los registros de entrada y de salida. Una vez iniciada la operación de transferencia entre el ADMA y el DR11-B, las señales de CYCLE REQUEST y END CYCLE se producen cíclicamente; una indica una solicitud para el inicio de un ciclo de transferencia y la otra la finalización.

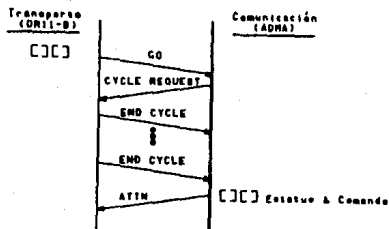


Figura 5.17: Señalización entre DR11-B y ADMA

La capa de transporte antes de activar al DR11-B para alguna operación de DMA, preestablece explícitamente el sentido de la transferencia (FNC1). Las señales de función se utilizan como líneas de control, una envía la señal para inicializar la capa de comunicación (FNCT3) y la otra apaga la señal de ATTN enviada desde la capa de comunicación. El resto de las señales están fijas a un nivel lógico, lo cual establece el modo de operación del DR11-B. A continuación se describe el significado de las señales de control de la interfaz.

- A00 (Nivel lógico 0).- Habilita el direccionamiento de localidades pares.
- BA INC ENB (Nivel lógico 0).- Establece que el incremento de la dirección, en el DR11-B es automático e inmediato a cada transferencia.
- WC INC ENB (Nivel lógico 0).- Habilita la cuenta regresiva cada vez que se termina un acceso al bus.
- SINGLE CYCLE (Nivel lógico 0).- Establece un modo de transferencia simple, no en ráfaga.
- BUSY (Nivel lógico 1).- Permite al ADMA conocer la disponibilidad del anfitrión. Para asegurar una operación adecuada, el ADMA debe monitorear esta señal cada



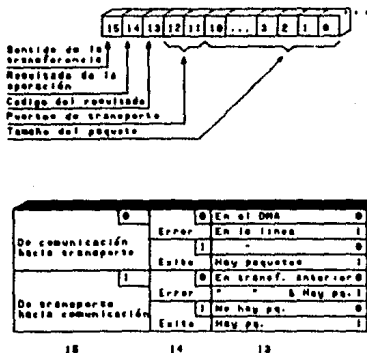


Figura 5.18: Significado de los bits en los regs. de entrada/salida

vez que se inicialice, antes de empezar una transferencia de DMA, o bien, cuando deba enviar la señal de ATTN, hacia el anfitrión.

## 5.2.2 Control de Acceso al Medio ( CAMEO ).

Esta sección describe brevemente el principio de operación y la implementación de los autómatas que conforman el CAMEO. Estos autómatas son: Adquisición de Línea (AAL), Control de Memoria de Doble Acceso (ACDIM), Transmisión (AT) y Recepción (AR).

### 5.2.2.1 Autómata de Adquisición de Línea (AAL).

Uno de los esquemas más ampliamente utilizados en redes locales para el acceso a un canal compartido es Accesos Múltiples por detección de portadora (CSMA). Una consideración fundamental en sistemas con CSMA es el hecho de que las estaciones pueden detectar la señal presente en el canal común, lo cual reduce el número de colisiones, puesto que las estaciones transmiten sólo si el canal está libre. Las variantes en CSMA consisten principalmente en la acción que toma la estación, cuando detecta ocupada u ociosa a la línea. Estas variantes pueden ser:

- No-persistente :- La estación que tiene algo que transmitir, sena el canal; si está desocupado, transmite pero si está ocupado, se comporta como si hubiera ocurrido una colisión, es decir, genera un tiempo aleatorio para un nuevo intento de transmisión.

- 1-persistente.- Si la estación que va a transmitir, encuentra ocupado el canal, espera hasta que se desocupe e inmediatamente lanza su transmisión. En caso de colisiones, genera un tiempo aleatorio para retransmisión.
- (1-p) persistente.- Si el canal está ocupado, la estación se espera hasta que se libere, e inmediatamente genera un tiempo aleatorio para retransmitir.

La evaluación matemática de estos esquemas se sintetiza en la ecuación 5.1 [17], la cual relaciona la utilización del canal ( $u$ ), la duración de los mensajes ( $m$ ), número de mensajes por segundo en el canal  $L$  y el tiempo para que la señal viaje de extremo a extremo ( $t$ ).

$$u = \frac{Lme^{-Lt}}{Lm + 2Lt + e^{-Lt}}$$

... ecuación 5.1

Si:

$$a = \frac{t}{m}$$

$$R = mL$$

$$u = \frac{Re^{-Ra}}{R(1+2a) + e^{-Ra}}$$

La constante  $a$  es la relación entre el tiempo de propagación de la señal y la duración de un mensaje, mientras que  $R$  representa el tráfico total de mensajes en el canal.

La figura 5.19 muestra una comparación gráfica de la utilización del canal (throughput) para algunas variantes de CSMA.

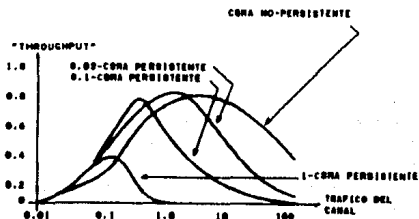


Figura 5.19: Uso del canal para diversos métodos de acceso ( $a=0.01$ )

Se puede afirmar que en sistemas con CSMA existe una fuerte dependencia entre la utilización del canal y el retardo para que una señal realice un viaje redondo. Mientras

menor sea el retardo mayor será el potencial de utilización del canal. En Red-IIMAS el sistema de acceso es del tipo no-persistente, lo cual, de acuerdo a la figura 5.19, nos indica que podemos obtener una respuesta adecuada aún cuando exista una gran variación en el tráfico del canal.

