

Contenido

1

Editorial

Agentes Inteligentes en Internet

Rosa Eunice Echeverria Portillo

3

9

Sistema de Codificación Sub-banda de Imágenes con Wavelets

Gustavo A. Mas Levario, María A. Segura Corona y Miguel A. López Martínez

Descripción Cualitativa del Mapeo Computacional Bajo el Concepto de Conjunto

Gustavo A. Mas Levario, María A. Segura Corona y Pablo Manrique Ramirez

23

27

Guia para la Implementación de una Red de Área Local

Eduardo Vega Alvarado y Elizabeth Acosta Gonzaga

Impacto de la Tecnología de la Información (TI) en las Organizaciones

Elizabeth Acosta Gonzaga y Abraham Gordillo Mejia

32

Editorial

La cantidad, velocidad y profundidad de los cambios originados por la tecnología de la información sobre las organizaciones han motivado que a ésta se le considere como una nueva revolución cultural e industrial. Dentro de este movimiento las Instituciones educativas, y especialmente las tecnológicas, no pueden mantenerse al margen; es necesaria su participación activa para la incorporación de todos estos cambios, de tal forma que la sociedad en su conjunto los asimile y a la vez se beneficie.

Actualmente se dispone de herramientas diversas para apoyar estos fines, como son: el proyecto Internet 2, los espacios virtuales de aprendizaje, la educación a distancia, y las videoconferencias, entre otras; si bien no todos estos apoyos son de fácil aplicación (principalmente por los aspectos de costo y de infraestructura) como alternativa se cuenta con la capacitación y especialización enfocada al conocimiento e implementación de las últimas tecnologías.

El Instituto Politécnico Nacional, actuando en consecuencia a estos cambios, se ha dado a la tarea no solo de utilizar sino también de crear alternativas educativas acordes a la realidad del país. El CIDETEC, dentro de este esfuerzo, desarrolla actualmente proyectos relacionados con la generación de productos multimedia tales como libros y manuales electrónicos. En este mismo sentido, mantiene su programa de diplomados

iniciado en 1999, ampliando la oferta de los mismos e incluyendo además cursos de especialización, con la finalidad de abarcar un mayor campo de acción, particularmente en el área de la programación (software).

La intención es integrar un proyecto de opciones en computación más completo, cada vez con mayor calidad no solo para mantener la respuesta positiva hacia el mismo, sino incrementarla; en un futuro próximo se contempla incluir alternativas enfocadas a la educación a distancia, para aumentar tanto la disponibilidad y el número de programas, como su cobertura en relación a la demanda. Todas estas actividades se realizan teniendo siempre en mente la excelencia académica, que es y debe ser siempre uno de los estandartes de nuestro Instituto.

Agentes Inteligentes en Internet

Lic. Rosa Eunice Echeverría Portillo
Profesora del CIDETEC-IPN

El estudio de los agentes inteligentes es un área de investigación de muy rápido crecimiento, donde el desarrollo de proyectos hace evidente que la complejidad del software continuará incrementándose en los próximos años. La naturaleza distribuida y dinámica de datos y aplicaciones requiere que la programación no sólo responda a las solicitudes de información de los usuarios, sino que se anticipe, adapte y busque maneras de darles soporte. Los sistemas no sólo deben ayudar a los humanos a coordinar sus actividades, sino también a administrar la cooperación entre sistemas distribuidos. Como resultado de estas necesidades, los agentes surgen como un área donde se intersectan un gran número de disciplinas tan diversas como la Interacción Humano-Computadora, la Ingeniería de Software, Redes, Sociología y la Inteligencia Artificial.

Hasta este momento el concepto de **agente** no se ha definido de manera unánime, aunque se está volviendo popular en la industria de software y por lo tanto el uso de este término podría no ser el correcto. A pesar de ello, existen algunas propiedades que comúnmente se asocian a los agentes, siendo estas: autonomía, sociabilidad, cooperación, reactividad, proactividad (con comportamiento dirigido por una meta y tomando la iniciativa), continuidad temporal, adapta-

bilidad, así como el ser personalizables [1]; estas propiedades se explicarán mas adelante.

DEFINICIÓN DE AGENTE

La respuesta a ¿Qué es un agente inteligente? es compleja, debido a que los investigadores utilizan diferentes significados del término y aún no hay consenso para precisar una definición, tal como sucede al definir el término **inteligencia artificial**.

En Internet, el término Agente Inteligente hace referencia a un programa que navega en lugar del usuario, incorporando tecnologías de sistemas expertos y técnicas de Inteligencia Artificial de aprendizaje y planificación. Así mismo, actúan como asistentes electrónicos que realizan tareas que de otro modo se ejecutarían de forma manual. Los Agentes Inteligentes pueden automatizar muchas tareas rutinarias o que no involucran búsqueda, típicas de los usuarios del WWW, proporcionando además un método eficiente de búsqueda, colección y filtro de información en las búsquedas entre redes. Entre las principales aplicaciones en una empresa está su uso para mejorar la productividad de los usuarios de la red, el flujo de trabajo y la administración, en el comercio electrónico y en las agendas compartidas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGENTES

Si bien no existe una definición general para los agentes, si existen propiedades que los caracterizan y en las que los especialistas coinciden; sin embargo hay quien considera que estas características no son suficientes. Jeen [2] generó una lista de características con una visión estricta de los agentes.

Esta visión amplia determina las siguientes propiedades en los agentes que se utilizan para los sistemas de hardware y software:

- “ **Autonomía:** Los agentes han de actuar sin la intervención directa de los humanos o de otros agentes, teniendo además algún tipo de control sobre sus acciones y su estado interno. [7]
- “ **Flexibilidad:** Sus acciones no están predeterminadas.
- “ **Proactividad:** Los agentes son una nueva forma de pensar, porque tienen iniciativa propia y pueden hacer sugerencias. [8]

El agente *intenta* conseguir la satisfacción de sus metas. El proceso interno de toma de decisión precisamente tiene por objeto maximizar la satisfacción de las metas; para tomar una acción en este sentido no necesariamente se responde a un estímulo, sino que

puede detectar una oportunidad y tomar la iniciativa. [9]

“ **Sociabilidad** (habilidades sociales): Los agentes pueden interactuar con otros agentes (y posiblemente con los humanos), mediante algún tipo de lenguaje de comunicación de agentes

“ **Reactividad**: Los agentes perciben su entorno, que puede ser el mundo real, un usuario a través de una interface gráfica, un conjunto de agentes, Internet o quizá la combinación de algunos de los anteriores, y responden en un tiempo aceptable a los cambios que ocurren en él.

“ **Aprendizaje o adaptación**: Su comportamiento está basado en la experiencia previa.

“ **Continuidad temporal**: La ejecución es continua en el tiempo.

“ **Capacidad de iniciativa**: Los agentes no solo han de reaccionar a los cambios de su entorno, sino también deben ser capaces de tomar la iniciativa, exteriorizando algún tipo de comportamiento orientado a alcanzar sus objetivos.

“ **Situación**: El agente se considera en relación con un ambiente específico, del cual recibe información por medio de *sensores*, y entrega acciones por medio de *actuadores*. Este punto de vista no requiere un ambiente físico; un agente en un medio informático tal como el internet puede tener sensores que detecten la presencia de una página web, un virus, etc., con actuadores que le permitan enviar correo electrónico, destruir archivos, etc. [9].

Algunos investigadores en el campo de la Inteligencia Artificial consideran que las propiedades antes descri-

tas no son suficientes para caracterizar a los agentes, dado que los agentes son sistemas computacionales que deben incluir además nociones mentales que semejen el pensamiento humano; por lo tanto, agregan las siguientes características:

- Propiedades intencionales
- Capacidad de razonamiento
- Movilidad
- Veracidad
- Benevolencia
- Racionalidad

AGENTES EN INTERNET

Actualmente la Internet y el World Wide Web son el campo donde los sistemas basados en agentes han encontrado mayor desarrollo. Internet nace como consecuencia de un proyecto desarrollado a finales de los años 60; este proyecto consistía en la construcción de una red experimental para la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) del departamento de defensa de los EE.UU. El objetivo del proyecto era la generación de un sistema de comunicación entre computadoras altamente flexible y dinámico, que permitiera utilizar cualquier tipo de medio y tecnología de transmisión, y que siguiera funcionando incluso ante la eventualidad de la destrucción de algunas partes de la red. Así, en 1969 nació la red ARPANET, auténtica precursora de la posterior Internet, interconectando cuatro macrocomputadoras ubicadas en lugares distintos.

La red creció lentamente hasta llegar a conectar unos 100 equipos a principios de los 80. Durante ese período sirvió como banco de investigación, desarrollo y prueba de los pilares sobre los que se apoya Internet: las normas y lenguajes comunes que permiten la comunicación entre

los distintos elementos conectados, conocidos como la familia de protocolos TCP/IP. La adopción de éstos dentro de ARPANET en 1982 supuso un hito decisivo.

A mediados de esa década se producen factores clave para el posterior desarrollo de Internet. Numerosos fabricantes comercializan equipos que *hablan* TCP/IP, convirtiéndolo en el estándar de facto para la intercomunicación. Así mismo, la proliferación de redes de área local hace cambiar la tendencia de conectar únicamente al exterior las grandes computadoras de las instituciones, por la necesidad de conectar redes locales enteras, facilitando así el acceso simultáneo al exterior a un gran número de equipos en cada organización.

Otro factor decisivo fue el nacimiento en 1986 de la red NSFnet. Con el objeto de facilitar el acceso a toda la comunidad científica norteamericana a cinco grandes centros de supercómputo, la National Science Foundation, ante los impedimentos burocráticos para usar la red ARPANET, decidió crear una red propia, la cual acabaría convirtiéndose en la espina dorsal de Internet. Dado su carácter abierto a toda la comunidad científica y académica, la NSFnet desencadenó una explosión de conexiones, sobre todo por parte de las universidades. Aunque el objetivo inicial de la NSFnet era el compartir recursos costosos y/o escasos de supercómputo, pronto las organizaciones conectadas descubrieron que disponían de un medio inmejorable de comunicación y colaboración entre ellas.

Desde finales de los 80's Internet ha venido experimentando un crecimiento exponencial en casi todos sus parámetros:

1. Número de usuarios de Internet.

En los primeros años de existencia de Internet, la mayoría de usuarios eran investigadores y algunos pocos proveedores públicos. Esos usuarios tenían conocimientos importantes sobre computadoras, redes, y sobre el modo de acceder y usar los diversos servicios de Internet.

2. Número de proveedores de servicios e información en Internet.

Un creciente número de empresas y otras entidades, como los gobiernos, ofrecen servicios sobre Internet, normalmente a través del World Wide Web.

3. Número de usuarios conectados a Internet en relación al ancho de banda.

Los usuarios de Internet han tenido que aprender a convivir con los inconvenientes propios de esta sobrepoblación de la red. Las consecuencias son, entre otras, la imposibilidad en la práctica de conectarse con algunos servidores, o la espera, casi infinita, para la transferencia de información.

4. Popularidad del World Wide Web.

La facilidad de uso y la imagen atractiva del WWW ha colocado a éste en el primer lugar de las estadísticas de los servicios más usados en Internet. El WWW se puede utilizar para acceder a casi todos los demás servicios que se ofrecen en la red, sirviendo para acceder a servidores FTP o Gopher de un modo más sencillo del que proporciona su uso directo.

Así mismo, los usuarios pueden acceder a una cantidad de información prácticamente inacabable. Esta es una de las principales razones que explican por qué las grandes empresas están ofreciendo servicios e información a través del WWW: cuando la

información interesante es hábilmente combinada con una estrategia comercial, cualquier empresa puede alcanzar un alto grado de difusión entre los usuarios de Internet, y por lo tanto todos ellos pasar a ser clientes potenciales.

5. Surgimiento de nuevas tecnologías.

JAVA y VRML son algunas de estas tecnologías. Java permite la creación de programas de propósito general, independientes de la plataforma de ejecución; por su parte, VRML es un lenguaje de programación que puede usarse para ampliar los documentos HTML. VRML hace posible la creación de entornos virtuales de tres dimensiones que los usuarios pueden explorar.

Como se observa, el desarrollo más notable de Internet es el WWW. La popularidad de la red sugiere la necesidad de construir interfaces simples y de fácil manejo para los usuarios, que hagan abstracciones y oculten las diferentes técnicas para realizar algunas tareas sobre Internet.

Los programadores han entrado en esta tendencia, construyendo navegadores cada vez más completos y versátiles. Por ejemplo, las últimas versiones de Netscape pueden usarse para navegar en el WWW, leer noticias de Usenet, como programa de gestión del correo electrónico y para editar páginas HTML.

Los agentes pueden ofrecer funcionalidades similares a estas; incluso con mayor eficiencia si se mejoran algunas características -como la independencia al hardware y al software- y si se añaden nuevas propiedades. Los agentes ofrecerían así una gran ayuda a los usuarios de Internet, pues no solo podrían ser usados como buscadores de información, sino que proporcionarían un modo apropiado y

preciso de construir interfaces para interactuar con la red.

ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS AGENTES

Algunos investigadores han inventado sinónimos para nombrar a los agentes, añadiendo mayor confusión a la definición de agente. Algunos de estos sinónimos son:

- softbots (software robots) .
- knowbots (knowledge-based robots).
- taskbots (task-based robots).
- searchbots (search robots) .
- userbots .
- robots .
- personal agents .
- personal assistants.

Se han definido ocho grandes áreas de aplicación donde ahora, o en un futuro cercano, se utilizará la tecnología basada en agentes [3]. Estas áreas son:

1. Organización y mantenimiento de sistemas y redes.
2. Movilidad y accesos remotos.
3. Mensajería y Correo Electrónico.
4. Organización del acceso a la información.
5. Colaboración.
6. Flujo de trabajo y organización administrativa.
7. Comercio Electrónico.
8. Interfaces de usuario adaptativos .

Como se verá a continuación, estas áreas están todas relacionadas, directa o indirectamente, con las redes de computadoras y con el actual paradigma de red: Internet.

Organización y mantenimiento de sistemas y redes.

La incorporación del protocolo cliente-servidor a los sistemas informáticos ha supuesto un incremento de la complejidad del mantenimiento, especialmente en el área de las redes de computadoras. Los administradores de estos sistemas necesitan herramientas que de modo simple les ayuden a administrar los sistemas ante la creciente complejidad de los mismos.

En la administración de redes y sistemas informáticos se utilizan desde hace bastante tiempo esquemas semejantes a los agentes que realizan funciones fijas, denominados daemons. Un daemon es parecido a un agente en el sentido que se activa cuando ha de realizar una función -reactividad, pero carece de las características propias de los agentes, como por ejemplo la autonomía.

Los agentes pueden utilizarse para aumentar la automatización que ya existe en la administración de sistemas. Así mismo, pueden actuar en un alto nivel de abstracción filtrando y controlando acciones automáticas, detectando y reaccionando ante esquemas del comportamiento del sistema e incluso organizar configuraciones dinámicamente.

Movilidad y Accesos Remotos.

Es cada vez más frecuente que los usuarios de computadoras deseen aumentar su movilidad; no sólo quieren acceder a los recursos remotos de las redes, sino que quieren hacerlo olvidándose de las limitaciones propias de la red, principalmente el ancho de banda.

Sin embargo, los agentes que habitan en la red pueden alcanzar estos deseos, como el que algunos mensajes puedan ser respondidos de forma automática. Los agentes facilitan estas funciones proporcionando reglas para la gestión de los mensajes, que

pueden ser especificadas y modificadas a lo largo del tiempo. En un futuro, los agentes de mensajería podrán inferir reglas sobre el comportamiento del usuario e incorporarlas a su base de conocimiento.

Organización del acceso a la información.

El estudio del acceso a la información constituye en la actualidad, un área importante de actividad, debido entre otras cosas al incremento de la popularidad de Internet y la gran cantidad de información disponible para sus usuarios.

Los agentes pueden ayudar no sólo en la realización de búsquedas y filtraje de la información, sino también al seleccionar, priorizar o categorizar dicha información.

Colaboración. La colaboración es un área en rápido crecimiento, donde los usuarios trabajan juntos en documentos comunes, utilizando video-conferencias, o compartiendo recursos a través de la red.

Los usuarios no sólo necesitan un sistema que proporcione la infraestructura para compartir información de modo robusto y fiable, sino también herramientas y utilidades que les ayuden a construir y administrar los equipos de trabajo.

Flujo de trabajo y organización administrativa.

La gestión del flujo de trabajo es la administración de procesos de la empresa mediante un sistema informático. Los usuarios del sistema necesitan realizar los procesos lo más eficientemente posible y reducir de esta manera el costo de los agentes humanos. En este contexto, los agentes de software pueden ser utilizados para automatizar procesos empresariales o la toma de decisiones.

Comercio Electrónico. El comercio en Internet es también un

área en pleno desarrollo. Los clientes necesitan encontrar proveedores de productos y servicios, y junto a ello información sobre dichos productos y servicios, asistencia y soporte técnico. Por su parte, los vendedores necesitan encontrar clientes para sus productos, informar sobre los mismos y ofrecer asistencia técnica.

Los agentes pueden apoyar al usuario del comercio electrónico en muchas formas: Pueden realizar compras en lugar del usuario, estudiar precios, solicitar información sobre los productos y servicios, y después informar al usuario. También pueden actuar como vendedores, automatizando el proceso de venta o el de asistencia técnica.

