

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS DE INTERNET2:
DESARROLLO E INVESTIGACIÓN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACIÓN

P R E S E N T A

TANIA GABRIELA SÁNCHEZ ALTAMIRA

ASESOR: FIS. HUGO RAYMUNDO RANGEL GUTIERREZ



MEXICO, D. F.

FEBRERO DE 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres, por brindarme todo el apoyo, cariño y comprensión que necesité para concluir el presente trabajo. Por estar a mi lado, siempre preocupados por darme la mejor educación e inculcarme los valores que me han forjado como persona.

A mis hermanos Myrna y Jorge, porque junto a ellos aprendo algo nuevo cada día y por ser parte esencial de mi vida.

Agradezco al profesor Hugo Raymundo Rangel Gutiérrez, por asesorarme en la realización de esta tesis.

A los profesores sinodales: Laura Sandoval Montaña, María Jaqueline López Barrientos, Marisela Castañeda Perdomo y Norma Chávez Rodríguez, por sus valiosos comentarios.

En especial, a Rafael Alejandro Monzón Ponce por leer, corregir y aportar valiosas ideas al presente trabajo.

Esta tesis, representa la conclusión de una etapa muy importante en mi vida, por ello se la dedico a todas las personas que con sus palabras de aliento me brindaron la confianza para seguir adelante.

En especial:

A Rafael, por haber compartido momentos inolvidables como amigo y compañero, por apoyarme, quererme y creer en mi. A toda su familia que me brindó su cariño y confianza.

A mis amigos Rosa María, Guadalupe y Roberto, por preocuparse por mi, apoyarme y brindarme su cariño.

A mis amigos Nubia, Susana y Eduardo, con los que he pasado momentos muy felices y por estar junto a mi tanto en las buenas como en las malas.

A mi amigo Roberto Carlos, por brindarme su amistad y ser parte de la familia.

Análisis y perspectivas de Internet2: desarrollo e investigación**ÍNDICE**

Introducción	1
Capítulo I: Marco histórico	
1.1 Breve historia de Internet	3
1.1.1 Década de los 50's	4
1.1.2 Década de los 60's	5
1.1.3 Década de los 70's	6
1.1.4 Década de los 80's	7
1.1.5 Década de los 90's	9
1.1.6 Nuestros días	11
1.2 Historia de Internet en México	12
1.2.1 Internet en la actualidad	14
1.3 Historia de Internet en la UNAM	16
Capítulo II: Características generales de Internet2	
2.1 ¿Qué es Internet2?	19
2.2 La misión de Internet2	20
2.3 Participantes en el proyecto de Internet2	
2.3.1 Universidades miembro	21
2.3.2 Miembros Corporativos	22
2.3.3 Miembros Afiliados	24
2.3.4 Participación del Gobierno Federal de los Estados Unidos en Internet2	25
2.3.4.1 Siguiete Generación de Internet (NGI)	25
2.3.5 Participación Internacional en el proyecto Internet2	26
2.4 Gestión del proyecto de Internet2	28
2.5 Diferencias entre Internet 2 y la Internet actual	28
2.5.1 Internet vs Internet2	29
Capítulo III: Análisis de la tecnología de Internet2	
3.1 Estructura organizativa del proyecto Internet2	30
3.1.1 Grupos de Trabajo de Internet2	30
3.1.2 Esbozo de la Ingeniería de Internet2	34
3.1.2.1 Componentes técnicos	35
3.1.2.2 El GigaPoP	36