En la figura 5.20 se presenta un diagrama a bloques de la implementación del AAL. Este cuenta con un generador de frecuencias, hecho con contadores manejados por una frecuencia base de 20 Mhz, un generador de números pseudo-aleatorios, consistente en registros realimentados por compuertas or-exclusivas, lógica para indicar la detección de colisiones, y un circuito secuencial que envía al autómata de transmisión, la señal de Petición de Transmisión (PT). El significado de las principales señales en el AAL son:

- PT (Petición de Transmisión).- Señal para solicitar al AAL la adquisición del canal.
- TN (Transmisión) .- Indica que la estación está transmitiendo.
- MFM ( Detección de colisiones) .- Esta señal se enciende, cuando hay colisiones en el cable.
- IAAL ( Interrupción del AAL).- Señal enviada al SC para indicarle que no se pudo transmitir, ya que hubo 16 intentos fallidos.
- AIA ( Apaga la Interrupción del AAL) .- Una vez que el SC recibe la interrupción, responde con esta señal para apagar la interrupción.
- PL ( Carga en Paralelo) .- Los contadores se cargan en paralelo con el número pseudo-aleatorio generado, en caso de que la línea este ocupada o al detectar una colisión.
- TC ( Fin de cuenta) .- Al terminar el tiempo de espera pseudo-aleatorio los contadores se lo hacen saber al AAL, para que habilite al transmisor, encendiendo la señal de PT.
- LO ( Línea ocupada) .- Señal que indica el estado del canal. Indica si hay o no portadora.

**5.2.3.1.1 Autómata de Control de Memoria (ACDIM).** El ACDIM es el autómata que permite el acceso a un buffer de memoria a través de dos puertos de entrada/salida. Esta memoria de doble puerto permite la comunicación entre los eventos en la línea y los de la capa de transporte; por uno de los puertos se reciben o envían los marcos que fluyen por el cable coaxial y por el otro, los paquetes que se transfieren hacia o desde el anfitrión. Este último puerto también se comparte con el SC. El principio de operación de la memoria de doble puerto se basa en el hecho de que las primitivas de lectura y escritura se realizan sobre una memoria rápida, con un tiempo de acceso que permite realizar dos primitivas simultáneas para procesos diferentes.

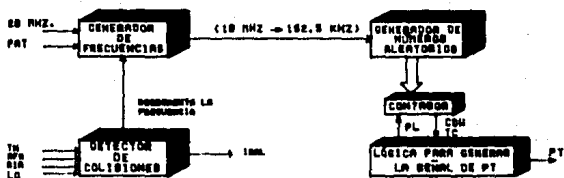


Figura 5.20: Diagrama del AAL

El ACDIM genera las señales para leer o escribir en la localidad de memoria, o en los registros adecuados. En la figura 5.21 se muestra un diagrama simplificado del ACDIM. Su componente principal es la lógica de control para lectura y escritura. La lógica se encuentra dividida en dos partes complementarias, en una se reciben las solicitudes de lectura o escritura del ADMA o del SC, y en la otra las del AT o del AR. Esta lógica genera las señales de control después de verificar que no exista ningún conflicto en el acceso a la memoria, es decir, que no haya alguna operación de lectura/escritura en proceso. En caso de conflicto, se debe esperar hasta que sea atendida; este tiempo de espera es menor a 400 ns., lo cual es adecuado, ya que los procesos tienen un tiempo de acceso de 800 ns.

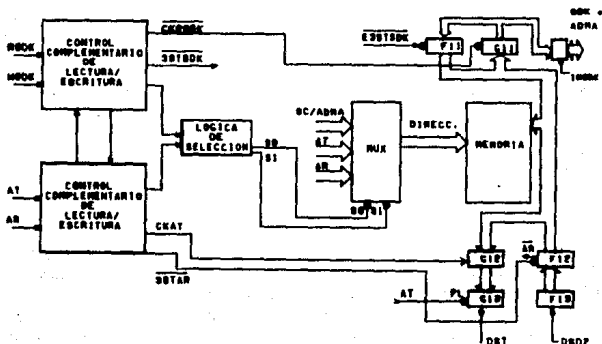


Figura 5.21: Diagrama del ACDIM

### 5.2.2.2 Autómata de Transmisión (AT).

El SC le ordena directamente al AT cada vez que haya que enviar un paquete. La orden involucra la definición explícita de la localidad inicial y el tamaño del paquete a transmitir. El AT no inicia inmediatamente la transmisión, sino que le solicita al AAL el acceso al canal de comunicaciones y la transmisión se inicia hasta que el AAL indique que la línea está libre. Si la transmisión es exitosa o se exceden el número de intentos por transmitir sin éxito, el AT interrumpe al SC y le indica el resultado de la operación.

El AT le calcula el BCC al mensaje que se esté enviando y lo coloca al final de la transmisión. Cuenta con registros rápidos, en los cuales respalda temporalmente la dirección inicial y el tamaño del mensaje, estos registros son útiles en caso de problemas durante la transmisión (colisiones, línea ocupada, etc) ya que, sin interrumpir al SC, el AT restablece automáticamente los parámetros del mensaje que se retransmitirá. El SC se auxilia de las líneas correspondientes en los puertos PA, PB y PC para transferirle los parámetros al AT.

La figura 5.22 muestra un diagrama esquemático del AT. El SC utiliza los puertos PA y PB para entregarle al AT; primero el tamaño del mensaje a transmitir y después la dirección inicial; para la selección de la carga de uno u otro parámetro, emplea líneas del puerto PC; después, el SC, envía hacia la lógica de control (mediante otras líneas del puerto PC) la señal para iniciar la transmisión, esta solicitud primero deberá ser autorizada por el AAL. Una vez que el AAL concede la transmisión ( la línea está libre -TN) el AT inicia la transmisión. La lógica de control se encarga de que a la entrada de la memoria de doble puerto exista la dirección correcta y genera la señal de lectura (-AT) para que pueda ser extraído de la memoria el byte a transmitir, simultáneamente al envío del flujo serial, se realiza el cálculo del BCC. El AT reconoce que se terminó un envío cuando el contador llega a ceros (CD), restándole únicamente complementar, el final del mensaje que se transmite, con la adición del BCC calculado.