Interfaces de usuario adaptativas.

Aunque en estos últimos años las interfaces de usuario se han transformado en interfaces gráficas más intuitivas y fáciles de usar, para muchos continúan presentando dificultades en lo que se refiere a su aprendizaje o utilización. Conforme las aplicaciones informáticas han mejorado, éstas necesitan interfaces de usuario más complejas. Las interfaces de usuario deberían aprender los hábitos del mismo y adaptarse de forma individualizada.

Los agentes llamados *interface agents* pueden solucionar estos problemas. La tecnología actual de agentes permite a los sistemas monitorizar las acciones del usuario, desarrollando modelos o perfiles. De este modo se pueden construir agentes que adapten la interface del sistema al perfil del usuario, o que cambien el modo de mostrar la información.

TIPOS DE AGENTES EN INTERNET

A continuación se analiza el tipo de agentes existentes actualmente en la

red. En este sentido hay diversas maneras de clasificar los agentes de Internet:[6]

1. En relación a su movilidad, esto es, según su habilidad para moverse y cambiar de sitio en una red. Este criterio proporciona las clases de agentes estáticos y agentes móviles.
2. Pueden clasificarse como deliberativos o como reactivos. Los agentes deliberativos son agentes que poseen un modelo interno de razonamiento de tipo simbólico, y su planificación está orientada a alcanzar cierta coordinación con otros agentes. Los agentes reactivos [4] no tienen modelo interno del entorno, sino que actúan siguiendo un comportamiento del tipo estímulo/respuesta.
3. De acuerdo a un conjunto de características ideales que los agentes podrían exteriorizar. Como mínimo, estas características son tres: autonomía, aprendizaje y cooperación. Está claro que estas no son todas las características deseables para los agentes, pero se trata aquí de considerar un conjunto de propiedades esenciales.

La autonomía hace referencia a que los agentes pueden actuar por sí mismos, sin necesidad de alguna guía humana. Los agentes tienen estados internos y objetivos individualizados. Un elemento clave de la autonomía de los agentes es la capacidad de tomar la iniciativa en lugar de actuar simplemente como respuesta al entorno.

La cooperación con otros agentes es de suma importancia; es la razón de ser de sistemas con varios agentes en lugar de uno solo. Como se ha visto, para que los agentes puedan cooperar entre si necesitan ser dotados de habilidades so-

ciales, es decir, la habilidad de poder interactuar con otros agentes o con humanos, mediante algún lenguaje de comunicación.

Finalmente, los agentes deben ser capaces de aprender acerca de sus acciones y reacciones ante el entorno. El aprendizaje aumenta el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo.

Hay otras características de los agentes de Internet que se han considerado secundarias, pero que no deben ser olvidadas. Por ejemplo, la versatilidad, ¿tiene un agente un conjunto fijo de objetivos o bien puede enfrentarse a diversidad de tareas? También es válido preguntar ¿es este agente benévolo?, ¿es útil?, ¿es altruista?, ¿dice siempre la verdad cuando se comunica con otros agentes?.

En la **figura 1** se resume y ordena a los distintos tipos de agentes para Internet, siendo esta lista susceptible de modificación.

AGENTES QUE COLABORAN

Para tener un grupo coordinado de agentes, es necesaria una negociación entre ellos para alcanzar acuerdos colectivos aceptables en algunas materias.

Las características fundamentales de estos agentes son la autonomía,

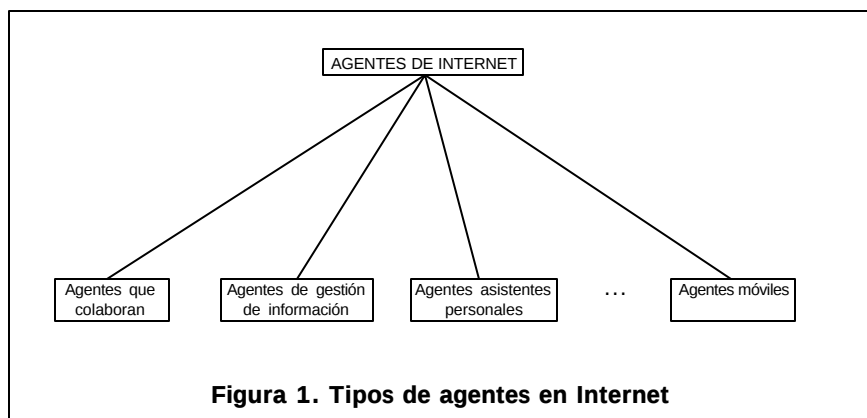
habilidades sociales, un cierto grado de reacción y la capacidad de tomar la iniciativa. Además, pueden exhibir racionalidad en su actuación, ser benévolo, decir siempre la verdad, etc.

Las razones que han llevado a construir Sistemas Basados en Agentes que colaboran son una especialización de las motivaciones de la Inteligencia Artificial Distribuida:

1. Resolver problemas que exceden las capacidades de un sólo agente individual.
2. Ofrecer a los sistemas desarrollados hasta nuestros días la capacidad de interconectarse e interactuar con otros.
3. Proporcionar soluciones a problemas de naturaleza distribuida.
4. Proporcionar soluciones a problemas que requieren datos distribuidos.
5. Aumentar la modularidad, velocidad, fiabilidad y flexibilidad de los sistemas.

AGENTES QUE GESTIONAN INFORMACIÓN

Los agentes de gestión de información aparecen como respuesta a la demanda de herramientas que ayudaran a manejar el crecimiento explosivo de la información disponible en Internet. Estos agentes realizan tareas tales como manipular, manejar o recoger información de múlti-



ples fuentes distribuidas en Internet. La hipótesis que subyace en ellos es que un usuario se ahoga en la enorme cantidad de datos y, al mismo tiempo, se muere de hambre en lo que se refiere a la información.

Los agentes pueden ayudar a mejorar, pero no eliminan el problema de exceso de información. Algunos autores no dudan en afirmar que el mayor desafío de la era de la información es crear una interface de usuario simple donde la búsqueda y recuperación de información mediante agentes llegue a ser tan natural para el usuario como lo es llamar por teléfono o leer un periódico. Los agentes gestores de información deben estar dotados con las capacidades necesarias para conocer dónde buscar y cómo encontrar información y acumularla.

Aunque en un futuro se relacionen estrechamente los agentes asistentes personales, los agentes que adaptan interfaces, y los agentes gestores de información, es interesante verlos separadamente, para poder estudiar su evolución. Los agentes gestores de información no tienen un modelo estándar de actuación, pueden ser estáticos o móviles, no cooperativos o sociales, pudiendo aprender o no.

Un ejemplo de agente que busca y gestiona información en Internet, que ya puede considerarse un clásico, es el llamado Internet Softbot [5]. Este agente permite al usuario formular consultas en alto nivel, y es capaz de usar su base de conocimiento para realizar búsquedas e inferencias y determinar cómo consultar en Internet. El agente tiene en cuenta y tolera ambigüedades, omisiones y algunos tipos de error en la consulta del usuario. Los autores del Internet Softbot describen el proyecto haciendo un paralelismo entre el agente y un robot físico, de ahí su nombre.

El principal problema de los agentes gestores de información cuando estos son estáticos, y construyen un índice que almacenan en una base de datos, es actualizar estos índices en un entorno enormemente cambiante como Internet. Por otra parte, los agentes estáticos pueden incorporar una interface que se adapte al usuario.

Los agentes que buscan y gestionan información pueden ser móviles. Esta movilidad les impide ofrecer al usuario una interface adaptativa, pero en cambio son capaces de navegar y moverse por el WWW recogiendo información y construyendo índices en el mismo sitio en donde se encuentra ésta. A los agentes gestores de información se les acusa de sobrecargar la red y colapsar las comunicaciones; si bien esto es cierto, algunos autores han propuesto normas de conducta para los agentes que trabajan en Internet, y de este modo reducir su influencia negativa sobre la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- [5] Etzioni, O., Weld, D., *Asoftbot-Based Interface to the Internet*. Communications of the ACM. 1994
- [6] Mori Pera Enric. *Agentes y Sistemas Multiagentes* <http://www.si.upc.es>
- [7] Castelfranchi, C., *Guarantees for autonomy in cognitive agent architecture. Intelligent Agents: Theories Architectures, and Languages*. Germany. 1995
- [8] Olivares Ceja Jesús M. *Agents: Characteristics, Architectures and Applications*. Draft 2.0. 1998
- [9] Dr. Brena Ramón, Dr. Aguirre José Luis. *Coordinación de recursos de Educación e investigación mediante Agentes*. <http://www-cia.mty.itesm.mx/~jaguirre/>.
- [1] Chauan, D. 1998. *JAFMAS, A Java-based agent framework for multiagent systems development and implementation*.
- [2] Jeenings N. R., Wooldrige M., *Intelligent Agents: Theory and Practice*. Knowledge Engineering Review, October 1994. Revised January 1995.
- [3] Gilber A., et al. *The Role of Intelligent Agents in the Information Infrastructure*. IBM, United States 1995
- [4] Brooks, R. A., *A Robust Layered Control System for a Mo-*

Sistema de Codificación Sub-banda de Imágenes con Wavelets

Gustavo Abraham Mas Levario, María Aurora Segura Corona, Miguel Angel López Martínez
Profesores del CIC-IPN
gmas@redipn.ipn.mx

En este trabajo se propone una solución para implementar un sistema de compresión de imágenes basándose en un esquema denominado codificación sub-banda. Bajo este esquema se propone la utilización de la transformada llamada **wavelet**. Por otra parte, se pretende que el sistema se implante usando un modelo de coprocesamiento entre una computadora huésped y una tarjeta de expansión.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día circulan en diversos medios grandes volúmenes de información. Como resultado, la habilidad para almacenar, acceder y transmitir esta información en una manera eficiente es crucial. Esto es particularmente cierto para el caso de imágenes digitales, donde típicamente se requiere un gran número de bits para representar una imagen digital simple; con los rápidos avances en la tecnología de sensores y la electrónica digital, este número crece aun más con cada nueva generación de productos.

El procesamiento digital de imágenes es un área de la ingeniería que

actualmente tiene una gran relevancia. Hoy en día son múltiples las aplicaciones que involucran el procesamiento de imágenes en alguna de sus etapas, entre otras: multimedia, diagnóstico clínico, sistemas de información administrativos, robótica, juegos etc.

El uso de imágenes digitales en forma efectiva requiere de técnicas específicas para reducir el número de bits requeridos en su representación. El área del procesamiento digital de imágenes que estudia este tipo de problemas es la Compresión de Imágenes.

La compresión de imágenes se encarga de codificar la información de tal manera que se ocupe menos tiempo en su transmisión y almacenamiento. Desde los inicios del procesamiento de imágenes se han desarrollado diferentes métodos tanto teóricos como prácticos para lograr mejores tasas de compactación, con mejores índices de eficiencia.

El objetivo principal de este trabajo es proponer una solución para implementar un sistema de compresión de imágenes, con base en un esquema de compresión denominado codificación sub-banda. Este esquema tiene diferentes variantes, pero se ha optado por la utilización de la transformada llamada wavelet. Por otra parte, se pretende que el sistema se implante bajo un esquema de coprocesamiento, entre una computa-

dora huésped y una tarjeta coprocesadora con un DSP (Digital Signal Processor) TMS320C50, de la familia de Texas Instruments.

Este tipo de esquemas se puede utilizar para resolver aplicaciones de conferencias remotas.

CONCEPTOS BÁSICOS DE IMÁGENES

- Imagen: Es la representación de la forma de una escena visual.
- Comúnmente tenemos familiaridad con fotografías en color y en blanco y negro.
- Una fotografía en blanco y negro guarda la brillantez de cada punto de la escena.
- Una fotografía a color almacena el color de cada punto, además de su brillantez.
- En la fotografía convencional, el mecanismo por el cual se realiza el almacenamiento es químico.

REPRESENTACIÓN DE IMÁGENES POR UNA COMPUTADORA

Existe una gran diversidad de fuentes de donde obtener imágenes: fotografías, revistas, libros, cámaras digitales, etc.. Si el material original corresponde a un medio impreso, se emplea un digitalizador (scanner) para adquirir la información, transformar-

la a un formato gráfico y almacenarla en la computadora. Si la fuente es una cámara digital, la transmisión es directa.

- En una computadora, una imagen es un arreglo de números.
- Éstos arreglos generalmente son llamados matrices.
- Una matriz es un conjunto de números ordenados en columnas y renglones.
- Cada elemento del arreglo es llamado Pixel o Pel (del inglés, picture element).
- Cada elemento está asociado a una columna y un renglón. El número de columna y el número de renglón definen la coordenada del pixel.
- El valor de cada pixel define la brillantez de cada punto, para una imagen en blanco y negro (o en tonos de gris); o representa el color que tiene cada punto en una imagen a color.
- Independientemente del tipo de imagen, se utiliza una paleta cromática, en donde se definen el número de colores o de tonos de gris con los que se puede representar la imagen.
- Una paleta de escala de gris indica todos los posibles tonos de gris que puede desplegar cada uno de los pixeles que componen la imagen en la pantalla o monitor.
- En las imágenes en tonos de gris, el valor de cada pixel indica el nivel de gris a utilizar para su representación; este valor se compara con los especificados en la paleta de tonos, cuando uno coincide, en

tonces se elige la cantidad de brillantez con la que se mostrará el pixel en pantalla.

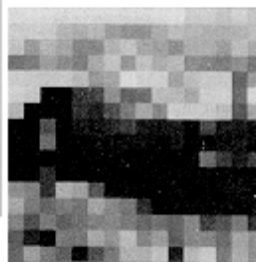
- Una paleta de colores indica todos los posibles colores que puede desplegar cada pixel que compone a la imagen.
- Para las imágenes a color, el valor del pixel representa una combinación de niveles de rojo, verde y azul, que se emplea para representar el color de dicho pixel. Por lo tanto, cada posible color se asocia con una combinación diferente de intensidades; variando los niveles de estas intensidades se pueden obtener diferentes tonos para un color dado.

CODIFICACIÓN SUB-BANDA

La compresión es una de las aplicaciones del procesamiento digital de señales, que usa expansiones de la señal como componente principal. La más notable de las expansiones, se discretiza en tiempo por medio de bancos de filtros. Cuando los canales de un banco de filtros se usan para codificar, el esquema resultante es conocido como codificación sub-banda. Las razones para expandir una señal y procesarla en el dominio transformado son numerosas. La codificación de la fuente puede aplicarse directamente sobre el original, siendo esto usualmente más eficiente para encontrar una transformación apropiada. Por razones de eficiencia se considera que, a mayor complejidad del codificador, se obtiene una mejor compresión.



Imagen en escalas de grises



Detalle de la Imagen anterior del lado superior izquierdo

200	200	199	190
178	178	170	141
160	128	142	132
113	117	129	122

Representación en forma de matriz del lado superior izquierdo del detalle anterior

Figura 1. Representación de una imagen en una computadora

Esta forma de codificación ha producido esquemas de compresión de alta eficiencia para voz, audio, imágenes y video, algunos de los cuales han sido adoptados como estándares industriales, por ejemplo: codificación sub-banda para voz de alta calidad a 32 KBits/sec. ; AC, PAC y NUSI-CAM para audio; JPEG para imágenes y MPEG para video.

La codificación sub-banda es una técnica para comprimir imágenes; inicialmente la imagen a comprimir se descompone en varias imágenes que contienen un rango limitado de información de la imagen original. Este proceso se denomina **Filtrado**, y las imágenes obtenidas son llamadas sub-bandas, obteniéndose como resultado una eliminación de píxeles. Dependiendo del criterio utilizado se eliminan todos los píxeles pares o los nones, tanto de las columnas como de los renglones de cada una de las sub-bandas; este proceso se conoce como **Submuestreo**.

La etapa donde se realiza el filtrado y el submuestreo es llamada **Análisis**.

Hasta este punto aún no se ha comprimido la imagen, solo se ha aplicado una transformación para cambiar su organización. Esto permite analizar desde otro punto de vista la imagen, sin que se haya perdido información de importancia. Ahora se debe elegir un método para codificar las imágenes generadas y comprimir la imagen. El codificar la imagen significa analizar toda la información contenida en ella y reinterpretarla, a modo que los datos a almacenar o a transmitir sean los mínimos posibles para reconstruir la imagen original, empleando un código para tal efecto. El objetivo del código es el poder representar un gran conjunto de información (símbolos, números, dibujos, palabras, etc.) con otro conjunto de menor tamaño; el utilizar un código

para esta representación es llamado **Codificación**.

Ya que las imágenes obtenidas en el filtrado están perfectamente definidas, se puede utilizar un código diferente para cada una, o el mismo, según convenga.

Una vez que se ha codificado (o comprimido) la imagen, la información se puede almacenar o transmitir por cualquier método; sin embargo, el esquema no está completo hasta que se pueda reconstruir la imagen original.

El proceso de reconstrucción se denomina **Decodificación**, es decir de la información comprimida recuperar la versión original. Una vez que se ha aplicado la decodificación se tiene la imagen separada en sub-bandas y submuestreadas. El submuestreo consistió en eliminar tanto renglones como columnas ya sea pares o impares; por lo que ahora se requiere reponer esos datos. Así, se insertan ceros en los lugares correspondientes a las columnas y renglones faltantes, llamándosele a esto **Sobremuestreo**. Nuevamente se realiza el procedimiento de Filtrado a cada sub-banda, para finalmente sumar pixel a pixel todas las sub-bandas y obtener la imagen original.