3.1.2.2.1	Tipos de GigaPoPs	37
3.1.2.2.2	Requisitos funcionales	38
3.1.2.2.3	Fuentes y especificaciones de conectividad	39
3.2	Redes involucradas en la iniciativa Internet2	41
3.2.1	Red vBNS	42
3.2.1.1	vBNS+	43
3.2.2	Red Abilene	44
3.2.2.1	Características principales	45
3.2.2.2	Objetivos de diseño	45
3.2.2.3	Arquitectura de red	46
3.2.2.4	Relación de Abilene con la iniciativa del gobierno federal NGI	46
3.2.2.5	Redes de educación e investigación a nivel internacional	47
3.2.3	Iniciativas internacionales en redes de investigación	48
3.2.3.1	Red Canadiense CA*net 3	48
3.2.3.1.1	Características de CA*net 3	49
3.2.3.2	Proyecto Oxígeno	50
3.3	Tecnología de Redes	
3.3.1	Tecnología ATM	52
3.3.1.1	¿Qué es ATM?	52
3.3.1.2	Hardware de ATM	52
3.3.1.3	Interfaz permitida por ATM	53
3.3.1.4	Los 2 paradigmas de conexión ATM: SVC y PVC	54
3.3.1.5	Los identificadores: VPI y VCI	55
3.3.1.6	Capas de adaptación ATM	56
3.3.1.7	Prioridad de la celda	59
3.3.1.8	Comportamiento de una red ATM	60
3.3.1.9	Beneficios en el uso de ATM	61
3.3.2	Tecnología SONET/SDH	
3.3.2.1	Antecedentes	63
3.3.2.2	Velocidades de SONET/SDH	63
3.3.2.3	Señales ópticas en SONET	64
3.3.2.4	Estructura de STS-1	65
3.3.2.5	Arquitectura anillo de SONET	65
3.3.2.5.1	Tipos de topología Anillo para SONET	66
3.3.2.5.2	Despliegue Lineal contra el despliegue Anillo	66
3.3.2.6	Relaciones de SONET con el modelo OSI	67
3.3.2.7	Relación de ATM y SONET con el modelo OSI	68
3.3.2.8	Beneficios en el uso de SONET	69
3.3.3	Tecnología DWDM	71
3.3.3.1	Demultiplexores	72
3.3.3.2	Amplificadores Ópticos	72
3.3.3.3	Medidas de desempeño	73
3.3.3.4	El futuro de DWDM	74
3.3.3.5	El protocolo Internet sobre WDM: CA*net 3	75
3.4	Protocolos de comunicación	
3.4.1	Protocolo IPv6	76
3.4.1.1	Motivos para el cambio de IPv4	76

3.4.1.2	La crisis de IPv4	77
3.4.1.3	Orígenes de IPv6	78
3.4.1.4	Características de IPv6	79
3.4.1.5	Forma general de un datagrama IPv6	79
3.4.1.6	Comparación en el formato de encabezado entre IPv4 e IPv6	80
3.4.1.7	Encaminamiento en IPv6	81
3.4.1.8	Tipos básicos de dirección IPv6	83
3.4.1.9	Notación hexadecimal del IPv6	84
3.4.1.10	Jerarquía de direcciones	85
3.4.1.11	Autoconfiguración de los dispositivos	85
3.4.1.12	Experimentando con IPv6 : el 6bone	86
3.4.1.13	Seguridad en IPv6 : IPSec	86
3.4.1.14	La transición entre Ipv4 a IPv6	88
3.4.2	Protocolo Multidifusión	89
3.4.2.1	Requerimientos para la Multidifusión	91
3.4.2.2	Protocolo de Gestión de Grupo de Internet (IGMP)	92
3.4.2.2.1	Miembros de un grupo con IPv6	94
3.4.2.3	Protocolo Multidifusión Independiente(PIM)	94
3.4.2.3.1	La estrategia de PIM	95
3.4.2.4	Protocolo Border Gateway (MBGP)	96
3.4.2.5	La red experimental para Multicasting (MBone)	96
3.4.3	Calidad de Servicio (QoS)	
3.4.3.1	¿Que es QoS?	98
3.4.3.2	¿Por qué necesitamos QoS?	99
3.4.3.3	Garantías de servicio	99
3.4.3.4	Tipos de QoS	100
3.4.3.5	Arquitecturas de QoS	102
3.4.3.6	Investigación de QoS en las iniciativas de la siguiente generación de Internet (QBone)	103

Capítulo IV: Aplicaciones de Internet2 y su marco de desarrollo

4.1	Categorías de aplicaciones.	104
4.2	Estrategias en el desarrollo de aplicaciones	105
4.3	Gestión de aplicaciones	106
4.4	El Grupo de Aplicaciones de Internet2	106
4.4.1	Iniciativa de desarrollo E2E de Internet2	106
4.4.2	Objetivo de la iniciativa E2E	107
4.5	Educación a distancia	109
4.5.1	El IMS (Instructional Management System)	110
4.5.1.1	¿Quién usará el IMS?	111
4.5.1.2	¿Qué se ha hecho hasta la fecha en el IMS?	112