### 5.2.2.3 Autómata de Recepción.

El AR es un sistema diseñado para que siempre que el trans/receptor le envíe un marco, lo reciba, sincronice, analice y determine si le corresponde la información. La operación del AR para aceptar mensajes se inicia con el reconocimiento del preámbulo del mensaje (AAh...AAh), lo cual asegura la sincronía de los bits y el reloj; inmediatamente después deberán estar presentes 8 bits (7Ch) que aseguran la sincronía del mensaje a nivel byte. Otra validación importante del AR es el asegurar que la información está dirigida a esa estación; cada estación posee un identificador propio y además existe un identificador del tipo "broadcast", para enviar el mensaje a todas las estaciones. Si todo el proceso anterior de recepción ocurre satisfactoriamente, la información que se esté recibiendo se irá almacenando en memoria y al finalizar la recepción, el AR se encarga de comparar el BCC que recibe al final del mensaje con el BCC que calcula el AR; si son iguales, interrumpe al SC. El SC sabe que el AR le presentará en el registro de dirección la localidad final del mensaje recibido. En caso de que se haya diferencias entre el BCC calculado y el recibido se procede a desechar la información recibida. El diagrama

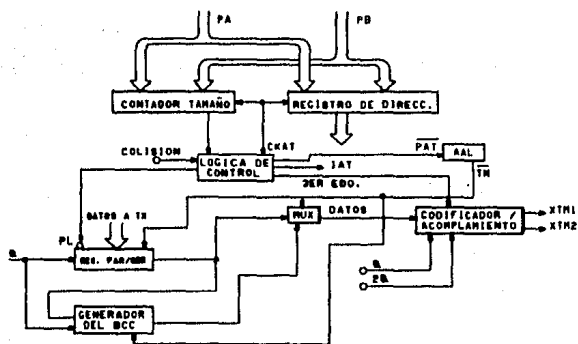


Figura 5.22: Diagrama del AT

esquemático del AR se presenta en la figura 5.23.

La secuencia de operación del AR es como sigue: El decodificador recibe la señal del trans/receptor, la sincroniza y recupera los datos (DAT) y el reloj (CK). Posteriormente enciende la señal de línea ocupada (LO) y activa la lógica de detección de colisiones (MFM). Obtiene la sincronía a nivel byte, a partir de lo cual se cuenta con los datos (DAT), estos pasan inmediatamente al circuito comparador de dirección y al generador del BCC; si la dirección concuerda, la información se convierte de serie a paralelo, y se guarda en la memoria de doble puerto. Con el reloj se recupera (CK) se alimenta a la lógica de control para que genere la señal (-AR) de escritura sobre la memoria de doble puerto. Esta lógica de control, en cuanto detecta que terminó la recepción, compara inmediatamente el BCC de la información que se recibe, con el BCC calculado; si son iguales, se envía una interrupción al SC para avisar que hay un paquete correcto en el buffer de recepción, presentándole el AR al SC, la dirección final del marco recibido, en caso contrario se desecha la información.

### 5.3 Subcapa Física.

Cada nodo de la Red-IIMAS está integrado por 3 partes físicamente independientes (figura 5.24): la computadora, el controlador y el trans/receptor. Estos dos últimos forman la capa de comunicación y entre ellos existe aislamiento eléctrico.

El hecho de que la capa de comunicación esté formada con dos partes separadas obedece a la necesidad de contar con un buen acoplamiento al cable coaxial, por lo que el trans/receptor está conectado lo más próximo al cable coaxial. En nuestro diseño el

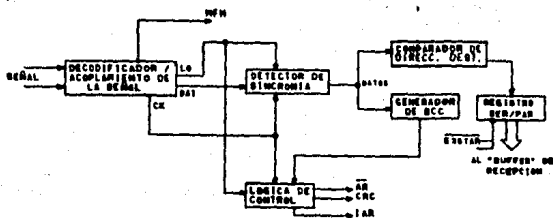


Figura 5.23: Diagrama del AR

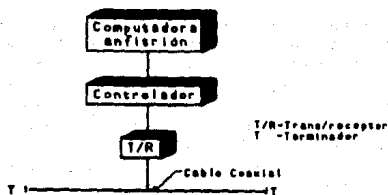


Figura 5.24: Componentes de Red-IIMAS

controlador puede estar a una distancia de hasta 15 metros del trans/receptor.

En las próximas secciones se describirá la forma en que se maneja la información en la parte física de la Red-IIMAS. no se emplearán términos de paquetes, marcos, bytes o bits, sino de señales eléctricas o niveles de voltaje.

### 5.3.1 Señalización Física.

El controlador y el trans/receptor se comunican por un canal full duplex formado por 2 pares de cable trenzado. La señal que se envía del controlador al trans/receptor es tratada similarmente a la que se recibe, desde el trans/receptor al controlador, por lo que únicamente se presentará el análisis para el envío de la señal. La figura 5.25 representa la interconexión entre el controlador y el trans/receptor.

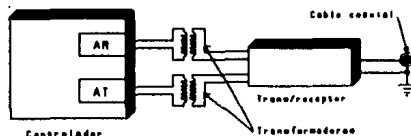


Figura 5.25: Interconexión Controlador - Trans/receptor

El tomar una señal codificada con baudaje de 20 Mhz, proporcionar aislamiento eléctrico y enviarla a distancias de hasta 20 mts. es un problema que se puede resolver de diversas maneras. La parte central en la implementación de la solución radica en la elección del dispositivo que va a proporcionar el aislamiento eléctrico. La utilización de opto/acopladores se descartó debido a su limitación en cuanto a su velocidad de respuesta. Otra alternativa son los transformadores los cuales cubren perfectamente el rango de respuesta deseable, sin embargo, cuando se transmite una señal unipolar de alta frecuencia a través de algún transformador, generalmente presenta una alinealidad en la señal que entrega en el secundario. dicha alinealidad es minimizada si se cambia la señal unipolar por una bipolar. La señal entre el controlador y el trans/receptor es un ciclo bipolar en cada frente de onda (positivo o negativo) de la señal codificada. Lo anterior se muestra en la figura 5.26.