La etapa donde se realiza el sobremuestreo, filtrado y suma de las sub-bandas (la reconstrucción de la imagen comprimida) se llama **Síntesis**.

Cabe señalar que la imagen reconstruida tiene pérdidas, pero dado que la visión humana no es perfecta, no se aprecian cambios significativos en el aspecto de la imagen reconstruida, si se le compara con la imagen original.

Se emplean los términos de banda y sub-banda debido a que la información contenida en la imagen se puede

concebir como un conjunto de frecuencias, organizadas para formar un espacio o área (en este caso el plano de la imagen). En telecomunicaciones se llama banda al rango de frecuencias de operación de un equipo (radio, televisión, etc.), y las sub-bandas son pequeños rangos comprendidos en la banda original. Transportando esta noción al tema de imágenes, la banda correspondería a toda la imagen por comprimir, considerando que su información (todos los valores de sus píxeles) equivale a un rango de frecuencias. Como el proceso indica una separación en imágenes complementarias, cada una de ellas (al tener un pequeño rango de información) se considera como sub-banda.

De forma esquemática, el proceso completo de codificación se puede resumir en tres etapas:

- a) Análisis.
- b) Codificación.
- c) Síntesis.

Existen varias formas para desarrollar este esquema de compresión de imágenes; una de ellas es el empleo de la *Transformada Wavelet Discreta* (DWT - Discrete Wavelet Transform), con su contraparte, la *Transformada Wavelet Discreta Inversa* (IDWT-Inverse Discrete Wavelet Transform).

La Transformada wavelet satisface los requerimientos de la etapa de Análisis, mientras que la Transformada Wavelet Inversa corresponde a la Síntesis.

TRANSFORMADA WAVELET

La idea fundamental tras las wavelets es el análisis de acuerdo a una escala. Las wavelets son funciones que satisfacen ciertos requerimientos matemáticos y se usan para represen-

tar datos u otras funciones. Esta idea no es nueva, la aproximación usando superposición de funciones ha existido desde principios del siglo XIX, cuando Joseph Fourier descubrió que se podía superponer senos y cosenos para representar otras funciones. Sin embargo, en el análisis con wavelets, la escala que se emplea para analizar los datos juega un rol especial. Los algoritmos con wavelets procesan los datos a diferentes escalas o resoluciones. Si se observa una señal a través de una ventana grande, se pueden apreciar las características más gruesas. Similarmente, si se observa la misma señal con una ventana más pequeña, se aprecian los detalles más pequeños.

Esto hace a las wavelets interesantes y útiles; por muchas décadas los investigadores han querido obtener funciones mas apropiadas que los senos y cosenos, base del análisis de Fourier, para analizar señales con picos muy agudos, en las que el resultado obtenido por este método es malo. En estas aplicaciones las wavelets entregan mejores resultados.

Las personas que empiezan a trabajar con wavelets frecuentemente se preguntan, ¿porqué no usar los métodos tradicionales de Fourier?. Existen importantes diferencias entre ambos análisis: las funciones base de Fourier están localizadas en frecuencia pero no en tiempo, los pequeños cambios en las frecuencias en la transformada de Fourier siempre producen cambios en el dominio del tiempo. Las wavelets están bien localizadas tanto en frecuencia/escala (por medio de dilataciones) y en tiempo (por medio de traslaciones). Esta localización es una ventaja en muchos casos.

El nombre de *wavelet* viene del requerimiento de que estas funciones deben ser integradas a cero (el valor obtenido al integrar esta función debe ser cero), «ondeando» (*waving*) arriba

y abajo del eje x . Otros requerimientos son técnicos, pues debe asegurarse rapidez y facilidad de cálculo en las transformada wavelet directa e inversa. Existen muchos tipos de wavelets: suaves, con soporte compacto, con expresiones matemáticas simples, con filtros asociados simples, etc; la más simple es la *Wavelet Haar*.

La transformada wavelet tiene las siguientes características:

- Una wavelet es una forma de onda con una duración efectiva limitada, de valor promedio cero.
- Comparando las wavelets con las ondas cosenoidales del análisis de Fourier, éstas no tienen una duración limitada, y se extienden de un mínimo al infinito. Las ondas cosenoidales son suaves y predecibles, mientras que las wavelets tienden a ser irregulares y asimétricas.
- El análisis de Fourier consiste en segmentar una señal en ondas de varias frecuencias; similarmente en el análisis con wavelets se separa una señal en versiones desplazadas y escaladas de la wavelet original.
- Las señales con cambios más abruptos se analizan mejor con una wavelet irregular que con una senoide suave.

Desde un punto de vista matemático, el procedimiento del análisis wavelet es adoptar una *función prototipo*, llamada *de análisis o madre*, y una *función de escalamiento* también llamada *ecuación básica de dilatación o recursión fundamental*. De estas dos expresiones se obtiene un sistema de ecuaciones; en el cual se sustituyen *prototipos de la clase de funciones básicas ortonormales*. Aquí se calculan varios coeficientes

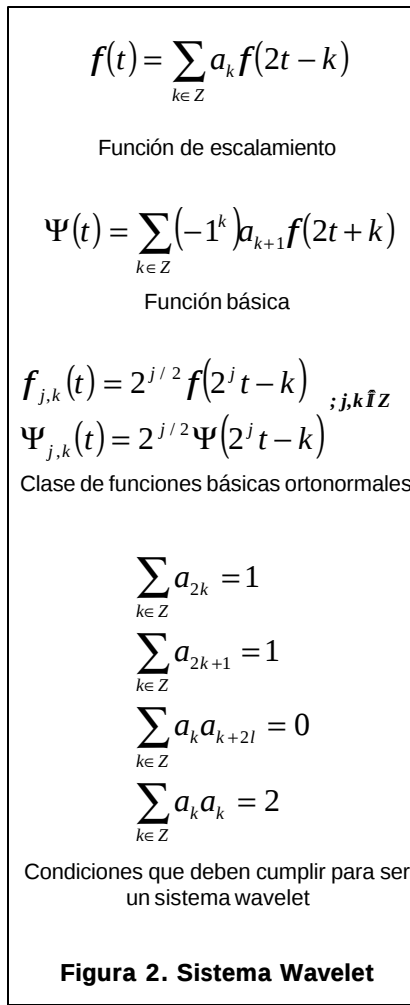
(a_k) que satisfacen al sistema de ecuaciones; dependiendo de las ecuaciones y de la función básica utilizada, el sistema se vuelve complejo o sencillo, por lo que se tiene un número diferente de coeficientes. Estos coeficientes deben cumplir con ciertos requisitos para ser considerados como wavelets; una vez cubiertos se dispone de un sistema wavelet.

Cuando se crea un sistema wavelet, se puede utilizar para expandir una función, que en este caso puede ser una señal o una imagen. El expandir esta función significa representar toda su información de interés en diferentes niveles de resolución, es decir, se hace una descomposición de la información y se reordena. Los datos contenidos en los diferentes niveles en conjunto son la información necesaria para reconstruir la función. Si se calculan los coeficientes usando productos internos, si el sistema tiene soporte compacto y si se establece un grado de dilatación en la función de expansión, ésta se simplifica.

La condición de soporte compacto implica que los coeficientes calculados sean un número finito de valores diferentes de cero.

En 1985, Stephane Mallat le dio a las wavelets un nuevo salto, ya que en su trabajo sobre el procesamiento digital de señales descubrió algunas relaciones entre los filtros espejo en cuadratura (QMF - Quadrature Mirror Filter), los algoritmos piramidales y las bases ortonormales de wavelets. Mallat demostró que el árbol o algoritmo piramidal puede aplicarse a la transformada wavelet usando los coeficientes wavelets como los correspondientes a un par de filtros QMF.

Inspirado en parte en estos resultados, Y. Meyer construyó las primeras wavelets no triviales, esto es, que los coeficientes obtenidos en la solu-



ción son diferentes de cero, pero sin tener un soporte compacto (que sea un número finito). Ingrid Daubechies utilizó el trabajo de Mallat para construir un conjunto de funciones básicas ortonormales wavelet; donde descubrió que la transformada puede ser implementada con un par de filtros de Respuesta a Impulso Finito (FIR – Finite Impulse Response) especialmente diseñados. Este par de filtros FIR son el par QMF señalado por Mallat.

FILTROS

Un filtro, en procesamiento digital de señales, es un dispositivo que a partir de una señal de

interés permite seleccionar una frecuencia o conjunto de frecuencias deseadas, mientras que las frecuencias restantes son bloqueadas.

Existen diversos tipos de filtros, pero para efectos de este trabajo solo son de interés dos: los filtros pasa-bajas y los filtros pasa-altas. Una característica general de los filtros es que poseen una o varias frecuencias de corte, es decir, las frecuencias a partir de donde el filtro limita su rango de funcionamiento.

El filtro pasa-bajas es aquel que bloquea todas las frecuencias mayores a la de corte, y permite el paso a todas aquellas menores.

Por el contrario el filtro pasa-altas es aquel que bloquea las frecuencias menores a la de corte, permitiendo todas aquellas mayores.

La principal característica de los filtros FIR es el presentar una respuesta de duración finita a un impulso unitario. Además, se pueden implementar utilizando técnicas recursivas y no recursivas, pero es práctica común la utilización de estas últimas.

La característica que se desea que el filtro presente está determinada por el tipo y número de coeficientes utilizados. La forma general de un sistema lineal invariante en tiempo FIR de salida $y[k]$ a un tiempo k está dada por:

$$y[k] = \sum_{n=0}^{N-1} h[k] x[k-n]$$

donde $h[k]$ es la respuesta impulso del sistema, o bien los coeficientes que describen el efecto deseado en el mismo.

La relación que encontró Daubechies respecto a la implementación con filtros FIR fue la siguiente:

La función escalamiento:

$$f(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} a_k f(2t - k)$$

es idéntica con respecto a la fórmula general para un filtro FIR $y[k]$, excepto por un coeficiente (2), insertado en la función de escalamiento. Esto indica que la salida solo tomará los valores pares o impares de la señal transformada (que correspondería a un submuestreo por 2 o decimación por 2). Obviamente, en el proceso inverso se requiere realizar el sobremuestreo por 2.

Las a_k corresponden a los coeficientes que se utilizan para un filtro FIR pasa-bajas.

De la función básica:

$$\Psi(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} (-1)^k a_{k+1} f(2t + k)$$

se toma el mismo razonamiento que el anterior.

Las $(-1)^k a_{k+1}$ corresponden a los coeficientes del filtro FIR pasa-altas. Nótese como cambia el signo de los coeficientes a_k respecto a la relación $(-1)^k$.

$$g(t) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} c(l) f_l(t) + \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} d(j,k) \Psi_{j,k}(t)$$

Sistema Wavelet expandiendo una señal $g(t)$.

$$c(l) = \langle f_l | g \rangle = \int g(t) f_l(t) dt$$

$$d(j,k) = \langle \Psi_{j,k} | g \rangle = \int g(t) \Psi_{j,k}(t) dt$$

Los coeficientes se calculan con productos internos.

$$g(t) = \sum_{l \in \mathbb{Z}} c(l) f_l(t) + \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k \in \mathbb{Z}} d(j,k) \Psi_{j,k}(t)$$

Si el sistema wavelet tiene soporte compacto y se establece un límite superior sobre el grado de dilatación, la ecuación de expansión toma esta forma.

Figura 3. Sistemas Wavelet y expansión de funciones

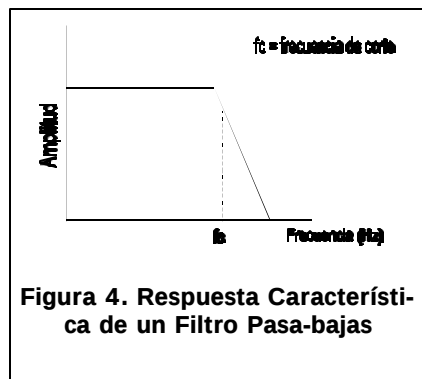


Figura 4. Respuesta Característica de un Filtro Pasa-bajas

Para la reconstrucción se usan los mismos filtros, pero aplicados en orden inverso y cambiando el signo original.

La forma práctica de observar como funciona la transformada wavelet es a través de filtros, especialmente con un *banco de filtros* (un conjunto ordenado de filtros en cascada) para la transformada wavelet. De esta misma forma se puede modelar el comportamiento de la transformada wavelet.

TRANSFORMADA WAVELET DISCRETA (DWT - DISCRETE WAVELET TRANSFORM)

El banco de filtros de *un nivel* para la transformada wavelet discreta consiste en dos filtros, uno pasa-bajas y otro pasa-altas, teniendo a la salida de cada uno un submuestreador (down-sampler). A la entrada de cada filtro se aplica la señal o imagen a analizar; los coeficientes están relacionados con la

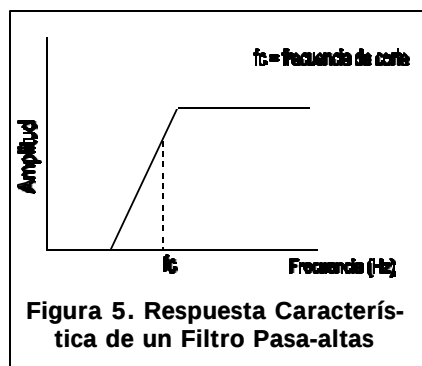


Figura 5. Respuesta Característica de un Filtro Pasa-altas

wavelet empleada, mientras que los submuestreadores eliminan la mitad de la señal de entrada. Así, a la salida de cada submuestreador se tiene una señal reducida de la versión original; la primera contiene una buena aproximación de la señal (salida del filtro pasa-bajas), mientras que el filtro pasa-altas genera una señal con los detalles de la imagen original.

De esta forma, la transformada wavelet permite analizar (sintetizar o descomponer) la señal en sub-bandas, las que al codificarse satisfacen la etapa de Análisis de Codificación Sub-banda

TRANSFORMADA WAVELET DISCRETA INVERSA (IDWT-INVERSE DISCRETE WAVELET TRANSFORM)

Para reconstruir la señal se emplea la *Transformada Inversa Wavelet* (IDWT - Inverse Discrete Wavelet Transform), en la que a cada sub-banda se aplica un sobremuestreador (upsampler) y el resultado se filtra, sumándose las sub-bandas conforme al orden que se siguió en la descomposición. La característica de los filtros está dada por la wavelet que se empleó en la descomposición; el sobremuestreo y el filtrado en esta etapa son una forma de interpolar los valores que anteriormente fueron submuestreados.

Así funcionaría el esquema para un sistema con señales en forma unidimensional; para el caso de imágenes se tendría que aplicar en forma bidimensional, es decir, sobre los ejes X y Y. Como se mencionó anteriormente, una imagen se representa por medio de píxeles en la computadora; cada píxel está asociado a una columna y un renglón.

Para procesar la información de una imagen se procede como sigue:

primero se aplica la DWT a cada una de las columnas y, posteriormente, a los valores obtenidos se aplicará la DWT para cada uno de los renglones.

Como resultado de la DWT se obtienen cuatro imágenes: Una de ellas contendrá los valores de aproximación, es decir, la definición de la forma, el color, y parte de la textura (Imagen a); las otras imágenes corresponden a los detalles en forma vertical (Imagen v), en forma horizontal (Imagen h) y en forma diagonal (Imagen d).

Para reconstruir se aplica la IDWT primeramente sobre las imágenes a y h, formando una nueva imagen, T0. Después se aplica la IDWT a d y v, generándose D0. Finalmente se aplica a D0 y T0, con lo que se obtiene la imagen reconstruida.

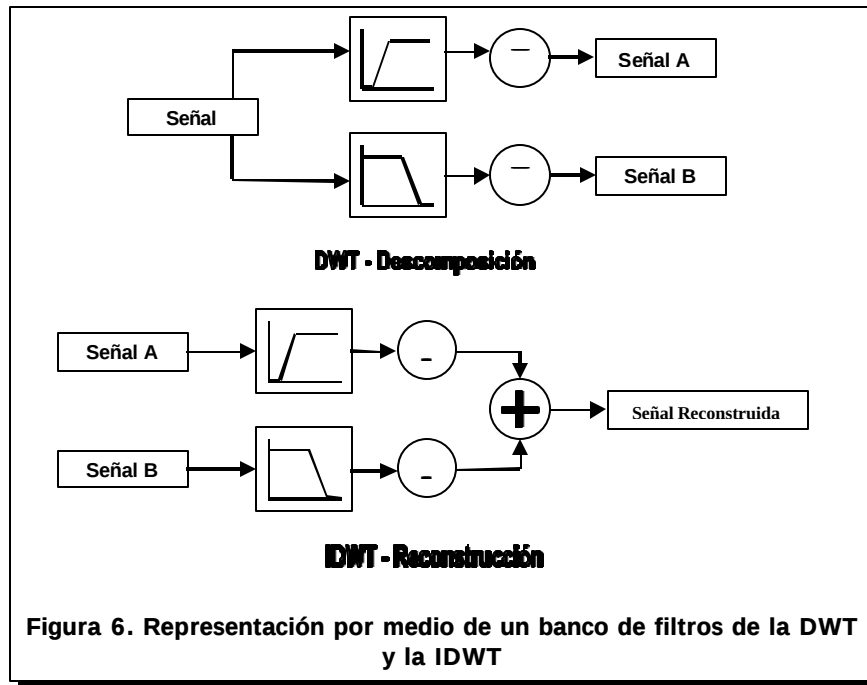
En las **figuras 6 y 7** se muestran los procesos DWT e IDWT sobre una imagen, y en las **figuras 8 y 9** la aplicación de dichos algoritmos en una imagen real.