4.5.2 Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA)	
4.5.2.1 Elementos conceptuales del EVA	113
4.5.2.2 Aspectos pedagógico-didáctico	115
4.5.2.3 Aspectos tecnológicos	115
4.5.3 Diseño de Entornos Virtuales de Enseñanza/ Aprendizaje	116
4.5.3.1 Modelos y Estructura	118
4.6 Bibliotecas digitales	122
4.7 El Laboratorio virtual	123
4.7.1 El potencial del Laboratorio virtual	123
4.7.2 Elementos necesarios para desarrollar un Laboratorio virtual	124
4.7.3 ¿Qué se ha hecho hasta la fecha?	125
4.8 Teleinmersión	126
4.8.1 El potencial de la teleinmersión	127
4.8.2 ¿Qué es un tele-cubículo?	127
4.8.3 Elementos necesarios para el desarrollo de la teleinmersión	128
4.8.4 ¿Qué se ha hecho hasta la fecha?	128
4.9 El proyecto ARENA (Advanced Research and Education Network Atlas)	130
4.9.1 La necesidad de un Atlas en la red	130
4.9.2 Descripciones de los mapas de red ARENA	130
4.10 Comercio electrónico e Internet2	131
4.10.1 Antecedentes	131
4.10.2 Importancia del comercio electrónico en el ambiente económico mundial	133
4.10.3 Importancia de Internet2 en el despliegue del comercio electrónico	134

Capítulo V: El impacto social de Internet2

5.1 Impacto de las Nuevas Tecnologías en la sociedad	136
5.2 Las nuevas tecnologías como factor de desigualdad social	137
5.2.1 El despliegue de tecnología avanzada dentro de la sociedad	139
5.3 El Estado, factor primordial en el avance y despliegue de las Nuevas Tecnologías	139
5.4 Elementos necesarios para el uso y aprovechamiento de las Nuevas Tecnologías dentro de la sociedad	141
5.5 Nuevas tecnologías y políticas para la igualdad de oportunidades educativas	142

Capítulo VI: Desarrollo de Internet2 en México

6.1 Antecedentes	143
6.2 Función que desempeña la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI)	144

6.2.1 Participación de las Universidades en la CUDI	145
6.2.2 Participación de Telmex como asociado institucional	148
6.2.3 Operación y administración de la red	150
6.3 Aplicaciones de Internet2 en México	150
6.3.1 Aplicaciones de Internet2 en la UNAM	151
Conclusiones	159
Bibliografía	
Libros	164
Páginas de Internet	165
Periódicos	166
Glosario	167

INTRODUCCIÓN

El siglo XX ha sido testigo de grandes avances científicos y tecnológicos que han provocado cambios en la manera de vivir del hombre dentro de la sociedad. Dicha tecnología ha influido directamente en el desarrollo de las telecomunicaciones, en específico, en el área de las redes de cómputo.

Un ejemplo claro de los cambios tecnológicos, ha sido el despliegue de la red global Internet, la cual ha creado un paradigma social de comunicación al brindar una nueva herramienta en la transferencia de información.

Internet es objeto de estudio en diversos aspectos de la ciencia. Por ejemplo, en el área social se estudia el impacto que Internet ha provocado en el comportamiento del hombre en forma individual, así como en su entorno económico y político. Por otro lado, la ingeniería ve a Internet como una herramienta para el desarrollo de aplicaciones que satisfagan las necesidades de cualquier otra área del conocimiento, como la medicina, astronomía, etc.

En este sentido, una nueva iniciativa conocida como "Internet2" está siendo desarrollada.

El presente trabajo de investigación denominado *Análisis y perspectivas de Internet2: desarrollo e investigación*, pretende analizar los componentes principales que actúan sobre la tecnología involucrada en el proyecto Internet2, así como las aplicaciones que en ella se desarrollarán, tomando en cuenta el impacto social que dicha iniciativa generará. De ahí que en esta tesis se planteen como objetivos principales:

1. Investigar la tecnología de redes y el tipo de protocolos que Internet2 utiliza.
2. Conocer las aplicaciones que se podrán desarrollar sobre dicha tecnología de red.
3. Analizar el impacto que Internet2 producirá dentro de la sociedad, en específico al área educativa.