### 5.3.2 Trans/Receptor (Unidad de Acceso al Medio).

La unidad de acceso al medio (UAM) provee la unión al cable coaxial acoplando la señal que se transmite o recibe de él, esta unidad está formada por circuitos integrados de pequeña escala de integración y componentes analógicos (transistores, resistencia e inductancias). Una característica importante del trans/receptor es su capacidad



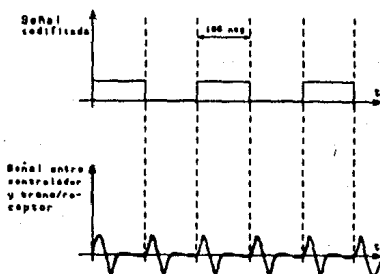


Figura 5.26: Señal Controlador-Trans/receptor

para el reconocimiento inmediato de colisiones mediante la discriminación de su propia transmisión contra alguna otra presente en el cable.

En el trans/receptor se distinguen dos etapas diferentes, mostrados en la figura 5.27, la transmisión y la recepción.

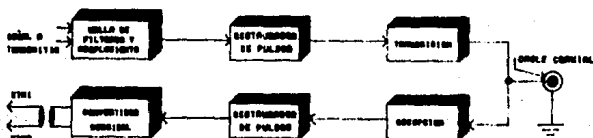


Figura 5.27: Diagrama esquemático del Trans/receptor

Las acciones de la etapa de transmisión consisten en el filtrado y acoplamiento de la señal, esto se lleva a cabo con una malla pasiva formada por resistencias, capacitores e inductancias. La señal a la salida de la malla se entrega a un amplificador diferencial, en cuya salida se encuentra el circuito encargado de restaurarla y convertirla en pulsos uniformes, estos son finalmente transferidos al módulo de transmisión para el envío de la señal por el cable coaxial. El proceso de la señal en el canal de recepción es el complemento del de transmisión y consta de un módulo de recepción, restaurador de pulsos y un convertidor a pulsos bipolares. A continuación describiremos la implementación

del trans/receptor de la Red-IIMAS.

### 5.3.2.1 Malla de acoplamiento y receptor de línea.

La malla de acoplamiento del trans/receptor se comporta como un filtro pasabanda con frecuencia central igual a  $5 \cdot 10^{10} \cdot 7$  y ofrece una impedancia igual a la impedancia característica del par trenzado. Una vez que la malla de acoplamiento recupera la señal se la envía a un receptor de línea con entradas diferenciales (line-receiver) con ciclo de histéresis. En la parte superior de la figura 5.28 se muestra el transformador, la malla de acoplamiento y el receptor de línea y en la parte inferior el modelo equivalente del transformador y de la malla de acoplamiento.

De acuerdo al análisis del sistema de acoplamiento, mostrado a detalle en el apéndice B, obtenemos la ecuación 5.2 la cual señala que es un filtro pasabanda con atenuación de la señal y el valor de atenuación mínimo corresponde aproximadamente a .2 del valor de la señal de entrada, para un rango de frecuencias entre  $10^{10} \cdot 7$  y  $10^{10} \cdot 8$  radianes. El análisis también muestra que la impedancia de entrada es igual a 94 Ohms lo cual es bastante cercano a los 98 del cable trenzado. La correspondencia entre la teoría y la práctica se presenta en la figura 5.29

$$\frac{V_x}{V_{in}} = 1.721^{-1} \cdot \frac{jw}{1 - 4.819 \cdot 10^{-13} - 9.95 \cdot 10^{-6} \cdot jw}$$

... ecuación 5.2

El receptor de línea aplica una histéresis a la señal que recibe de la malla de acoplamiento y la somete a una comparación diferencial. Minimizándose los efectos de ruido y estableciéndose un umbral de decisión más selectivo. Como se ilustra en la figura 5.30.

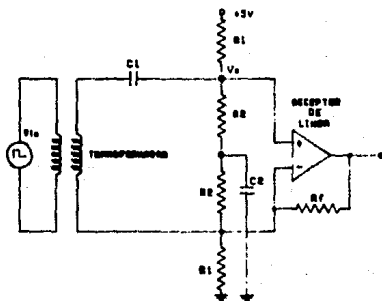
### 5.3.2.2 Restaurador del pulso

Antes de pensar en transmitir hacia el cable la señal se uniformiza al pasarla por el circuito de restauramiento, el cual recibe la señal del comparador y entrega pulsos uniformes de 50 ns. este circuito está formado, por una celda de memoria que se enciende al recibir la señal, la duración del pulso se controla por compuertas lógicas utilizadas como elementos de retardo.

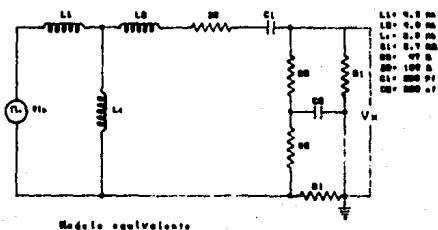
### 5.3.2.3 Módulo de transmisión.

El acoplamiento con el cable coaxial, se basa en un transistor operando como fuente de corriente que es controlado en su base, por un sumidero de corriente. La señal que entra al módulo de transmisión se acopla mediante un circuito de conmutación de corriente. El diagrama del módulo de transmisión se muestra en la figura 5.31

El conmutador de corriente es una configuración comúnmente empleada a la entrada de los circuitos de lógica ECL y ofrece una gran inmunidad al ruido, gracias a que la señal de entrada se recibe a través de un par diferencial. El transistor de salida entrega al cable coaxial una potencia neta de 80 mW.