CARACTERÍSTICAS DE LOS FILTROS

A diferencia de la compresión en audio, los filtros para codificación sub-banda en imágenes no necesitan un alto rechazo fuera de la banda seleccionada; sin embargo, existen algunas otras restricciones:

Fase Lineal: En el filtrado regular de imágenes, la necesidad por la fase lineal es bien conocida, ya que sin ella la distorsión sobre los bordes es notoria. Por esta razón, se requiere el uso de filtros de fase lineal en codificación sub-banda.

Ortogonalidad: Los filtros ortogonales tienen la facultad de que, cuando se implementa la transformada, ésta es unitaria entre la entrada y



las sub-bandas. Esta característica permite que se conserve la energía sin distorsiones. En el caso no ortogonal, esto no ocurre, por lo que los algoritmos para designación de bits no pueden ser usados directamente. Obsérvese que un banco de filtros FIR de fase lineal bien diseñado (con un buen rechazo fuera de banda) regularmente tiende a ser ortogonal, y por ello se aproxima satisfactoriamente.

Tamaño del filtro: El tamaño del filtro se refiere al número de coeficientes que se necesitan para implementarlo; para filtros grandes se requiere de un buen rechazo fuera de la banda o una alta regularidad. Además de su complejidad computacional, los filtros de gran tamaño se evitan usualmente porque tienden a expandir los errores de codificación. Por ejemplo, los bordes más finos introducen mayor distorsión, ya que los canales de alta frecuencia son cuantizados burdamente. Si los filtros son grandes (y usualmente su respuesta impulso tiene muchos cambios de signo), esto causa un efecto molesto conocido como *ringing* (introduce un ruido periódico) alrededor de los bordes. Por esta razón, los filtros usados

en compresión sub-banda de audio, tales como los filtros de 32 etapas de longitud, son demasiado largos para compresión de imágenes; esto hace que se prefieran filtros cortos.

Regularidad: Un filtro ortogonal con un cierto número de ceros en la frecuencia de aliasing (p en el caso de dos canales) es llamado regular si sus iteraciones tienden a una función regular.

La importancia de esta propiedad para la codificación es que se divide en dos partes cuando la descomposición es cíclica. Los resultados son interesantes: se desea regularidad (el desempeño sin ella es pobre), a la vez que a mayor regularidad mejor compresión.

Si el filtro usado realiza un filtrado suave, al producirse las iteraciones será menos notable que si se utilizara una función altamente irregular.

En el caso de los sistemas biortogonales, tales como los bancos de filtros FIR de fase lineal, usualmente se enfrenta el caso donde el análisis o la síntesis son regulares, pero no

ambos. En tal caso, es preferible usar un filtro regular en la síntesis, por el mismo argumento mostrado anteriormente. Visualmente, un análisis irregular es menos notable que una síntesis irregular.

Cuando la descomposición no tiene iteraciones, la regularidad no es importante.

Selectividad de la Frecuencia: Lo que constituye el criterio más significativo en el diseño de filtros en codificación sub-banda de audio, es lo menos importante en la compresión de imágenes. El *Aliasing*, que es el mayor problema en audio, es menos molesto en la compresión de imágenes. El uso de filtros de longitud limita la frecuencia y la selectividad de la misma. Una ventaja de la selectividad de la frecuencia es que los pesos perceptuales de errores son menores, y los errores serán confinados a la banda donde ocurren.

En conclusión, la codificación sub-banda de imágenes requiere de filtros cortos o con pocos coeficientes, que filtren de una manera suave, con poca regularidad si la descomposición se va a iterar.

Se tiene la forma de obtener los coeficientes que convengan a un diseño en particular; de hecho, se pueden aplicar los métodos tradicionales para el diseño de filtros FIR, pero para considerar que se están empleando coeficientes wavelets, estos deben cumplir con las condiciones ya citadas. Existen diferentes tipos de wavelets, y cada uno presenta ventajas y desventajas; entre ellos están:

- a) Wavelet de Morlet.
- b) Wavelet del Sombrero Mexicano (Mexican Hat Wavelet).
- c) Wavelet de Haar (esta es la más básica de todas).
- d) Wavelet de Daubechies.
- e) Wavelets de Symlets.

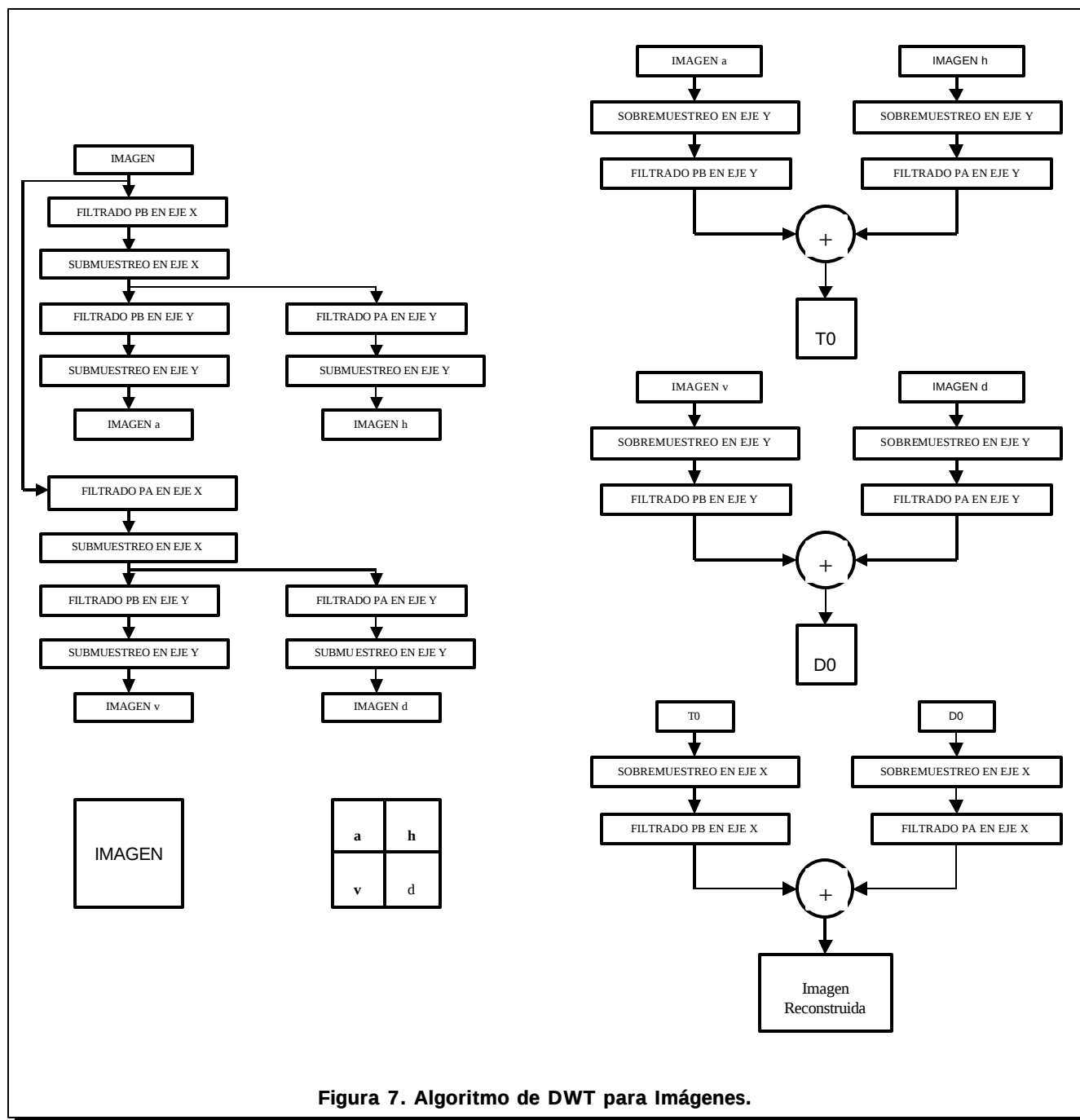


Figura 7. Algoritmo de DWT para Imágenes.

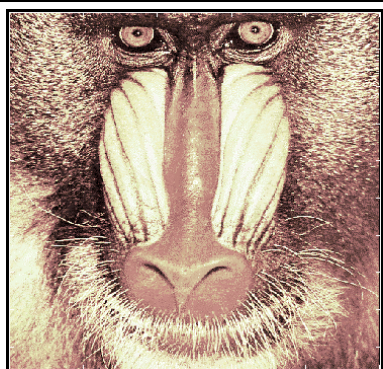


Figura 8. Imagen Original

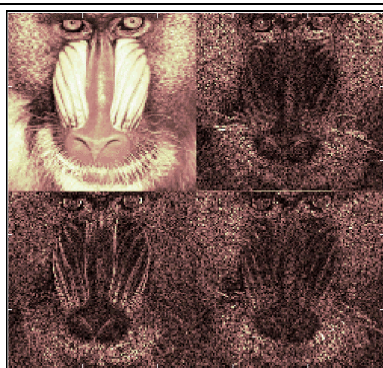


Figura 9. Imagen en el dominio de la DWT

- f) Wavelets de Coiflets.
- g) Wavelets Biortogonales de funciones Splines.

En la **figura 10** se muestra una tabla con algunas características de los diferentes tipos de wavelets.

Para los fines de este trabajo se utilizaron la wavelet de Daubechies y los resultados del artículo «Wavelet Filter Evaluation for Image Compression» [1], en donde se publicaron los coeficientes que cumplen con las características idóneas presentadas; en la **Tabla 1** se presenta la transcripción de esta tabla. En la **Tabla 2** están los coeficientes para la wavelet de Daubechies.

CODIFICACIÓN DE LA IMAGEN

Una vez que se ha analizado la imagen y se ha descompuesto en sub-bandas, a estas se les puede codificar con uno o varios códigos.

La intención de la codificación es encontrar otra forma de expresar los símbolos con la información de una fuente (en este caso de una imagen), con otros símbolos para emplear una menor cantidad de información, pero siempre y cuando permita recuperar la información en su forma original.

En la parte de codificación existen dos grandes categorías: la Codificación de Longitud Fija y la de Longitud Variable. En la codificación fija cada símbolo existente en la imagen se reemplaza con el mismo número de bits. En este caso es esencial el empleo de un buen cuantificador. Un ejemplo de esta codificación es el algoritmo de Lloyd-Max, utilizado para construir una tabla que da el error mínimo de cuantificación en la norma de la media cuadrada.

En la codificación de longitud variable, se asignan las palabras de código mas cortas a los símbolos más frecuentes, y las más largas a los de menor frecuencia. Los métodos más populares de este tipo son la Codificación Huffman y la Aritmética.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

La implementación está planteada para una *tarjeta coprocesadora*, para conexión al Bus de una micro-computadora (PC); el procesador en dicha tarjeta es un DSP (Digital Signal Processor - Procesador Digital de Señales) de la familia de Texas Instruments, el TMS320C50. Este tipo de procesadores tiene una arquitectura

dedicada para realizar operaciones aritméticas en un ciclo de máquina, además de realizar transferencias de datos en un tiempo significativamente menor comparado con otros procesadores. Estas características hace idóneo al DSP para el filtrado. El algoritmo de codificación sub-banda que se está implementando requiere de varios tipos de filtros, tanto para la etapa de análisis como para la de síntesis.

La imagen a comprimir se encuentra en la memoria de la PC anfitriona, por lo que se tendrá una región de esta memoria que se mapeará con la memoria compartida de la tarjeta huésped. La tarjeta huésped se encargará de comprimir la imagen o procesar las secciones que se le envíen. En la **figura 11** se tiene un diagrama a bloques del sistema.

La tarjeta tiene dos regiones de memoria RAM: una memoria local, que solo podrá acceder el DSP, y una memoria compartida que estará mapeada también en la PC. El mapeo de la memoria compartida del DSP en la memoria de la PC tiene como objeto funcionar como puente de comunicación entre el huésped y el anfitrión. Así, cuando la PC escribe a esta parte de la memoria, la información estará disponible inmediatamente para el DSP. Por otra parte, si el DSP escribe datos en su memoria compartida, la PC podrá acceder a la información inmediatamente.

Así mismo, la tarjeta coprocesadora se encarga de descomprimir y recuperar la imagen, para dejarla en memoria, y que la PC anfitriona se encargue de su presentación.

La computadora huésped realiza la lectura, despliegue y almacenaje de la imagen, proporcionando una interface amigable para controlar la interacción entre ella y la tarjeta coprocesadora.

La ventaja de utilizar un sistema de coprocesamiento es reducir el tiempo requerido para la realización de operaciones matemáticas, en este caso multiplicaciones y sumas; si el sistema lo requiere, se puede optimizar para funcionamiento en tiempo real.

El bus de interconexión para la tarjeta coprocesadora es tipo PCI, basado en un circuito integrado (CI) de la empresa AMCC. Este CI proporciona toda la circuitería necesaria para el control y decodificación de direcciones y datos.

Es conveniente señalar que se está trabajando con imágenes en tonos de grises, ya que es la mejor manera de entender como se implementan estos algoritmos; existe la posibilidad de implementarlos para imágenes a color, si se resuelven algunos problemas con la programación.

ARQUITECTURA DEL Tms320c50

El filtrado de señales por cualquier método es la aplicación más común de los DSP. Estos no solamente permiten el diseño de filtros con consistencia reproducible y características definidas, sino que la facilidad y flexibilidad de la implementación de un filtro complejo no tiene paralelo.

La familia TMS320 consiste de dispositivos de 16 bits de punto fijo y de 32 bits de punto flotante; estos procesadores poseen la flexibilidad operacional de los controladores de alta velocidad, y la capacidad numérica de los procesadores de arreglo.

Esta familia incluye 6 generaciones: C1x, C2x, C3x, C4x, C5x y C6x (la última de reciente aparición). Las familias C1x, C2x y C5x son de punto fijo, y las C3x y C4x son de punto flotante; todas ellas tienen un núcleo interno de CPU y una amplia variedad de configuraciones de memoria y periféricos.

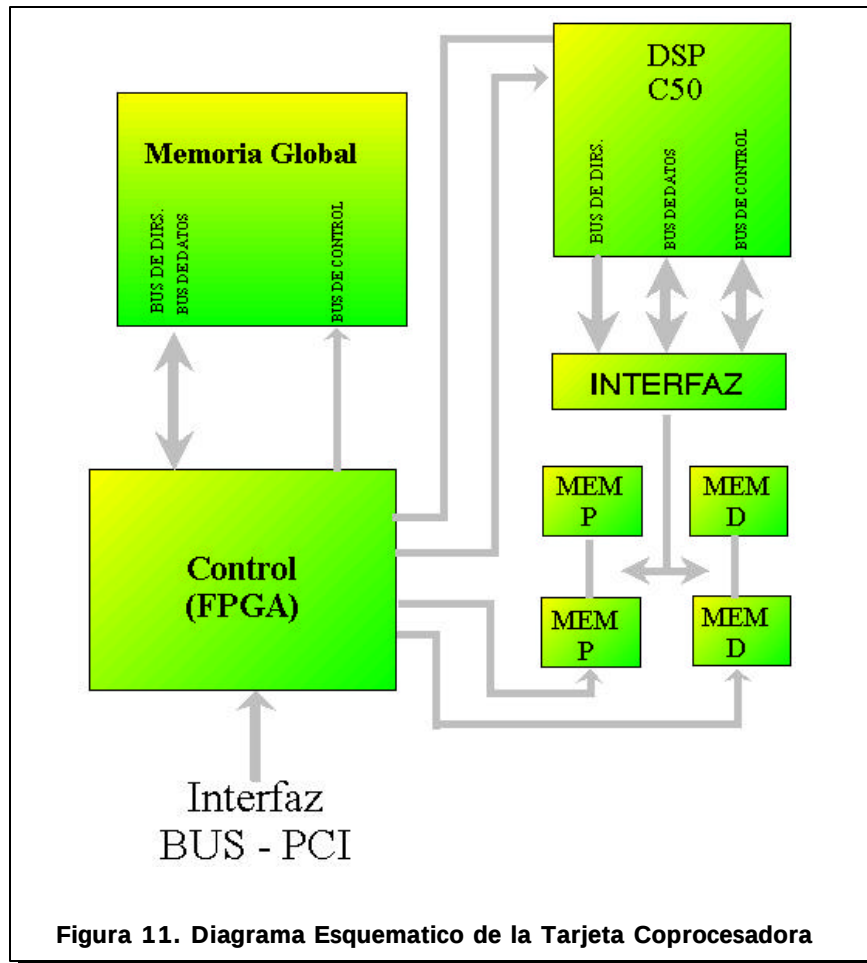
DESCRIPCIÓN GLOBAL DE LA GENERACIÓN Tms320c5x

La generación C5x consiste de los dispositivos C50, C51 y C53, y el diseño de su arquitectura está basado en la del C25. La combinación de arquitectura Harvard avanzada (buses separados para memoria de programa y memoria de datos), periféricos adicionales e incremento de la memoria en el circuito, y un conjunto de instrucciones altamente especializado, es la base de su flexibilidad operacional y de su velocidad.