Antes de comenzar con el análisis de la iniciativa Internet2, debemos conocer los aspectos principales que permitieron llegar al punto de desarrollo en el que actualmente nos encontramos.

Así pues, en el capítulo uno se aborda la historia de Internet, desde los motivos que provocaron su desarrollo y despliegue, hasta el impacto que ha provocado a nivel mundial. Se estudiará el nacimiento de Internet en México, describiendo el importante papel que la Universidad Nacional Autónoma de México ha tenido en su evolución.

El capítulo dos menciona las características generales que envuelven la iniciativa Internet2, como son:

- Su definición y objetivos principales.
- Participación de las instituciones en el proyecto y su administración.
- Las diferencias existentes entre Internet2 y el Internet de propósito general.

En el capítulo tres se analiza el tipo de tecnología utilizada por Internet2. En primera instancia, se expone un esbozo de la ingeniería de Internet2, mencionando sus principales elementos de acción, así como su arquitectura general. Así mismo, se mencionan los tipos de redes que participan dentro de la iniciativa, así como la tecnología avanzada que emplean.

Como se observa a lo largo del capítulo, Internet2 no es el único proyecto en redes avanzadas para el aprendizaje e investigación que se pretende impulsar. Existen otras iniciativas propias de Estados Unidos e internacionales que merecen un estudio detallado de su funcionamiento, pero como el tema a tratar en el presente trabajo no son las redes avanzadas existentes en el mundo, sólo me delimitaré a mencionar las características principales que atañen a las redes más significativas en el área de la investigación académica.

Un aspecto medular en la iniciativa Internet2 es el uso de nuevos protocolos. No se pretende ahondar en el estudio de cada uno de ellos, por el contrario, se desea brindar una visión general del comportamiento de los protocolos más importantes y las ventajas que ofrecen en comparación con el rendimiento de los ya existentes. Centro la atención en los protocolos IPv6, QoS y Multidifusión.

Por otro lado, este conjunto de tecnologías avanzadas en redes y protocolos sirven para generar nuevas aplicaciones que en el actual Internet no podrían desarrollarse. Por ello, el capítulo cuatro está dedicado al tipo de aplicaciones que pueden generarse utilizando las herramientas que la red avanzada Internet2 puede brindar.

Ahora bien, no podemos dejar de mencionar el impacto que la red Internet2 o en general las redes avanzadas, producirán dentro de la sociedad.

Este análisis se expone en el capítulo cinco, mencionando por qué considero a las nuevas tecnologías (como lo es Internet2) un factor de desigualdad social, no perdiendo de vista, por supuesto, los beneficios que estas tecnologías pueden ofrecer a nuestra comunidad.

Finalmente, en el capítulo seis se expone el desarrollo que ha tenido Internet2 en México, así como el tipo de aplicaciones que se pretenden impulsar a nivel nacional y, en especial, dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México.

C APÍTULO 1

Marco histórico

1.1 Breve historia de Internet

La palabra "Internet" hoy en día es común escucharla por cualquier persona sin importar su edad o profesión. Se ha vuelto popular, ya que en ella encontramos un gran banco de información sobre un sin número de temas que abarcan cualquier área de la ciencia, tecnología y entretenimiento.

Internet está creando un nuevo modelo social en cuanto a la forma en que las personas conviven y se comunican entre sí. Pero, ¿qué se entiende por Internet?. Al paso de los años diferentes autores han dado su propia definición de Internet entre ellas tenemos:

- FNC (Federal Networking Council):

"Internet, hace referencia a un sistema global de información que:

1. Está relacionado lógicamente por un único espacio de direcciones global basado en el protocolo de Internet (IP) o en sus extensiones.
2. Es capaz de soportar comunicaciones usando el conjunto de protocolos TCP/IP, sus extensiones u otros protocolos compatibles con IP, y
3. Emplea, provee o hace accesible (de manera privada o pública) servicios de alto nivel en capas de comunicaciones y otras infraestructuras relacionadas."¹

- Douglas E. Comer:

"Internet es un conjunto de redes y ruteadores que utilizan el protocolo TCP/IP y que funcionan como una sola y gran red. Internet comprende al gobierno, comercio y organizaciones educativas en todo el mundo."²

- James E. Potter:

"La red Internet permite conectar diferentes tipos de redes, que pueden ser de área local (LAN) o de área extensa (WAN), utilizando protocolos como TCP/IP, que identifican los datos aunque procedan de diferentes tipos de equipos y usen sistemas operativos incompatibles como UNIX, MS-DOS, WIN, OS/2, System7, Xenix, VMS, etc. "³

Se entiende por "red " a un sistema de comunicaciones de datos que permite a un número de dispositivos independientes intercambiar información .