Transformador, antena de acoplamiento y receptor de línea



Modelo equivalente

Figura 5.28: Acoplamiento en la recepción

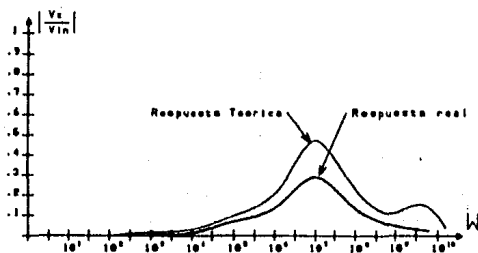


Figura 5.29: Respuesta a la frecuencia de la malla de acoplamiento

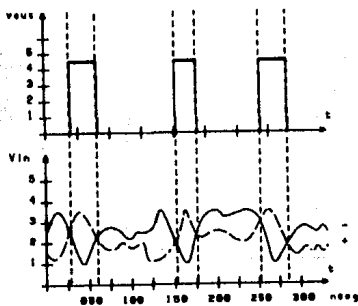


Figura 5.30: Señal a la entrada y salida del comparador

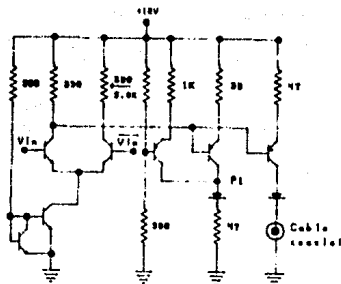


Figura 5.31: Transmisión hacia el cable coaxial

#### 5.3.3.4 Módulo de recepción.

La parte principal del módulo de recepción es un receptor de línea, el cual tiene como entradas diferenciales las señales presentes en el cable coaxial y en el punto P1 ( ver figura 5.31). Para la detección de colisiones se cuenta con un transistor, el cual opera en condiciones similares que el que envía la señal hacia el cable coaxial, la única diferencia radica en que el punto de referencia está montado sobre un pequeño nivel de voltaje constante, más alto que la señal existente en el cable coaxial, lo cual permite discernir entre información que se transmite, recibe, o detectar colisiones. La forma en que se establecen estas condiciones se detallará a continuación.

La información a transmitir, se inyecta en dos transistores similares; uno es el que envía la señal hacia el cable coaxial y el otro tratará de simular un comportamiento lo más apegado al otro, con la diferencia de que este, tiene su salida montada sobre un nivel constante de .8 volts, y por lo tanto, cuenta con un nivel de señal constante. La señal de referencia y la que está presente en el cable coaxial, alimentan al receptor de línea; al comparar la señal en el cable coaxial con la señal de referencia no deberá existir señal de salida, es decir, es una transmisión pura. Por otro lado, si en la línea existe alguna otra señal, está se sumará a la señal que se transmite, produciendo señalización a la salida del receptor de línea, lo cual indica que además de la señal que se transmite, existe una señal simultánea proveniente de alguna otra estación; detectándose la existencia de una colisión. Si únicamente se recibe del cable, el receptor lo detectará como una recepción sin colisiones.

Una vez que el modulo de recepción esta entregando la señal esta se pasa por un restaurador de pulsos, igual al ya descrito, y finalmente se conforman pulsos bipolares que alimentan al transformador de acoplamiento entre la unidad de acceso al medio y el controlador.

### 5.3.2.5 Convertidor de pulsos a ciclos bipolares

La manera en que se obtienen pulsos bipolares a partir de una señal unipolar se muestra en la figura 5.32. Como primer paso se aplica un pulso unipolar a un extremo del primario del transformador dejando con un nivel de referencia el otro extremo, al terminarse el pulso se aplica otro en el extremo contrario del primario, es decir, el extremo que anteriormente estaba conectado a tierra. Lo anterior da como resultado, en el secundario del transformador, una señal bipolar simétrica. El circuito convertidor de pulsos se muestra en la figura 5.32

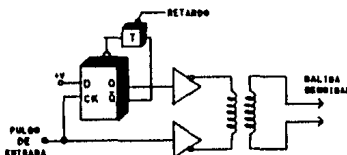


Figura 5.32: Convertidor de pulsos a ciclos bipolares

### 5.3.2.6 Interfaz entre la unidad de acceso y el cable coaxial.

Antes de finalizar es conveniente describir la forma en que se realiza la unión entre el trans/receptor y el cable coaxial, este último presenta las siguientes características: atenuación pequeña (8 decibels en 800 metros), respuesta lineal, para frecuencias cercanas a los 100 Mhz e interferencia inter-simbólica despreciable, esta interferencia es causada por el retardo en la caída del extremo final de la señal que viaja por el cable, ocasionando una distorsión del próximo baud de información. En nuestro caso, esta interferencia no es importante, ya que el pulso de transmisión ocupa, como máximo, la quinta parte de un ciclo de trabajo. Otra característica es su recubrimiento de aislante y malla de tierra, lo cual proporciona una excelente protección contra el ruido externo. Es importante tener en cuenta que para una mejor respuesta del cable coaxial es necesario colocar resistencias de terminación en ambos extremos del cable, éstas deben de ser de un valor igual al de la impedancia característica del cable. En nuestro caso la resistencia es de 75 Ohms.

La interfaz física entre el trans/receptor y el cable son dos líneas; una representa la tierra física de la señal de transmisión, obtenida al unir la malla en los dos extremos terminales del cable con la tierra del edificio, la otra es la que transporta la señal por el centro del cable coaxial. El trans/receptor en estado de espera presenta una impedancia alta, ya que se acopla mediante un transistor configurado en colector abierto (1 MOhm).