Los dispositivos C5x pueden ejecutar más de 20 MIPS (millones de

instrucciones por segundo). En la **figura 12** se muestran las principales características de esta generación. Además, los procesadores C5x presentan las siguientes características funcionales:

- Tiempo de ejecución de instrucciones de punto fijo en un solo ciclo de 35-/50-ns (28.6/20 MIPS).
- Compatibilidad de código fuente con los dispositivos C1x y C2x.
- Operación basada en memoria RAM (C50).
- RAM de programa/datos en el circuito, con un solo ciclo de 9K x 16 bits. (C50)
- ROM de arranque integrada de un solo ciclo de 2K x 16 bits. (C50)
- RAM de datos de acceso dual interna de 1056 x 16 bits.
- Espacio máximo de memoria externa direccionable de 224K x 16 bits (64K de programa, 64K de datos, 64K de puertos, y 32K global).
- Unidad Aritmético Lógica (ALU), Acumulador (ACC) y Buffer del acumulador (ACCB) de 32 bits cada uno.
- Unidad Lógica Paralela (PLU) de 16 bits.
- Temporizador de intervalos con registros de periodo, de control y



de conteo para detención de software, inicio y reset.

- Multiplicador paralelo de 16 x 16 bits, con una capacidad de producto de 32 bits.
- Instrucciones de un solo ciclo para multiplicar/acumular.
- Ocho registros auxiliares con una unidad aritmética dedicada para direccionamiento indirecto.
- Once registros contexto-conmutador (registros sombra, shadow registers) para almacenar registros estratégicos controlados por el CPU durante una rutina de servicio a interrupción.
- Pila de hardware (stack) de ocho niveles.
- Registros de corrimiento circular hacia la izquierda o derecha de 0 a 16 bits, y corrimiento de datos incremental de 64 bits.

- Dos buffers circulares direccionados indirectamente para direccionamiento circular.
- Operaciones de repetición de una sola instrucción y de repetición por bloques para código de programa.
- Instrucciones de movimiento de bloques de memoria para mejorar el manejo de programa/datos.
- 64K de puertos paralelos, 16K de los cuales están mapeados en memoria.
- 16 generadores de estados de espera programables por software, para espacios de memoria de programa, datos, y puertos.
- Direccionamiento indexado.
- Direccionamiento indexado de bit-reversing para FFTs de raíz-2.
- Generador de reloj interno.

Bus PCI

En la primavera de 1991, Intel Corp. empezó a trabajar sobre el Bus PCI, básicamente sobre el nivel de sistema, donde el ancho de banda de Entrada/Salida de los buses existentes no mantenía la velocidad correspondiente a la del CPU; esta velocidad continuaba cayendo conforme las nuevas tecnologías estaban disponibles (por ejemplo 486/Pentium/P6, etc). El Bus ISA (Industry Standard Architecture o AT) limita severamente la transferencia de datos, mientras que los estándares EISA (Extended ISA) y Micro-Canal (MCA, Micro Channel) no habían sido vistos como un remplazo efectivo o económico para ISA. Para añadir funcionalidad a una computadora personal por medio de tarjetas de expansión, se presentaban varios problemas, tales como el conflicto de direcciones y de interrupciones (IRQs), obligando a los usuarios a configurar los interruptores tanto de la tarjeta como de la configuración del sistema.

Bus	Ancho en Bits	Frecuencia (MHz)
IBM (PC)	8	4.77
IBM PC-AT	16	6.8
MCA (IBM PS/2)	16/32	10
EISA	32	8
VL BUS	32	33
PCI Bus	32	33

Los objetivos de la creación de este tipo de bus contemplan no solo un mejor desempeño en cuanto a direccionamiento, sino también la flexibilidad de uso. Otros objetivos considerados son:

- Alto desempeño, mayor a 100 mega bytes (MB) sostenibles.
- Bajo costo (en términos de una baja cuenta de uso de pines y el poco uso de lógica de pegamento)
- Fácil de usar (configuración automática)
- Compatibilidad de software

- Control Total de Bus (espacio de direcciones lineal).
- Interoperabilidad/confiabilidad (Las tarjetas de expansión son compatibles en cualquier sistema PCI)

El PCI es un bus síncrono de alto desempeño, que opera tanto para 33 o 66 MHz. Para reducir la cuenta total de pines (y el costo) de implementación, las líneas de direcciones y de datos están multiplexadas. Los usuarios pueden definir el direccionamiento tanto para 32 como para 64 bits, haciendo que los datos también puedan definirse de la misma manera. Esta flexibilidad permite varias configuraciones:

palabra/reloj	transferencia
32 bits/33 MHz	132 MB/s
32 bits/66 MHz	264 MB/s
64 bits/33 MHz	264 MB/s
64 bits/66 MHz	528 MB/s

Las señales están definidas para activarse en el flanco ascendente del reloj, exceptuando unas pocas señales asíncronas (tal como RESET). Las transferencias de datos son de longitud variable, pudiendo ser definidas para optimizar la posesión del bus por cualquier otro Master. La latencia del bus está definida en términos de una transferencia de registro a registro sobre el mismo. La compatibilidad del software está asegurada, ya que no existen direcciones fijas o peticiones de interrupción para cualquier recurso de PCI.

La operación del sistema está en

relación con el software y al uso de la configuración del espacio de memoria y de los comandos, lo cual puede sonar familiar en términos de la arquitectura Plug and Play (PnP - Instalar y ejecutar). PCI actúa como base para la arquitectura de PnP; el uso de la configuración de direcciones no consume memoria o espacio de I/O (puertos), y permite a un dispositivo PCI solicitar los recursos que requiere (memoria, puertos, IRQ, etc.) sin el uso de *interruptores de configuración* o intervención del usuario.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aplicación de nuevas técnicas de procesamiento digital, como la Transformada Wavelet, permite resolver en forma más sencilla problemas que anteriormente parecían presentar mayor complejidad.

Esta nueva herramienta tiene un gran potencial en el campo del procesamiento digital, ya que no solo se emplea para compresión de señales y de imágenes; también es muy útil en la supresión de ruido, análisis de señales en sismografía y electrocardiografía, detección de bordes en imágenes, y en general en aplicaciones donde la Transformada de Fourier no produce resultados satisfactorios. La Transformada Wavelet constituye la puerta de entrada para el campo del Análisis Multiresolución, donde los resultados obtenidos de la señal en

análisis se presentan con diferentes resoluciones.

El esquema de Codificación Sub-banda es una técnica de compresión muy versátil, que no solo se puede implementar con wavelets; de hecho, con diseñar filtros que se ajusten a la aplicación y cumplan con el requisito de ser filtros QMF (Quadrature Mirror Filter) es suficiente. Sin embargo, las ventajas que ofrece la Transformada Wavelet son mayores que las de los filtros QMF, considerando que los coeficientes de wavelets se pueden ajustar para formar un sistema QMF, sin que se pierdan las características de wavelets.

En la parte de codificación existe un criterio documentado para la elección del codificador de cada sub-banda. Debido a la complejidad de la implementación en hardware y los requerimientos de memoria, se ha optado por la utilización de los formatos de compresión GIF y JPG, que se realizan vía software por parte de la computadora huésped.

Como trabajo a futuro se plantea la implementación de este esquema de compresión, tanto en un DSP de mayor capacidad (DSP TMS320C40), como en tecnología de FPGAs (Field Programmable Gate Array), así como el empleo de criterios de codificación para cada sub-banda.

Dispositivo	Memoria en chip			Puertos I/O		Tiempo de ciclo (ns)
	RAM		ROM			
	Datos	Datos +prog	prog	Serie	Paralelo	
TMS320C50	1k	9k	2k	2	64k	50/35
TMS320C51	1k	1k	8k	2	64k	50/35
TMS320C53	1k	3k	16k	2	64k	50/35

Figura 12. Características de la generación C5x de DSP's

REFERENCIAS

- [1] John D. Villasenor, Benjamin Belzer and Judy Liao, "Wavelet Filter Evaluation for Image Compression", IEEE Transactions on Image Processing, August, 1995.
- [2] "Wavelets and filters banks". Gilbert Strang, Truong Nguyen. Ed. Wellesley-Cambridge Press
- [3] "Multirate digital signal processing". N. J. Fliege. Ed. John Wiley & Sons
- [4] "Subband image coding". John W. Woods. Ed. Kluwer Academic Publishers
- [5] "Practical digital image processing". Rhys Lewis. Ed. Ellis Horwood
- [6] "The image processing handbook". John C. Russ. Ed. CRC Press
- [7] "Digital image compression techniques". Majid Rabbani, Paul W. Jones. Ed. SPIE Optical Engineering Press
- [8] "Wavelets and subband coding". Martin Vetterli, Jelena Kovačević. Ed. Prentice Hall PTR
- [9] "The fast wavelet transform". Mac A. Cody. Dr. Dobbs's Journal, April 1992
- [10] "A successive approximation vector quantizer for wavelet transform image coding". Eduardo A. B. Da Silva, Demetrios G. Sampson, and Mohammad Ghanbari. IEEE Transactions On Image Processing, Vol. 5, No. 2, February 1996
- [11] "Wavelet filter evaluation for image compression". John D. Villa senor, Benjamin Belzer and Judy Liao. IEEE Transactions On Image Processing, August 1995
- [12] "Wavelet toolbox". Michel Misiti, Yves Misiti, Georges Oppenheim and Jean-Michel Poggi. Ed. The Math Works Inc.

TABLA1.
LOS MEJORES BANCOS DE FILTROS PARA COMPRESIÓN DE IMÁGENES CON WAVELETS

	Longitud	Coefficientes de Filtros (el origen es el coeficiente más a la izquierda, los coeficientes para índices negativos continúan por simetría.)	Regularidad	Referencias / Comentarios
H0	9	0.852699, 0.377402, -0.110624, -0.023849, 0.037828	1.068	Buen Desempeño
G0	7	0.788486, 0.418092, -0.040689, -0.064539	1.0701	
H0	13	0.767245, 0.383269, -0.068878, -0.033475, 0.047282, 0.003759, -0.008473	1.899	
G0	11	0.832848, 0.4481092, -0.069163, -0.108737, 0.006292, 0.014182	20324	
H0	6	0.788486, 0.047699, -0.129078	.0701	
G0	10	0.615051, 0.133389, -0.067237, 0.006989, 0.018914	2.068	
H0	5	1.060660, 0.353553, -0.176777	Diverge	Coeficientes Enteros ¹
G0	3	0.707107, 0.353553	1.000	
H0	2	0.707107, 0.707107	0.000	Coeficientes Enteros ¹
G0	6	0.707107, 0.088388, -0.088388	1.000	
H0	9	0.994369, 0.419845, -0.176777, -0.066291, 0.033145	0.830	Coeficientes Enteros ¹
G0	3	0.707107, 0.353553	1.000	
H0	2	0.707107, 0.707107	0.000	Base de Haar Coeficientes Enteros ¹
G0	2	0.707107, 0.707107	0.000	
H0	9	0.544089, 0.296844, 0.041409, 0.056710, 0.040100	1.919	Alta regularidad, pobre desempeño
G0	23	1.2680, 0.6337, -0.2967, -0.3712, 0.0072, 0.1098, 0.0116, -0.0212, -0.0027, etc.	3.437	

- 1 - Un solo factor de normalización puede ser elegido para hacer todos los coeficientes valores enteros.
- Los filtros 7 y 8 dan un pobre desempeño pero son incluidos para ilustrar los siguientes puntos: el filtro 7 es la base de Harr y tiene una regularidad de cero. El filtro 8 es un filtro con una alta regularidad pero un desempeño para la compresión pobre, e ilustra que la regularidad sola no es suficiente criterio para elegir un filtro.

TABLA 2.
COEFICIENTES PARA LA WAVELET DE DAUBECHIES

	Longitud	Coeficientes (Asimétricos)
D2	2	1.0, 1.0
D4	4	.683012701892, 1.18301270189, .316987298108, -.183012701892
D6	6	0.470467207784164, 1.141116915831444, 0.650365000526232, -.0190934415568327, -.0120832208310396, 0.049817499736884
D8	8	.325803428051, 1.010945715092, .892200138246, -.039575026236, .264507167369, .043616300475, .046503601071, -.014986989330
D10	10	.226418982583, .853943542705, 1.024326944260, .195766961347, -.342656715382, -.045601131884, .109702658642, -.008826800109, -.017791870102, .004717427938
D12	12	.157742432003, .699503814075, 1.062263759882, .445831322930, -.319986598891, -.183518064060, .137888092974, .038923209708, -.044663748331, .000783251152, .006756062363, -.001523533805
D14	14	.110099430746, .560791283626, 1.031148491636, .664372482211, -.2303513822463, -.316835011281, .100846465010, .114003445160, -.053782452590, -.023439941565, .017749792379, .000607514996, -.002547904718, .000500226853
D16	16	.076955622108, .442467247152, .955486150427, .827816532422, -.022385735333, -.401658632782, .000668194093, .182076356847, -.024563901046, -.062350206651, .019772159296, .012368844819, -.006887719256, -.000554004548, .000955229711, -.000166137261
D18	18	.053850349589, .344834303815, .855349064359, .929545714366, .188369549506, -.414751761802, -.136953549025, .210068342279, .043452675461, -.095647264120, .000354892813, .031624165853, -.006679620227, -.006054960574, .002612967280, .000325814672, -.000356329759, .000055645514
D20	20	.037717157593, .266122182794, .745575071487, .973628110734, .397637741770, -.353336201794, -.277109878720, .180127448534, .131602987102, -.100966571196, -.041659248088, .046969814097, .005100436968, -.015179002335, .001973325365, .002817686590, -.00969947840, -.000164709006, .000132354366, -.000018758416

Descripción Cualitativa del Mapeo Computacional Bajo el Concepto de Conjunto

M. en C. Gustavo A. Mas Levario, M. en C. María A. Segura Corona y M. en C. Pablo Manrique Ramírez
Investigadores del CIC-IPN
gmas@redipn.ipn.mx

El propósito central de este artículo es demostrar el denominado *Teorema del Mapeo Computacional*, bajo la perspectiva de la ingeniería de cómputo. Este se define como sigue:

Teorema: La cantidad de direcciones absolutas del mapa de memoria de un procesador que son mapeadas es inequívocamente siempre más pequeña que la cantidad de direcciones absolutas a mapear.

Para lograr lo anterior se propone una descripción asociativa entre los números algebraicos y los números trascendentes, y su significado en el direccionamiento de memoria en un mapeador.

INTRODUCCIÓN

El campo de las matemáticas aplicadas ha seguido una tendencia en donde se establece un vínculo entre los entes abstractos y los fenómenos reales, el cual permite a los pragmáticos intuir problemas y soluciones específicos de la ingeniería de cómputo. La teoría general de Cantor sobre conjuntos permite concebir cómo descubrir e identificar que son

los números algebraicos y que son los números trascendentes en el direccionamiento de memoria/puertos en un mapeador.

Para conceptualizar el mapeo se emplea el concepto del término *map* del Inglés, cuya traducción libre en este caso es mapear. La palabra mapear sería un verbo del tipo transitivo cuyo significado es el denotativo de unir; se usa en dos puntos de vista para crear dos significados connotativos. Desde el punto de vista del software, mapear tiene la siguiente definición: Transferir un conjunto de objetos de un lugar a otro, en una relación posicional. Desde el hardware, tiene la siguiente definición: Relacionar una dirección o un conjunto de direcciones a través del direccionamiento del mapa de memoria de un procesador a una dirección o a un conjunto de direcciones de un dispositivo receptor. Así se da origen a un par de adjetivos: mapeado o mapeada; y también a dos sustantivos: mapeador y mapeo.

En vista de lo anterior, se adjetivó a los sustantivos memoria y dirección para crear los términos compuestos memoria mapeada y dirección mapeada. Una memoria mapeada es una unidad de direccionamiento lógico usada por dos o más entidades computacionales, de tal modo que a través de un objeto lógico sólo una unidad computacional pueda usarla en un determinado momento. Una dirección mapeada es la dirección

absoluta de una memoria mapeada, que ha sido relacionada con una dirección absoluta de un procesador.

El término mapeador se refiere al objeto lógico que tiene la función de relacionar la memoria mapeada con un procesador. El mapeador también está localizado entre el procesador y la memoria mapeada. La circunstancia que se origina en esta correspondencia cuando el mapeador está actuando sobre la memoria mapeada es lo que se llama mapeo. Intrínsecamente la técnica del mapeo es una actividad de direccionamiento sin colisiones.

La idea básica es llevar la relación entre las direcciones absolutas y las direcciones mapeadas a una analogía con un segmento de recta, definido en el plano cartesiano. Posteriormente se establecerá una condición que permitirá ver el mapeo como un fenómeno variable, que crece de tal modo que es necesario introducir el valor en el límite en cada una de las comparaciones que se dan entre las direcciones mapeadas y las direcciones absolutas. Una vez obtenido este valor límite a través del coeficiente diferencial, se planteará una ecuación diferencial cuya solución es una ecuación lineal cartesiana, en donde se procederá a encontrar las raíces y a identificar las no raíces desde el punto de vista del direccionamiento de memoria en el mapeador.