¹ <http://www.itdr.gov>

² Comer. Douglas. El libro de Internet. Prentice Hall, segunda edición, p.p. 12

³ Potter. James. Internet . Alfaomega, segunda edición, p.p. 22

Tomando en cuenta lo anterior, se concluye que Internet es una red de comunicación global que consiste en miles de redes interconectadas por un medio de transmisión (fibra óptica, cable UTP, etc.) que permite compartir recursos y datos (utilizando protocolos como el TCP/IP) entre individuos sin importar su ubicación geográfica, siendo así la más grande y compleja herramienta de aprendizaje que existe. A través de ella se puede tener acceso a enormes cantidades de información en todo el mundo, teniendo a nuestra disposición una fuente ilimitada de conocimiento.

El objetivo del presente capítulo es brindar un panorama general del nacimiento de "la súper carretera de la información"⁴ mencionando los principales personajes que intervinieron en su formación y algunos aspectos político-sociales que influyeron en el despliegue de este medio de comunicación.

1.1.1 Década de los 50's

Una de las grandes tensiones de las relaciones internacionales fue la llamada "guerra fría", la cual consistió en el enfrentamiento entre Oriente (compuesto por los países comunistas centrados en la desaparecida Unión Soviética) y Occidente (los Estados Unidos y sus aliados). Dicha guerra se convirtió en una carrera de armamentos conforme las naciones de ambos lados aumentaban el tamaño y fuerza de sus arsenales.

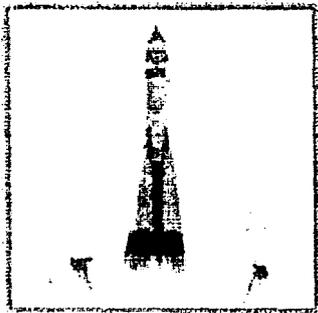


Figura 1.1 Sputnik I

Ambos países trataban de ganar una carrera en la cual quien tuviera el mayor número de armas atómicas o nucleares, ganaría la batalla. Pero el 4 de octubre de 1957 la Unión Soviética marca el inicio de la era espacial lanzando el Sputnik I, primer satélite artificial en órbita terrestre (ver Figura 1.1). Como respuesta, los Estados Unidos a su vez lanzan el Explorer I, el 31 de enero de 1958.

Esta rivalidad, provocó que los E.U. se preocuparan por la situación en la que se encontraría su país ante un ataque o una guerra nuclear, ya que al ser destruido el centro de informática y control de armas no se tendría acceso al sistema que controlaba todo su armamento.

En respuesta al lanzamiento del Sputnik I, E.U. crea la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA: Advanced Research Projects Agency) dentro del Ministerio de Defensa, con el objetivo de establecer un liderazgo en las áreas de ciencia y tecnología aplicadas a las fuerzas armadas.

⁴ Nombre dado a Internet en 1991 por el senador del estado de Tenesi E.U. Al Gore.

El ARPA con el tiempo se convertiría en el centro de desarrollo de la tecnología de redes más importante, sentando las bases de lo que hoy denominamos Internet.

Con lo anterior se demuestra una vez más que la milicia es la principal causa de avances científicos y tecnológicos .

1.1.2 Década de los 60's

Introduciéndonos más en el aspecto técnico, para julio de 1961, se da a conocer el primer documento sobre la teoría de conmutación por paquetes (PS: Package Switching) denominado "Flujo de Información en Redes Amplias de Comunicación" ("Information Flow in Large Communication Nets"). Dicho documento fue realizado por Leonard Kleinrock en el Instituto tecnológico de Massachusetts (MIT: Massachusetts Institute of Technology). Esta investigación es importante ya que se convierte en el punto de partida del desarrollo de la teoría de redes de comunicación.