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## Capítulo 6

### Resultados, Comentarios, y Conclusiones.

Una motivación importante para participar en este proyecto fue el interés en contribuir en el desarrollo de un sistema para comunicación digital y formar una RC. El trabajo conjunto fructificó en una primera versión operativa de la Red-IIMAS donde la capa de comunicación cumple con los requerimientos establecidos en los capítulos II y III de esta tesis.

En este capítulo se presentan las pruebas a que se sometió el controlador, el bosquejo de un rediseño; empleando circuitos integrados del tipo VLSI, comparaciones con sistemas comerciales y para finalizar, se exponen comentarios y conclusiones.

#### 6.1 Pruebas al controlador.

El controlador se sometió a diversas pruebas para verificar su funcionamiento correcto y confiable. La más básica, realizada al terminar la construcción de algún módulo, consistió en una serie de pruebas sobre el módulo hasta estar satisfechos con su desempeño, posteriormente se sometió el sistema completo a pruebas exhaustivas. Cuando todo el conjunto estaba operante se procedió a la unión del controlador con la capa de transporte, para lograr lo anterior, se elaboraron programas de diagnóstico, los cuales permitieron la depuración de los dos sistemas y la afinación de detalles. Como prueba final, se interconectaron las tres capas de Red-IIMAS (comunicación, transporte y aplicación) soportando la ejecución de programas de aplicación.

La metodología seguida para constatar el funcionamiento de algún autómata de la capa de comunicación se basó en el uso de tarjetas con microprocesadores, mediante las cuales se comandaba la operación y se monitoreaba el comportamiento del módulo. Para lograr lo anterior fue necesaria la elaboración de programas para las tarjetas. Al obtenerse un resultado satisfactorio se integraba el módulo al resto del controlador, en donde además de funcionar individualmente, debería colaborar y no interferir con el resto. Una vez asegurada la operación total y correcta del controlador se procedió a la elaboración de otro similar. Lo cual permitió probar la comunicación entre ellos, a través del cable coaxial.

Para facilitar la unión entre las capas de transporte y comunicación se generó el código para simular el comportamiento de la interfaz DR11-B de la computadora, lo cual permitió afinar detalles y que la interconexión real fuese más fácil, también se

elaboró un analizador del protocolo de la interfaz entre transporte y comunicación. En la operación entre estas capas se probaron todas las condiciones de envío y recepción, mediante programación en la capa de transporte. Inicialmente se detectaron algunos problemas en ambas partes, los cuales fueron posteriormente corregidos. Por ejemplo en comunicación surgieron problemas de falta de sincronía en el envío de paquetes pequeños, debido a la existencia de tiempos críticos en las interrupciones. Corrigiéndose con la modificación de la estructura del programa del SC, lo cual nos permitió manejar paquetes desde un tamaño de 2 bytes hasta 1 Kbyte. Al elaborar la programación del SC se trató de que ésta fuese estructurada, sin embargo, nos dimos cuenta que en ocasiones, por restricciones de operación, es necesario violar este concepto.

Los servicios de la capa de aplicación, de transferencia de archivos y mensajes, se corrieron satisfactoriamente. Debido a las condiciones de trabajo, estas pruebas fueron soportadas en una sola computadora PDP 11/34 de DIGITAL, instalándosele duplicados de la capa de aplicación, transporte y dos equipos de comunicación, unidos por 1.2 Kms. de cable coaxial.

## 6.2 Rediseño de la capa de comunicación.

El diseño del controlador se caracteriza por ser estructurado y simple. No presenta nada sofisticado o demasiado complejo. Sin embargo, el atractivo del controlador ha sido demeritado por el tiempo, ya que en campos como la electrónica, es necesario actualizar los desarrollos con los avances tecnológicos. A este respecto, me permito mencionar que existen dos tendencias fuertes sobre el tipo de tecnología a utilizar, una señala el uso de circuitos integrados VLSI especiales para el desarrollo de redes de área local LAN, esto nos llevará a la obtención de redes apegadas, en gran medida, a las normas internacionales. Si lo analizamos desde un punto de vista realista podremos contar, a corto plazo, con tecnología propia, pero se limitará fuertemente el campo para la realización de investigaciones. La segunda tendencia conduce hacia el uso de circuitos integrados VLSI para comunicaciones pero de aplicación más general ampliándose más el campo para la investigación y el desarrollo. Siendo realista y de acuerdo con la situación actual del país considero que, en cuanto a resultados, es más conveniente seguir la primer corriente ya que si se desea obtener un fruto útil para la sociedad es más conveniente adecuar la tecnología a las necesidades del país, asimilar la nueva tecnología y navegar a favor de la corriente al apegarse a normas. Ya que es evidente que en la actualidad no es el momento adecuado, para que el país, pueda invertir grandes cantidades de recursos tratando de competir y obtener un producto mejor que lo que obtendría una compañía, de algún país desarrollado, dedicada a ese campo de investigación, la cual dispone de una cantidad de recursos comparables a los que en todo México se asignan para investigación.

Una apariencia moderna del controlador se presenta en la figura 6.1. En ella se incluyen circuitos integrados VLSI para LAN, adecuados al diseño de redes tipo Ethernet. Estos son: LANCE (Local Area Network Controller Ethernet), SIA (Serial Interface Adapter) y un transceiver.

Un diseño como el anterior posee algunas ventajas importantes como son: la facilitad



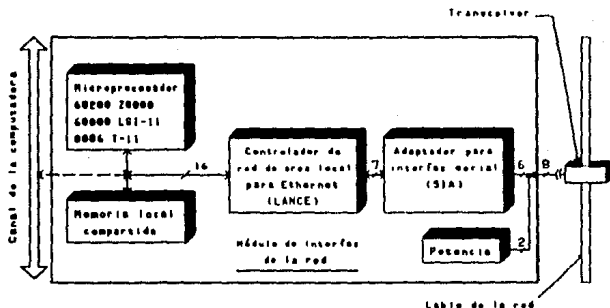


Figura 6.1: Nodo de red local con VLSI

dad de incluir microprocesadores poderosos (8086-INTEL, 68000-MOTOROLA, etc) y el manejo de protocolos adoptados por el mercado mundial.