MÉTODOS

Para construir la analogía se usará un lugar geométrico en donde se supone no habrá números negativos, números imaginarios ni cambios en la pendiente de la línea. Se partirá de una serie de postulados básicos que permitirán gradualmente obtener las definiciones necesarias para establecer la ecuación algebraica del mapeo. Estos postulados son esencialmente una serie de asociaciones heurísticas entre los entes matemáticos y los conceptos computacionales del fenómeno del direccionamiento de un procesador con su memoria.

Para establecer las asociaciones heurísticas se parte de una serie de axiomas que son parte del "Know-how" del diseño digital de sistemas de arquitectura de computadoras. Posteriormente, se va modelando a los axiomas hasta encontrar sus correspondientes definiciones matemáticas.

Inicialmente se parte de un axioma que se considera el más evidente: se observa que en el direccionamiento, la referencia a las direcciones absolutas de los procesadores y memorias actuales es consecutiva, en incrementos unitarios de una dirección a otra hacia direcciones más altas, o en decrementos unitarios hacia otras más bajas, siendo este patrón constante. Además, el mapeo básicamente es un problema de correspondencias entre las direcciones absolutas y las direcciones mapeadas, siendo esta relación lineal. Según esto se conciben dos postulados:

Postulado 1: La relación entre las direcciones absolutas y direcciones mapeadas es lineal y, por lo tanto, una línea recta define esa relación.

Postulado 2: La razón entre cualquier par de referencias unitarias a las

direcciones absolutas y mapeadas se supone igual a 1.

Por lo general se utilizan números enteros positivos como referencia a cada localidad direccionada, no se nombra con números negativos ni imaginarios. Según este axioma se concibe parcialmente el lugar geométrico para el mapeo descrito, con el siguiente postulado:

Postulado 3: El plano cartesiano en su primer cuadrante se presenta como la mejor opción para representar el mapeo, en donde el eje vertical es la dirección mapeada, el eje horizontal es la dirección absoluta a mapear y la línea recta define al mapeo.

En el mapeo se permite que un procesador proyecte su dirección absoluta a una localidad de memoria no inmediata a él, llamada memoria mapeada, cuya referencia es de acuer-

do a la dirección absoluta, lo cual genera el siguiente postulado:

Postulado 4: La dirección absoluta del procesador es la variable independiente x de la ecuación cartesiana, y la dirección mapeada es la variable dependiente y .

En la **figura 1** se muestra un caso que permite visualizar el mapeo de una memoria que puede direccionar hasta 2^{10} (0 - 1023) localidades de memoria con un procesador cuyo direccionamiento es de 2^{16} (0 - 65535). La memoria es mapeada desde la base del mapa de memoria del procesador, de modo que la correspondencia inicia desde 0 hasta 1023, como se muestra en la **figura 2**.

Con los axiomas y postulados anteriores se puede establecer el plano cartesiano para el mapeo de la me-

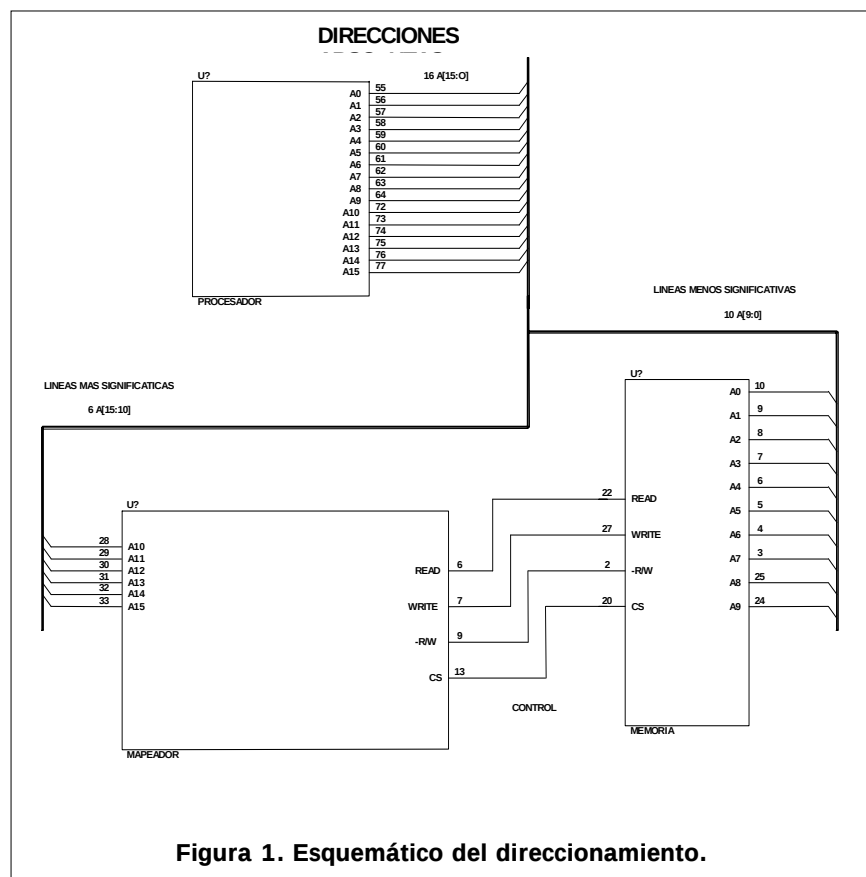


Figura 1. Esquemático del direccionamiento.

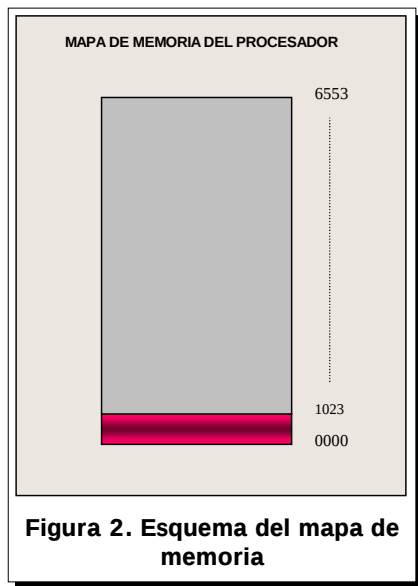


Figura 2. Esquema del mapa de memoria

moria sobre el mapa del procesador, de acuerdo al siguiente postulado:

Postulado 5: La figura 3 es el sistema de referencia coordenado cartesiano para el mapeo de la memoria en el direccionamiento del procesador; la correspondencia de las direcciones absolutas y las direcciones mapeadas con pendiente unitaria va desde 0 hasta 1023.

Ahora, según los postulados se puede establecer la siguiente razón:

$$\lim_{x \rightarrow 1023} \frac{\Delta y}{\Delta x} = 1 \quad \text{ecn.1}$$

DIRECCIONES ABSOLUTAS DEL PROCESADOR

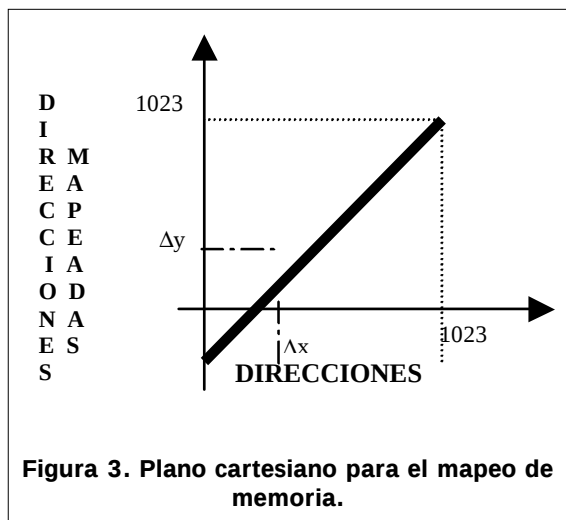


Figura 3. Plano cartesiano para el mapeo de memoria.

en donde, Δx es un incremento en las direcciones absolutas, y es su correspondiente incremento en las direcciones mapeadas. Puesto que ambas son siempre cantidades constantes y finitas con valores definidos, la ecuación 1 es una simple fracción, e inapropiada para encontrar una solución al mapeo.

Entonces, se necesita de una condición para transformar la comparación anterior a una comparación entre dos cantidades variables.

Hipótesis: Se establece que el direccionamiento de una dirección absoluta es un factor variable en el mapeo, y que es condicionante para que el mapeo sea un fenómeno variable. Además, se puede considerar al mapeo como un conjunto tal que sus componentes son, para fines prácticos, pequeños comparados con el conjunto en sí, y cuyo lugar geométrico se muestra en la figura 4.

Por la condición anterior, la ecuación 1 se transforma en lo siguiente:

Figura 4. Representación del mapeo.

ecn.2

solución define el mapeo potencial de un procesador, y así también se obtiene la ecuación cartesiana que define la línea de la figura 4, de modo que la solución es:

$$\int dy = \int dx$$

$$y + c1 = x + c2$$

donde $c1$, $c2$ son constantes.

Se considera que las constantes de integración, para fines prácticos $c1$ y $c2$ son iguales, ya que cualquier factor añadido al direccionamiento de las direcciones absolutas estará reflejado en el direccionamiento de las direcciones mapeadas; además las cons-

tantes de integración son cantidades independientes de las variables de integración, finalmente:

$$y = x \quad \text{ecn. 4}$$

La ecuación 4, define el mapeo para el mapa de memoria del procesador, por lo tanto, deberá acotarse como sigue:

ecn. 5

La ecuación 5, es la expresión cartesiana que define al mapeo de la figura 3, y en donde los valores mayores a 1023 desde la perspectiva de la memoria mapeada son direcciones que no existen. El siguiente postu-

Ahora, se tiene que la ecuación 2 no es una simple fracción, sino que es el valor límite de una fracción, y la operación de hallar su coeficiente diferencial, se simboliza como sigue:

$$\frac{dy}{dx} = 1 \quad \text{ecn.3}$$

La ecuación 3 es una ecuación diferencial cuya

lado describe qué son los valores alrededor a 1023:

Postulado 6: Se establece que los números algebraicos son direcciones que corresponden a las raíces de la ecuación 5, además que esta última ecuación permite deducir que los números trascendentes son todas las direcciones que están en el intervalo

desde la perspectiva del mapa de memoria del procesador. En realidad, todas las direcciones por arriba de 1023 podrían ser los números trascendentes para la ecuación 4. Ahora, si se considera que el submapeo definido en la ecuación 5 es en sí un pequeño punto con respecto al mapeo, se llega a la siguiente conclusión:

El mapeo es un conjunto indefinidamente grande comparado con cualquiera de sus elementos o cualquier combinación de estos.

Así se llega a la demostración del teorema y además se derivan dos hechos computacionales que pueden ser expresados con los siguientes corolarios:

Corolario1: Los números algebraicos en un mapeo son todas las direcciones absolutas del mapa de memoria del procesador que son mapeadas en la memoria.

Corolario2: Los números trascendentes en un mapeo son todas las direcciones absolutas del mapa de memoria del procesador que no son mapeadas en dicha memoria, o que son mapeadas en otra memoria, o en algún dispositivo de E/S.

Finalmente, el mapeador deberá incluir la conexión entre el procesador y la memoria mapeada cuando se presenten todas las direcciones mayores a 1023 (los números trascendentes). Así, la **figura 1** se amplía

para integrar un buffer de tercer estado en el mapeador para separar las direcciones que no serán mapeadas.

CONCLUSIÓN

El cálculo diferencial y el concepto de conjunto son dos métodos apropiados para postular la conceptualización del mapeo así como la capacidad del procesador para direccionar tanto a los dispositivos de E/S como a la memoria, ya sea esta externa como las SRAM o DRAM, o interna como la cache.

Finalmente, se establece que el mapeador es en sí una ecuación diferencial que se soluciona o no de acuerdo al direccionamiento del mapa de memoria de un procesador en un determinado momento.

RESULTADOS

La investigación realizada en este trabajo apoya a una de las líneas de investigación actualmente en desarrollo en el Laboratorio de Electrónica del CIC, así como la justificación de un tema de tesis para la Maestría en Ingeniería de Cómputo del mismo Centro, titulada:

“Implementación del Teorema de Cantor en una FPGA para solucionar el direccionamiento de memoria mapeada”

Los resultados de este artículo son una condición necesaria para describir y plantear la demostración del Teorema de Cantor (Los puntos del plano siguen la potencia del continuo) en el fenómeno computacional del direccionamiento de dispositivos de entrada/salida.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Amillo Jose M. y De Arriaga Fernando, “Análisis Matemático con Aplicaciones a la Computación”, Mc. Graw-Hill.
- [2] Goursat Edovard, “A Course in Matematica Analysis”, Dover Publications, inc.
- [3] Hijab Omar, “Introduction to Calculus and Classical Analysis”, Springer.
- [4] Hubbard, L. Ron, “Research & Discovery Series”, Volumen 7, August 7- October 12, 1951.
- [5] James & James, “Mathematics Dictionary”, Third Edition, D. Van Nostrand, inc.
- [6] Kolmogorav A. N. and Fomin S. V., “Introductory Real Analysis”, Prentice Hall, inc.
- [7] Maravall Casesnoves, Dario, “Diccionario de Matemática Moderna”, Addison-Wesley Iberoamericana.
- [8] Meyers Rechenduden, “The Universal Encyclopedia of Mathematics”, George Allen & Unwin LTD.
- [9] Reddick, H. W., “Matemáticas Superiores para Ingenieros”, CECSA.
- [10] Thompson, Silvanus, “Calculus Made Easy”, Third Edition, St Martin’s Press, New York, 1987.

Guía para la Implementación de una Red de Área Local

M. en C. Eduardo Vega Alvarado
Jefe del Depto. de Información y Documentación. CIDETEC-IPN.

Lic. Elizabeth Acosta Gonzaga
Profesora del CIDETEC-IPN

Usualmente, cuando se habla de redes se tiene la idea de un mundo complejo, donde las comunicaciones (generalmente manejadas como un conjunto de normas o *protocolos*) corresponden a un ente inaccesible para el usuario común. Sin embargo, es posible implantar redes locales simples sin requerir de conocimientos extraordinarios, ni de la participación de asesores especializados, con base en la aplicación de herramientas de comunicaciones y de programación, ya existentes y de uso cotidiano. Considerando este punto de vista, el objetivo del presente artículo es describir la implantación (en la práctica) de una red de área local con computadoras personales.

INTRODUCCIÓN

Una red de computadoras es una combinación de circuitería (*hardware*) y programación (*software*) que permite a un conjunto de equipos de cómputo (impresoras, unidades de almacenamiento, computadoras, etc.) comunicarse entre sí a través de un medio especializado. El objetivo principal para el desarrollo de cualquier red es el compartir recursos, ya sea porque estos son escasos o costosos para implantación indivi-

dual (memoria, dispositivos de entrada / salida, capacidad de procesamiento, etc.), o porque son de uso generalizado o colectivo (bases de datos, aplicaciones, etc.).

La conexión de los equipos implica determinar que forma tendrá la trayectoria física por la que circularán los datos; así, la *topología* de una red indica la estructura en la que están interconectados sus elementos. Si bien existen diversos esquemas (ver **Figura 1**), la arquitectura tipo bus lineal es la que presenta mayor aceptación comercialmente, debido a su facilidad de instalación y bajo costo.

Para la instalación de una red local con microcomputadoras se requieren los siguientes elementos:

- Una tarjeta o adaptador de red (NIC, *Network Interface Card*), similar a la mostrada en la **Figura 2**; se requiere un adaptador por cada equipo a integrar.
- Uno o más recursos para compartir.
- Un sistema operativo que permita el compartir recursos y reconocer comunicaciones en red.

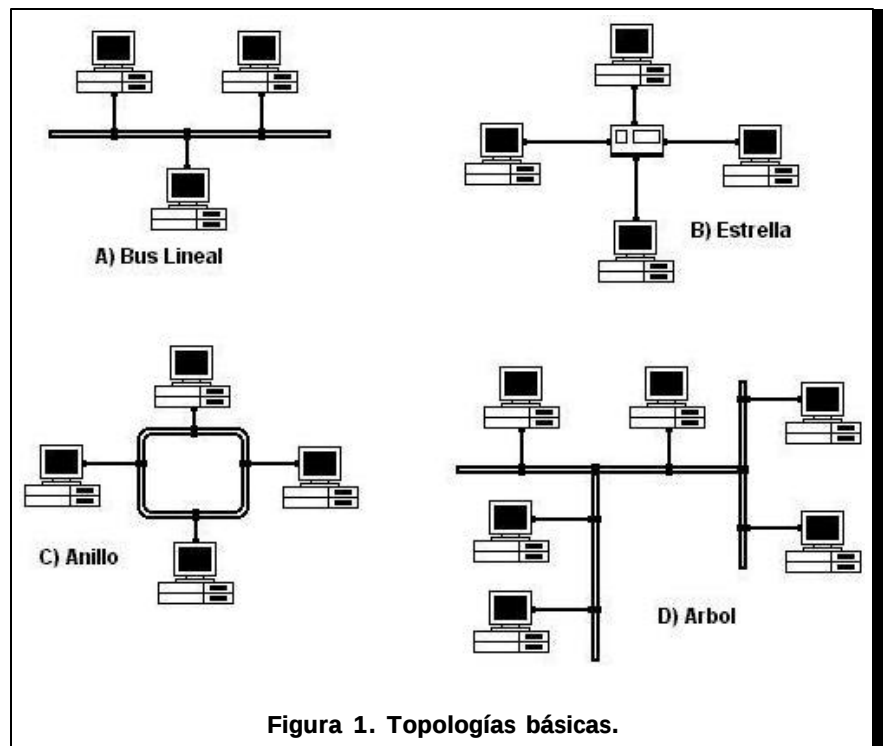


Figura 1. Topologías básicas.