A manera de comentario informativo, en el renglón de costos encontramos que el costo de los componentes del rediseño varía desde \$500 hasta \$800 (U.S.)[18], mientras que por otro lado, para los componentes de la Red-IIMAS es cercano a los \$400. Un transceiver de Advanced Micro Devices cuesta[19] \$25 en lotes de 100 piezas, el de Red-IIMAS menos de \$10 por unidad.

### 6.3 Red-IIMAS contra un sistema comercial.

Una prueba importante que se debió realizar a la Red-IIMAS es integrar un mínimo de dos máquinas con objeto de medir el desempeño de la red y así estar en condiciones para efectuar comparaciones contra otras redes. A este respecto mencionaré que se comprobó prácticamente el desempeño de la capa de comunicación observándose la rapidez en alcanzar la estabilidad cuando ocurrían colisiones. (regularmente se realizaban uno o dos intentos fallidos antes de que alguna estación adquiriera la línea). Los puntos generales de comparación se presentan a continuación:

- El costo de los sistemas comerciales es cada vez más bajo.
- El sistema comercial es más compacto, en su diseño.
- En sistemas comerciales no se cuenta con toda la información técnica necesaria o es de difícil adquisición. Estos sistemas son accesible solo a nivel usuario y comunmente no existe un soporte técnico adecuado en México.

- Se requieren equipos costosos para la reparación y/o mantenimiento de los sistemas comerciales.
- Es más costosa la reparación del sistema comercial y las piezas de reposición son difíciles de obtener en el país.

#### 6.4 Comentarios y Conclusiones.

Algunas de las conclusiones importantes obtenidas como resultado del presente trabajo de tesis son:

- Se cumplieron los objetivos planteados para esta tesis, ya que se trabajó conjuntamente en el diseño y puesta en operación de un dispositivo que funge como soporte de comunicación de la Red-IIMAS. Contamos con la infraestructura y el conocimiento para realizar dispositivos para comunicar, de manera rápida y eficaz, equipo de cómputo.
- El apearse a normas internacionales es conveniente, sin embargo, no siempre es la mejor forma de hacer algo. Como ejemplo diremos que el método de codificación normalizado, para redes tipo Ethernet, es el código de Manchester. Para la Red-IIMAS se utilizó una modificación de codificación por retardo (delay-modulation). Los factores que nos inclinaron a esta determinación fueron: la codificación de la Red-IIMAS proporciona una mejor definición de los frentes de onda de la señal, en la recepción y como consecuencia la señal que se recibe es una replica fiel de la señal que se transmite. La componente de corriente directa es casi despreciable, aún durante las transiciones del inicio y fin de transmisión, no siendo así para la codificación de manchester.
- Es importante no perder de vista que en la medida en que se incluyan circuitos o dispositivos electrónicos complicados en un diseño se requerirán herramientas complejas de desarrollo.
- Las diferencias tecnológicas entre los países desarrollados y México son grandes. Una estrategia adecuada para minimizarlas es el fomento de la asimilación e incorporación continua de tecnología reciente a las investigaciones nacionales.
- En Red-IIMAS se observó que la implementación hecha en la subcapa física, estaba fuertemente relacionada al tipo de canal de comunicaciones de la red. La implementación del control de acceso al medio, el cual establece un mecanismo para hacer uso del medio de comunicación, es característica del tipo de red, mientras que por otro lado, el control de enlace lógico debe estar pensado para soportar diversos modos de operación o posibilitar su apego con alguna norma comercial. A partir de lo anterior se puede establecer que casi en cualquier tipo de red, la implementación de la subcapa física y de control de acceso al medio deben ser fijas no siendo así el caso para el control de enlace lógico. Por lo que es altamente recomendable que el control de enlace lógico se base en un

sistema programable, el cual ofrece una versatilidad en la operación, mediante la reprogramación del mismo.

- El sistema que forma la capa de comunicaciones tiene un campo muy amplio de aplicaciones ya que nos permite, con una serie de adaptaciones, obtener un dispositivo versátil capaz de interactuar con una gran cantidad de sistemas de cómputo.
- El haber basado la implementación en un sistema con capacidad de procesamiento abre la posibilidad, de que este sistema, realice algunos de los procesos que residen en las capas superiores, convirtiéndose no solo en la capa de comunicación sino también, en las capas inter-red y/o transporte.

## APENDICE A

OSI		OSI	SNA	DEC-NET	DCA	BNA	IPA	XBM		
International Standards Org	International Business Mach.		Digital Equip. Corporation	Univac	Burroughs	Interat. Comp. Lim.				
7	Capa de Aplicacion	7	Usuario final	7	Usuario final	7	Usuario final	7	Aplicacion	
6	Capa de Present.	6	Servicios para manejo de funciones	6	Aplicacion de la red	6	Comunicacion usuar.-SYST.	6	Ctrl. Nivel de acceso	
							Puerto logico			
5	Capa de Sesion	5	Control de flujo	5	Control de sesion	5	Multiplexor de puertos logicos	5	Nivel puertos	
4	Capa de Transporte	4	Control de transmision	4	Transporte	4	Control de datos unit.	4	Nivel de ruteo	
3	Capa de Inter-red	3	Control de ruta	3		Control de ruteo	3			
2	Capa de Enlace de Datos	2	Control de transmision	2		Control de enlace de datos	2	Ctrl. trancal		2
			Control de enlace				Ctrl. de ent. de dat.		Nivel estacion	
1	Capa Fisica	1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A	

Tabla .1: Tabla comparativa de diversas redes y el modelo OSI

## **APENDICE B**

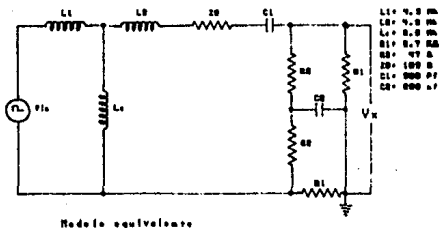


Figura .1: Modelado de la malla de acoplamiento

$$(L_1 + L_c)si_1 - L_c si_2 = V_{in}$$

$$(L_2 s + L_c s + Z_0 + \frac{1}{C_1 s} + 2R_2)i_2 - R_2 i_3 - R_2 i_4 - L_c si_1 = 0$$

$$-R_2 i_2 + (R_1 + R_2 + \frac{1}{C_2 s})i_3 - \frac{i_4}{C_2 s} = 0$$

$$-R_2 i_2 - \frac{i_3}{C_2 s} + (R_1 + \frac{1}{C_2 s} + R_2)i_4 = 0$$

Despejando para  $i_1$  en la ecuacion 1 :

$$i_1 = \frac{V_{in} + L_c i_2 s}{(L_1 + L_c) s}$$

Eliminado  $i_2$  de las ecuaciones 3 y 4 :

$$i_3 = i_4$$

Substituyendo la ecuacion anterior y despejando para  $i_2$  en la ec. 4 :

$$i_2 = 2 \frac{(R_1 + R_2) i_3}{R_2}$$

De acuerdo al diagrama tenemos que :

$$i_3 = \frac{V_s}{R_1}$$

Substituyendo  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$ , e  $i_4$  en la ecuacion 2 :

$$\frac{V_s}{V_{in}} = \frac{\frac{L_1 R_1 R_2 C_2 s}{(R_1 + R_2)(L_1 + L_2)}}{(L_2 + L_4 - \frac{L_2^2}{L_1 + L_2}) C_1 s^2 + (Z_0 + 2R_2 - \frac{2R_1^2}{R_1 + R_2}) C_1 s + 1}$$

Si :

$$L_1 = 4.5 \text{ mH.}$$

$$L_2 = 4.8 \text{ mH.}$$

$$L_4 = 2.6 \text{ mH.}$$

$$R_1 = 2.7 \text{ KOhms.}$$

$$R_2 = 47 \text{ Ohms}$$

$$Z_0 = 100 \text{ KOhms.}$$

$$C_1 = 500 \text{ pF.}$$

$$C_2 = 200 \text{ nF.}$$

$$s = j\omega$$

Substituyendo valores :

$$\frac{V_s}{V_{in}} = \frac{1.721 \cdot 10^{-5} j\omega}{1 - (4.810 \cdot 10^{-13} \omega^2 - 9.95 \cdot 10^{-5} j\omega)}$$

Como :

$$i_2 = \frac{2(R_1 + R_2) i_3}{R_2}$$

y :

$$i_3 = \frac{V_s}{R_1}$$

Tenemos que :

$$Z_{in} = \frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 94 \text{ Ohms}$$





## Bibliografía

- [1] J.C.R. Licklider, and Alvert Veza. "Applications of Information Networks", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 66, Num. 11, Nov 1978
- [2] Andrew S. Tanenbaum. "Computer Networks", *Prentice-Hall Software Series*, 1981
- [3] Inder M. Soi, and Krishan K. Aggarwal. "A Review of Computer-Communications Network Classification Schemes", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 19, Num. 3, March 1981
- [4] Harold C. Folts. "A Tutorial On Open System Interconexión Reference Model", *Open System Data Transfer*, Num. 1, June 1982, pp. 2-21
- [5] "Networks", *Networks and Communications Buyers Guide*, Digital Press, Oct.-Dic. 1986.
- [6] Norbert Straub, Stuttgart, Werner Redle, and Basle. "Pc/Network and Pc/Network Program Introduction", *IBM International System Centers*, March 1985, pp. 1-79.
- [7] O. Cantú, J. Hernández, P. Márquez, y F. Nava. "Descripción de la red local IIMAS de alta velocidad", *Comunicaciones Técnicas, IIMAS, Serie Naranja*, número 367, 6 de Sept. de 1984.
- [8] G. S. Sidhu. "Descripción preliminar de la red local IIMAS", *Memorándum Técnico*, núm. 10, Oct. de 1979.
- [9] G. S. Sidhu. "Una arquitectura de protocolos propuesta para REDLAC", *Memorándum Técnico*, 1 de Oct. de 1979.
- [10] O. Cantú. "Sistema de control de transmisión de circuitos virtuales", *Tesis de maestría en ciencias de la computación de la U.A.C.P.Y.P del C.C.H.*, 1988. En impresión.
- [11] O. Cantú, P. Márquez y F. Nava. "Red-IIMAS de alta velocidad", *Memorias de la 1a. Reunión Nacional de Usuarios de Equipo Digital*, Nov. de 1986.
- [12] P. Márquez. "Protocolos de alto nivel para la Red-IIMAS", 1988, *Tesis de maestría en ciencias de la computación de la U.A.C.P.P.y P. del C.C.H.* En impresión.

- [13] Anton Meijer and Paul Peeters. "Computer network architectures", Pitman publishing inc, 1982
- [14] Paul E. Green. "Computer network architectures and protocols", Plenum press, 1983
- [15] Macnamara "Technical aspects of data communications", Digital press
- [16] Milton Kaufman y Arthur H. Seidman "Manual para ingenieros y técnicos en electrónica", McGraw-Hill, 1985
- [17] Jeremias F. Hayes. "Modeling and analysis of computer communications networks", Plenum Press, 1984, pages. 220-233.
- [18] "The Ethernet Sourcebook" Elsevier Science Publishing Company, Inc. 1985.
- [19] "Computer Design", feb 15 1986. pag 99.
- [20] "Scm Benchmark", Scm publishing, 1986