Figura 2. Adaptador de Red tipo Ethernet

- Un medio de transmisión, que representa la vía por la que viaja la información.
- Al menos dos equipos a interconectar.

TOPOLOGÍA

La topología seleccionada incide directamente en la elección del medio de transmisión y de los adaptadores de red. Como ya se mencionó, en esta red se utiliza una topología tipo

bus lineal basada en el uso de un concentrador (hub), tal como se muestra en la **Figura 3**.

En dicha figura inmediatamente se observa una contradicción, ya que físicamente la arquitectura es una estrella; sin embargo, el concentrador funciona en forma tal que simula un bus, por lo que se dice que la **topología lógica** es lineal.

Es evidente que existe una serie de estándares a considerar para la implantación de una red, pero no siempre los productos o tendencias en el mercado coinciden por completo con estas normas. El nombre comercial para las redes tipo bus es **Ethernet**, y su estandarización está dada por la norma IEEE802.3, aunque dada su alta aceptación y la gran disponibilidad de productos, el usuario no requiere conocer dicho estándar.

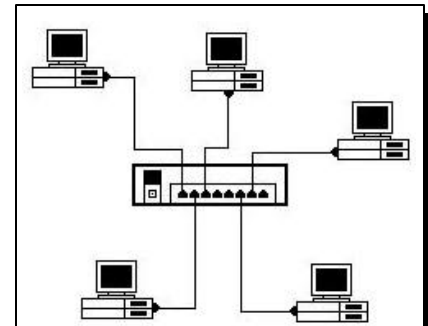


Figura 3. Bus Lineal con concentrador.

TARJETA DE RED

Los adaptadores de red empleados son tipo *Fast Ethernet* de 100 Mbps (estándar 100Base-TX), aunque todos los pasos descritos en este artículo son válidos también con tarjetas Ethernet de 10 Mbps (10Base-T). Cada equipo cuenta con una serie de bases o ranuras de expansión (*slots*), para agregar tarjetas adicionales; primero debe verificarse si existe alguna libre, y de que tipo es (ISA, PCI, EISA, etc.), para que el peine de inserción del adaptador corresponda en tamaño y distribución con el de la ranura. Por otra parte, un gran número de computadoras nuevas ya incluyen una

INTERRUPCIONES Y PUERTOS

Como es sabido, la función de un procesador es ejecutar programas. Sin embargo, en ocasiones se requiere interrumpir dicha ejecución para atender un evento especial y procesar una rutina de servicio, correspondiente al tipo de evento. Un caso típico es el de los dispositivos de entrada / salida, cuando se detecta una operación; si un dispositivo requiere atención puede solicitarla por medio de una señal al procesador, conocida como **IRQ** (*Interrupt Request*, petición de interrupción).

Tomando en cuenta que existen varios dispositivos, el procesador identifica sus solicitudes por medio de números, de tal forma que siempre se ejecute la rutina de interrupción correcta. De la lista de peticiones, algunos números ya están asignados desde el diseño original del equipo, mientras que otros quedan libres para expansiones futuras. Así, al instalar una tarjeta de expansión, tal como un adaptador de red, debe asegurarse que no utilice un número de IRQ ya asignado; en las computadoras de la familia de microprocesadores Intel y compatibles normalmente están disponibles las peticiones 5, 9, 11 y 13, aunque si el equipo cuenta con multimedia es probable que alguna de ellas ya esté en uso.

Desde el punto de vista del intercambio de datos, el sistema en general necesita distinguir entre los diversos dispositivos; para ello se emplea otra numeración, identificándose a cada dispositivo por un **número de puerto**. Al igual que con las interrupciones, debe verificarse que los dispositivos no tengan números repetidos, ya que se genera un conflicto en relación a cual es la fuente / destino de la transferencia de información.

En el caso de una tarjeta de red, si el usuario tiene dudas de los números de IRQ y de puerto libres en un equipo, puede utilizar los programas de configuración de la misma tarjeta para realizar pruebas de asignación con diferentes combinaciones.

tarjeta de red tipo Ethernet como parte de su tarjeta madre (*mother-board*), lo que hace innecesaria cualquier instalación extra.

Una vez instalada cada tarjeta es necesario configurarla; dependiendo del equipo y el adaptador esta configuración será manual o automática (si la tarjeta es *Plug and Play*). Básicamente la configuración se realiza en dos etapas; en la primera deben indicarse algunas características de la circuitería o *hardware* de la tarjeta, tales como el número de interrupción y dirección del puerto empleados (Ver recuadro). En la segunda etapa, el sistema operativo selecciona o solicita al usuario un programa para controlar al nuevo elemento, llamado manejador de dispositivo (*device driver*).

MEDIO DE TRANSMISIÓN

El medio de transmisión ideal para redes locales es el cable, tanto por su resistencia y seguridad como por su bajo costo. Para las tarjetas seleccionadas se requiere utilizar cable **UTP** (*Unshielded Twisted Pair*, par trenzado sin blindaje) de 8 hilos, correspondiente al estándar **CAT5**, con conectores modulares tipo telefónico **RJ45** (*Registered Jack*) en los extremos. En la comunicación únicamente se utilizan dos pares, uno para transmisión y el otro para recepción; en los hilos restantes se pueden manejar, de ser necesario, las comunicaciones para otra red. En relación a la longitud de los cables, la distancia máxima de un equipo al concentrador es de 100 metros, por lo que la distancia máxima entre dos nodos cualquiera de la red es de 200 metros.

Los hilos están identificados por colores: azul, verde, naranja y café, cada uno de ellos acompañado por su vivo o señal, marcado con una com-

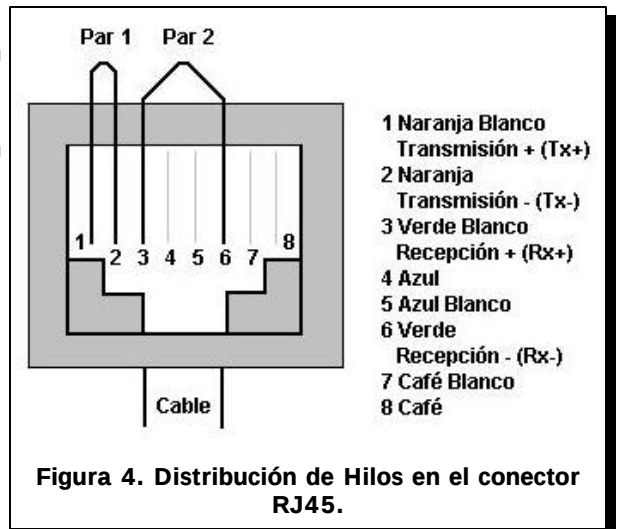
binación del mismo color y una línea en blanco, de acuerdo con la norma EIA/TIA-568; respecto al orden de los pares se aplica la misma norma, la cual se muestra en la **Figura 4**. Para interpretar la figura, debe considerarse al conector visto con el clip en la parte posterior y la apertura para el cable en la parte inferior del mismo.

Sin embargo, cada conector es de tipo hermafrodita; esto es, no se necesita saber de qué lado se encuentra para realizar la conexión. Por ello, en un caso de emergencia se puede construir un cable sin tomar en cuenta al estándar de colores; solo se requiere mirar de frente los dos conectores y, en el mismo orden, insertar los hilos en ambos extremos.

Existe un caso especial, cuando únicamente se conectan dos equipos, donde no se necesita un concentrador. Para la conexión se debe utilizar un cable especial en el cual los pares estén cruzados, esto es, que la transmisión en un conector se convierta en la recepción del otro extremo; de acuerdo con el estándar ya citado, las posiciones 1 y 2 de un conector corresponden a los hilos 3 y 6, respectivamente, del otro.

SISTEMA OPERATIVO

En relación al sistema operativo, la opción más accesible y simple es Windows, en sus versiones 95 o 98. Una vez que se ha configurado el adaptador



de red se requiere indicar a Windows cual es el nombre del equipo y a que grupo de trabajo pertenece. El nombre de cada máquina debe ser único, mientras que el grupo debe ser el mismo para todos los elementos en la red; para la configuración de estas características se debe acceder al grupo **Configuración/Panel de Control** en el menú **Inicio**, y ahí seleccionar el icono **Red**, con lo que aparece la pantalla mostrada en la **Figura 5**.

Al reiniciar la computadora, el acceso a la red local es inmediato, y solo se necesita comenzar una sesión de red; para ello, Windows solicita al usuario su nombre y clave, pudiendo asociarse a un mismo equipo diferen-

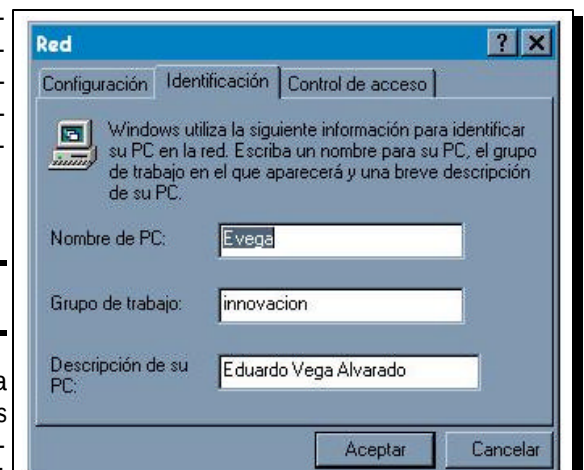


Figura 5. Identificación del Equipo en Red.

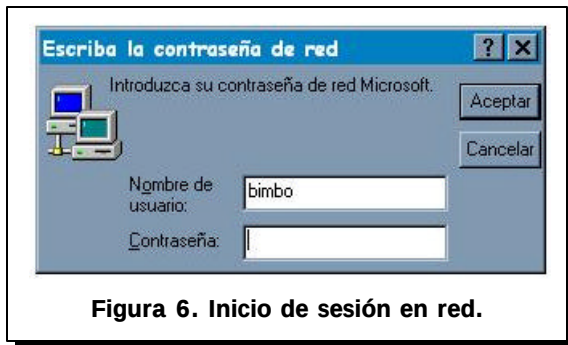


Figura 6. Inicio de sesión en red.

tes usuarios (**Figura 6**). Como se verá posteriormente, para las demás computadoras en la red la referencia es el nombre del equipo y el grupo, sin importar que usuario inició la sesión.

Después de iniciada la sesión de red, el usuario puede acceder a los demás equipos por medio del **Entorno de Red**, cuyo icono se encuentra en el escritorio (*Desktop*) de Windows. En la **Figura 7** se muestra el cuadro de diálogo correspondiente; en primer lugar aparece un icono (globo terráqueo) para acceso a todos los grupos en la red, y a continuación iconos en forma de computadora indicando que equipos están conectados a red, pero dentro del mismo grupo. Si se solicita acceso a todos los grupos, estos aparecen tal como se muestra en la **Figura 8**.

La comunicación se basa en compartir recursos, de modo que en cada equipo los usuarios deciden que pondrán disponible a la red y con que tipo de acceso: *solo lectura* o *completo*. En algunas redes locales se requiere dedicar equipos para funciones específicas; a estos elementos se les llama servidores (*servers*), mientras que los clientes son aquellos que acceden a los recursos. En el modelo expuesto en este trabajo todos los equipos están capacitados para cumplir ambos papeles, por lo que no hay computadoras dedicadas o exclusivas.

CONCLUSIONES

El modelo aquí descrito presenta, como todo en la vida, ventajas y desventajas, y es un balance de las mismas lo que determina su viabilidad para una situación específica. Los aspectos principales son su bajo costo y facilidad de instalación, mientras que sus puntos débiles más notables están relacionados con la administración y seguridad de la red.

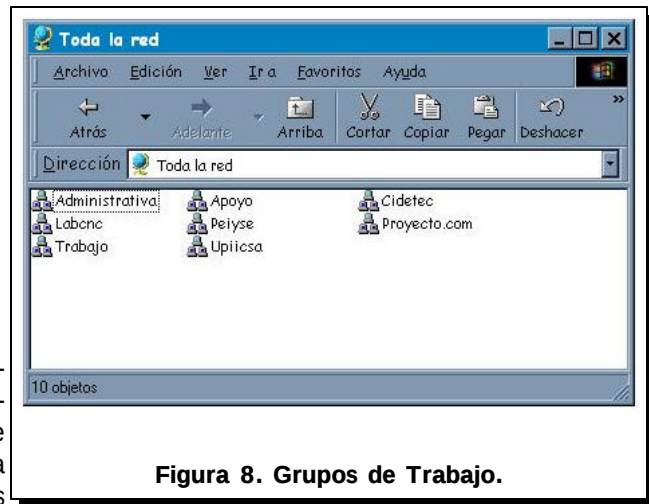


Figura 8. Grupos de Trabajo.

Desde el punto de vista físico se cuenta con un esquema lo suficientemente flexible para permitir tanto el crecimiento (en número de equipos) como la actualización de la red; así mismo, es posible mejorar la operación utilizando otros sistemas operativos, tales como Unix o Linux. En artículos posteriores se tratarán temas referentes a la modificación y mejora de la red instalada, enfocados tanto a aumentar la seguridad en las transacciones como a adicionar servicios y prestaciones, principalmente las correspondientes a Internet.

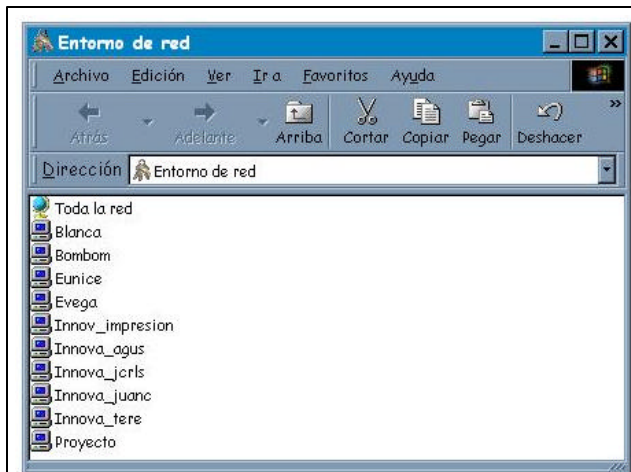


Figura 7. Acceso a Red (entorno).

REFERENCIAS

Dodd, A.. *The Essential Guide to Telecommunications*. Editorial Prentice Hall, 2ª Edición. New Jersey, 2000.

Harrington, J.. *Ethernet Networking Clearly Explained*. Editorial Morgan Kaufmann, 1ª Edición. San Francisco, 1999.

Held, G.. *Ethernet Networks: From 10Base-T to Gigabit*. Editorial John Wiley & Sons., 3ª Edición. New York, 1998.

Martin, J.. *Local Area Networks*. Editorial Prentice Hall, 2ª Edición. New Jersey, 1994.

Norton, P.. *Peter Norton's Complete Guide to Windows 98*. Editorial SAMS, 3ª Edición. Indianapolis, 1998.

Schwartz, M.. *Cableado de Redes*. Editorial Paraninfo, 1ª Edición. Madrid, 1996.

Yraolagoitia, J.. *Windows 95*. Editorial Paraninfo, 3ª Edición. Madrid, 1995.

Impacto de la Tecnología de la Información (TI) en las Organizaciones

Lic. Elizabeth Acosta Gonzaga
Profesora del CIDETEC-IPN

Lic. Abraham Gordillo Mejía
Profesor de las Academias de Tecnología Informática de la UPIICSA

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis sobre el impacto, positivo o negativo, de la Tecnología de la Información en las organizaciones, considerando a estas como parte fundamental de nuestra sociedad. Así, inicialmente se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la tendencia actual de la tecnología de la información?
- ¿Cuales han sido los principales cambios en las organizaciones debido a estas tecnologías?
- ¿Generan realmente la ciencia y la tecnología mejoras a la sociedad?

INTRODUCCIÓN

Primeramente se establecerá un concepto de **tecnología**; para algunos, es el estudio de los procedimientos técnicos y de sus relaciones con el desarrollo de la civilización [RIC95], mientras que otros la definen como la organización y aplicación de conocimientos para el logro de fines prácticos; incluyendo manifestaciones físicas como las máquinas y herramientas, pero también técnicas intelectuales y proce-

sos utilizados para resolver problemas y obtener los resultados deseados [KAS87]. Así, en este estudio se considera a la tecnología como la aplicación del conocimiento y sus productos, para el desempeño más eficiente de ciertas tareas y actividades.

Aunque los teóricos de la administración menosprecian los efectos de la tecnología sobre una organización, en las últimas décadas se han realizado diversos estudios a este respecto, con resultados muy interesantes; los avances tecnológicos de los últimos cien años han requerido de grandes ajustes en los sistemas sociales. Las tecnologías como el CAD y el CAM, las máquinas controladas numéricamente y los robots industriales, entre otras, han revolucionado enormemente a las organizaciones y al proceso de producción; a este respecto, las computadoras y los sistemas de información han tenido un efecto muy importante a todos los niveles.

En este contexto, la **Tecnología de la Información (TI)** se refiere al hardware, al software y a los dispositivos de comunicación, mientras que un **Sistema de Información (SI)** es la combinación de la tecnología de la información con los datos, los procedimientos para procesar dichos datos, y las personas que los reúnen y aplican. Los SI ayudan a manejar la información con eficiencia y eficacia, ofreciendo grandes cantidades de datos rápidamente y a un costo rela-

tivamente bajo; la verdadera fuerza de la TI radica en su capacidad de proceso para producir información que se pueda archivar y recuperar [KOO86].

La tecnología en una organización puede tener dos aspectos: el grado de complejidad requerido para realizar el proceso de transformación, y el grado de estabilidad en las tareas o decisiones. En el nivel mas bajo está la organización que utiliza tecnología persona-herramienta, mientras que en el otro extremo está la organización que utiliza tecnología elevada y dinámica basada en el conocimiento, tal como un laboratorio de investigación y desarrollo. Un requerimiento básico de la tecnología es un elevado nivel de alfabetización y especialización; el uso efectivo de dicha tecnología requiere de organizaciones complejas y similares, a pesar de culturas y sistemas económico-políticos diferentes.

ANTECEDENTES

A mediados de la década de los ochentas, el mercado de la información estaba dominado por un número muy reducido de compañías; estas empresas creaban arquitecturas y tecnologías de cómputo propias, por lo que sus clientes se encontraban protegidos pero cautivos. La protección se debía a la implantación de soluciones en una infraestructura úni-

ca, con reglas de construcción limitadas y dictadas por la empresa proveedora, evitando así conflictos de compatibilidad entre hardware y software. Con los avances tecnológicos los usuarios han tenido la posibilidad de escoger entre diferentes productos y compañías las partes que sirvan para construir las mejores soluciones a sus problemas. Hoy en día las estrategias de las compañías proveedoras de sistemas de cómputo se pueden clasificar en dos tipos:

- 1.- Formar organismos a escala mundial para estandarizar las nuevas tecnologías.
- 2.- Crear arquitecturas propias que involucren el acomodamiento de sus productos para dar la impresión de que las empresas puedan adoptarlas como modelos generales.

Por otra parte, hace algunos años los sistemas de información se desarrollaban para satisfacer necesidades muy específicas de cada organización; por ejemplo, un hospital necesitaba de un SI propio, que satisficiera sus necesidades de administración y organización. Ahora la tendencia son los sistemas abiertos y generales basados en la tecnología de redes (*Web*), y en el modelo cliente / servidor; muy recientemente se ha acuñado el término: Sistemas de Información Interorganizacionales (IOS), los cuales son parte de la tecnología de la información basada en sistemas que unen a varias organizaciones. Existen diversas investigaciones que demuestran que el manejo de estos sistemas es una labor ardua que requiere una forma diferente de análisis, además de mayor tiempo, ya que especifican una manera diferente para administrar y compartir la información de la que estaba considerada en los Sistemas de Información individuales [KUM].

INFLUENCIA DE LA TI

El valor de la tecnología de la información se ha vuelto de gran importancia para las organizaciones, y sin duda alguna se puede asegurar que *mejor tecnología significa mejor rendimiento* [FAR98]. Muchas organizaciones se han dado cuenta del poder actual de las redes y de Internet, que incluye servicios tales como correo, comercio y negocios electrónicos (e-mail, e-commerce, y e-business, respectivamente); grandes empresas e instituciones han adquirido éstas nuevas tecnologías de la información, y las han adaptado a sus ambientes organizacionales, como en las intranets y las extranets [GLA].

La Internet puede unir los esfuerzos en diferentes actividades, creando una especie de *intercambio digital*; el hecho de que los precios de los productos y servicios de alta tecnología continúen bajando se convierte en un factor importante para que la demanda continúe incrementándose en forma explosiva, en los 80's y especialmente en los 90's, la caída en los precios de semiconductores y de las computadoras dispararon una demanda tremenda, tal y como sucede actualmente en el campo de las telecomunicaciones [WYS].

La TI ha contribuido al desarrollo de la organización en todos sus ámbitos, es decir, ha influido en su evolución hacia la modernización de la misma, generando un entorno propicio para la globalización. Así mismo, el mejorar las tecnologías para el manejo de la información implica una reducción de los costos, independientemente de las ventajas directas obtenidas por la actualización tecnológica.

El crecimiento sostenido de la tecnología de la información ha tenido un alcance mundial, pero como normal-

mente sucede, los países desarrollados son quienes dominan este escenario. Los países altamente industrializados son cada vez más conscientes de su necesidad de actualización y desarrollo en el mencionado sector, buscando encontrar nuevas formas para impulsar el crecimiento de dicha área; en algunas naciones el gobierno incrementa el presupuesto para fomentar la investigación y el desarrollo de la tecnología de la información y las comunicaciones. Tal es el caso de Malasia, en donde se ha fomentado al sector de la TI en a través de estímulos extras en el presupuesto gubernamental, y anunciándose que dicha estrategia se repetirá e incrementará para el presupuesto de los años venideros [KAS00]. Este es un ejemplo del camino a seguir por los países en vías de desarrollo, en los cuales la aplicación de estímulos fiscales a la TI representa un impulso importante al crecimiento económico.

Las constantes innovaciones tecnológicas son necesarias para aumentar el rendimiento, la productividad y la calidad en función de costos; éstas mejoras sólo son posibles con inversión constante en bienes de capital. La tecnología afecta a los miembros de una organización de diferentes maneras: el tener mas habilidades técnicas es un factor clave para determinar las tareas requeridas y el grado de especialización, representado mejores ingresos y una mejor posición de la organización. Actualmente cualquier organización (sin importar cual sea su tipo) que quiera ser competitiva debe contar con la suficiente capacidad tecnológica para enfrentar los posibles retos que le imponga la sociedad y sus competidores [BER], es por ello que cada vez mas instituciones y empresas consideran a la TI como parte importante de la estrategia que deben de adoptar.

Sin embargo, los cambios tecnológicos son susceptibles de crear un

ambiente de inseguridad y ansiedad en los trabajadores; las habilidades adquiridas podrían ser obsoletas en poco tiempo, lo cual afecta su motivación. Bajo diversas tecnologías, la satisfacción y motivación del trabajador son diferentes: en los trabajos elementales se calificaban muy alto, mientras que en las líneas de ensamble y producción en masa eran bajas; en las nuevas tecnologías de automatización y conocimiento avanzado, el tipo de trabajo requiere de otro tipo de motivaciones.

Una prueba fehaciente del crecimiento de la TI y de su importancia es que el Congreso Norteamericano, normalmente cauteloso en extremo con sus políticas migratorias, está considerando el incrementar el número de visas a trabajadores extranjeros capacitados en el área, ya que se estima que existe una oferta de 800,000 puestos disponibles. Si esta cifra es exclusivamente en los Estados Unidos, no es difícil imaginar la gran demanda mundial de recursos humanos para dicho sector [ALE].

Lo anterior corresponde al aspecto positivo de este tema; sin embargo, como todo en la vida también incluye un lado negativo. Por ejemplo la iniciativa del congreso ha originado una serie de acusaciones en el sentido de que se pretende favorecer la contratación de mano de obra barata, desplazando a los trabajadores locales, además de que se menciona la existencia de racismo. Por otra parte, las condiciones mundiales propician invasiones de inmigrantes, que se traducen como fuga de cerebros, dado que solo algunos países poseen liderazgo productivo y creciente capacidad económica; de hecho, algunos países abren sus puertas a personal capacitado en áreas tecnológicas, ya que su población no cuenta con tal especialización; estos pocos expertos saldrán de países subdesarrollados, buscando nuevas y mejores formas de

vida, dejando a su país en un persistente atraso tecnológico.

Hasta ahora, son indiscutibles los beneficios que proporciona la tecnología, sin embargo, cabe aclarar que la inadecuada implementación y administración de la misma produce efectos verdaderamente dañinos en cualquier tipo de organización [FRI]; debido a ello se han desarrollado diversas formas de administración de sistemas de información, siendo la parte más importante de éstos una continua capacidad de innovación. Entre los resultados negativos, producto de una inadecuada administración de un SI están: no existe disponibilidad práctica de la información, los datos son inadecuados, fuera de tiempo y difíciles de interpretar [MCD00].

La capacidad de desarrollo de nuevas tecnologías produce una marcada diferencia entre países con alta tecnología y países dependientes de la misma, así la TI se convierte en una herramienta de suma importancia para el crecimiento y desarrollo de cualquier sociedad; actualmente un grupo de ejecutivos de alta tecnología pidió a las naciones más ricas tomar medidas para eliminar la creciente división digital resultante de la cima económica que separa a los mundos desarrollados y en desarrollo; es una división en educación y la TI es solo un conducto para promover esa educación [MAR00].

Sin embargo, la conjunción del desarrollo tecnológico con las exigencias competitivas ha dado como resultado una masa de desocupados, la mayoría de los cuales tiene muy poca posibilidad de ocuparse, esencialmente por la dificultad de aprender en edad adulta, ya que no tuvieron la oportunidad de hacerlo antes. Como consecuencia directa de esta situación, el hombre, más que librarse del trabajo para tener más tiempo para

realizarse como persona, es literalmente expulsado del mismo en edad más joven, y una vez que ha sido excluido del ciclo productivo, en la mayoría de los casos queda marginado.

Es realmente perceptible que las personas capacitadas en tecnología son muy pocas comparadas con la población en general; el sociólogo italiano Albertoni describe:

La actual división irracional del trabajo, provoca marginación, senilización, escolaridad prolongada, lucha por el status, defensa de la posición profesional. De allí se observa que el hombre puede aprender solamente en juventud porque de adulto se esclerotiza y no es más capaz de renovarse, de volver a empezar. Si lo hace viene considerado neurótico, efectivamente se vuelve desviante y loco [RIC95].

Lo anterior crea un clima de incertidumbre y miedo generalizado, frente a la posibilidad de la pérdida de la fuente de trabajo, pérdida que representa la *ciudadanía industrial*:

Hacia mediados de la próxima década, la clase obrera habrá pasado a la historia como un herido de la Tercera Revolución Industrial y del avance implacable hacia la mayor eficiencia tecnológica jamás lograda. Jeremy Rifkin. El Final del Trabajo, 1994.

En su libro *El Arquitecto del Desarrollo Humano y Organizacional*, Riccardo Riccardi cita a John Naisbitt (1982), el cual, describía las tendencias para la década de los 90's:

- *Vamos hacia una sociedad de la información.* Esto ha provocado una gran masa de desempleados; si a la TI se le agrega la tecnología aplicada a procesos industriales, más las exigencias de la producti-

vidad, calidad, costos y la reingeniería, la posición del trabajador ha perdido seguridad y estabilidad.

- *La alta tecnología requiere de alta respuesta humana.*

CONCLUSIONES

El desarrollo de la ciencia y la tecnología como tal no incide directamente sobre la sociedad; es su aplicación la que puede ser calificada como benéfica o dañina a la misma. Para esta aplicación influyen predominantemente las características de la sociedad particular y el momento histórico de la misma; si bien en el pasado únicamente se contemplaba a los beneficios económicos generados por tecnologías nuevas, ahora debemos considerar las consecuencias ambientales, sociológicas y psicológicas entre otras.

Los principales cambios en las organizaciones a causa de la tecnología han sido motivados principalmente por la modificación de las formas de producción, con una tendencia histórica hacia la especialización de actividades entre los empleados. Los cambios tecnológicos han rebasado el ámbito económico, cambiando la forma de vida de todas las personas; así, los desarrollos tales como las computadoras personales, los SI y la Internet comienzan a influir decisivamente en el comportamiento y actitudes sociales. Si bien se puede argumentar que esto ya ha sucedido antes (como en los casos de la Revolución Industrial: el automóvil, la radio y la televisión), el efecto ha sido más rápido y con mayor globalidad.

Como consecuencia, la sociedad se basa cada vez mas en el conocimiento; y este conocimiento se utiliza

rá para el desarrollo de nueva ciencia y tecnología, para su uso *idealmente* en el bienestar de dicha sociedad. Las técnicas representan para la humanidad algo muy importante: han hecho, hacen y harán mucho, y su única limitante es el respeto al alma humana; debido a ello debe existir un proceso adecuado de integración. Cuanta más tecnología haya a nuestro alrededor mayor será nuestra necesidad de un profundo contacto humano; la utilización de islas electrónicas será muy limitada, la gente quiere ir a la oficina, la gente quiere estar con la gente, sin olvidar la convivencia. Se debe aprender a equilibrar los prodigios de la tecnología con los requerimientos espirituales de la naturaleza humana.

Por otra parte, de la presente investigación se desprende lo indispensable que es la gestión adecuada de la TI; es decir, se obtendrá el mayor beneficio que puede tener una organización: un adecuado manejo de la información, que se traduce en una mejor administración, mejor proceso productivo, mejor atención al cliente, etc. y por lo tanto mayor rendimiento y un lugar reconocido dentro de su entorno competitivo. La TI ha contribuido a un mejor manejo de la información, lo cual se traduce en una mejor posición de la organización dentro de su entorno competitivo.

Sin embargo, como siempre sucede, no todo es color de rosa, y los aspectos negativos generados también son evidentes: aparecen las sociedades basadas en la especialización, con lo que se limita fuertemente a la masa laboral de dicho sector; lo anterior afecta a países como el nuestro, donde existe una fuga de cerebros a países desarrollados, líderes en TI y con mejores salarios, dejando a México en un persistente atraso tecnológico, económico y social. De acuerdo con lo anterior, la creciente e

implacable era de la información producirá la necesidad de regresar a modelos productivos tayloristas, aún cuando el Taylorismo ha demostrado su inadecuación. Algunos predicen que la tecnología se ha convertido en un fin en si misma, y de no controlarse terminará con todas las consideraciones humanísticas y sociales.

REFERENCIAS

La siguiente bibliografía y fuentes se eligió con base en la necesidad de contar con un panorama general que incluyera aspectos tanto tecnológicos como administrativos, abarcando diferentes opiniones al respecto; a lo largo del texto se citan diversos artículos obtenidos a través de Bases de Datos.

[ALE] Alexander, G.. *Crossing the Border*. Vol. 31, Issue 3, ISSN 00064165, Black Enterprise, Nueva York.

[BER] Berghel, H.. *The Cost of Having Analog Executive in Digital World*. Vol 42, Issue 11, ISSN 00010782, ACM, Nueva York.

Champy, J.. *IT Execs Finally Have Their Day in the Sun*. Computerworld, Vol. 32, ISSN 00104841, Julio 27, 1998, Estados Unidos.

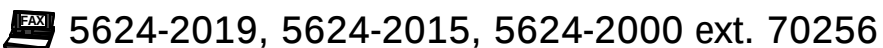
[FAR98] Farrokh, A.. *Management Matters: Technology Succeeds when Management Innovates*. Vol. 17, Issue 1, Frontiers of Health Services Management, Estados Unidos.

[FRI] Friel, B.. *Great Expectations*. Vol. 32, Issue 3, ISSN 0001772626, Government Executive, Washington.

- Fohr, D.. *Estrategias: Evalúe los Procesos de Tecnología de la Información de su Organización*. Revista PC Magazine en Español, Enero de 1998, México.
- [GLA] Glaser, J.. *Management Response to E-health Revolution*. Vol 17, Issue 1, ISSN 074881 57, Frontiers of Health Service Management. Estados Unidos.
- Henderson, J.. *Strategic Alignment: Leveraging Information Technology for Transforming Organizations*. IBM Systems Journal, Vol. 38, ISSN 00188 670, VOL 38. Estados Unidos, 1999.
- [KAS00] Kasim, S.. *ICT Industry expects incentives in Budget*. Computimes Malaysia. Octubre 5, 2000, Nueva York.
- [KAS87] Kast, F.. *Administración en las Organizaciones*. Editorial McGraw Hill. México, 1987.
- [KOO86] Koontz, H.. *Elementos de Administración*. Editorial. McGraw Hill, Tercera Edición, México D.F., 1986.
- [KUM] Kumar, R.. *A Multi-disciplinary Framework of the Management of Interorganizational System Database for Advances in Information Systems*. Vol 30, Issue 1, Nueva York.
- [MAR00] Markoff, J.. *High-Tech Executives Urge Action on World's Digital Divide*. New York Times, Julio 20, 2000. Nueva York.
- [MCD00] McDemont, P.. *Two Transforming Studies*. ISSN 08930 52X, Federal Computer Week, Septiembre 25, 2000.
- [RIC95] Riccardi, R.. *El arquitecto del desarrollo humano y organizacional*. Ediciones Macchi, Buenos Aires, 1995.
- [WYS] Wysocki, B.. *Bricks and Mortar in The Digital Age*. Wall Street Journal, Nueva York.



Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Computación
Consejo Editorial Revista polibits
Av. Té No. 950, Edificio de Graduados 2o. piso.
Colonia Granjas México. C.P. 08400
México D. F.



e-mail *erodrig@redipn.ipn.mx*

Si la contribución es un artículo, anexar los siguientes datos: Nombre del autor, Grado Académico e Institución o Empresa de procedencia.

[illegible]