Al año siguiente Paul Baran, miembro de RAND Corporation (una de las empresas encargadas de la estrategia militar estadounidense) da a conocer el documento "Redes de Comunicación Distribuida" ("On Distributed Communication Networks"), el cual sugiere unas redes conmutadas por paquetes sin punto único de interrupción. En otras palabras, propone la creación de una red de comunicaciones que no dependiera de un organismo central, integrado por nodos o puntos de enlace de igual rango y con la misma capacidad de originar, transmitir y recibir mensajes y que, en caso de que alguno de estos nodos recibiera un ataque o dejara de funcionar, el resto de la red seguiría en operación.

Los mensajes en esta red se dividirían en paquetes, cada uno con su propia dirección, originados en algún nodo en particular, saltando de lado a lado y finalizando en otro nodo específico de manera individual. La ruta de los paquetes no importa, solamente importa que lleguen. Si una ruta hubiera sido destruida, el paquete encontraría otra para llegar a su destino.

Es hasta 1968 cuando se presenta la red conmutada por paquetes (PS - Network) ante el ARPA, creándose así ARPANet (La red del ARPA), la cual fue la primera red del mundo. Al año siguiente el Ministerio de Defensa de los E.U. designa a ARPANet la tarea de investigación de redes, permitiendo a científicos, investigadores y personal militar ubicados en diversos puntos, comunicarse entre sí utilizando correo electrónico (e-mail) o a través de conversaciones interactivas de computadora a computadora.

Otros centros de cómputo ajenos a ARPANet, al percatarse de las ventajas de la comunicación electrónica, encontraron métodos para crear sus propias redes privadas y conectarlas a ARPANet, lo cual implicó la necesidad de enlazar computadoras con diferencias fundamentales (como las que existen entre computadoras IBM y no compatibles con esa arquitectura).

1.1.3 Década de los 70's

A principios de los años setenta, ARPA desarrolló conjuntos de reglas llamados *protocolos*, que ayudaron a hacer posible la comunicación entre máquinas. Los primeros protocolos fueron los denominados Protocolos de Control de Redes (NCP: Network Control Protocol) usados por los *host* de ARPANet.

En 1972, Ray Tomlinson miembro de la BBN (Bolt Beranek y Newman, Inc.) inventa un programa de correo electrónico para mandar mensajes en redes distribuidas, el cual es un éxito. Se elige el símbolo "@" entre los signos de puntuación de la máquina de teletipos Tomlinson Modelo 33 para representar la palabra "en".

En este mismo año, Larry Roberts crea el primer programa de administración de correo electrónico para listar, leer selectivamente, guardar, reenviar y responder mensajes, permitiendo así a ARPANet realizar sus primeras conexiones internacionales entre la Universidad de London (Inglaterra) y el Royal Radar de Noruega.



Figura 1.2 Vinton Cerf
(Considerado el padre de Internet
por diseñar el protocolo TCP/IP
junto a su socio Robert E. Kahn)

Pero es hasta 1974, cuando Vinton Cerf y Bob Kahn publican "Protocolo para Interconexión de Redes por paquetes" ("A Protocol for Packet Network Interconnection") que especifica en detalle el diseño del Programa de Control de Transmisión (TCP). Además BBN abre *Telnet*, el primer servicio público de paquetes de información, una versión comercial de ARPANet. Ver Figura 1.2.

Después de varios años en que se uso el protocolo TCP, en marzo de 1978 se divide en TCP e IP (Internet Protocol), comenzando a extenderse su uso en otras redes, las cuales pudieron conectarse a ARPANet incrementando significativamente el número de computadoras interconectadas.

1.1.4 Década de los 80's

En 1981 surge una apertura en el uso y desarrollo de redes con la aparición de BITNET (Because It's Time for Network: Porque es el momento del trabajo en red) cuyas características son las siguientes:

- Comienza como una red cooperativa en la Universidad de New York, brindando a sus usuarios de correo electrónico, listas de interés y transferencia de información y archivos.
- La conexión a Internet tiene un mínimo costo, ya que cada nodo es independiente, y maneja por sí mismo sus propias necesidades técnicas y financieras. De esta manera, la red comenzó a extenderse, abarcando un mayor número de dispositivos conectados. Así, la comunicación a través de la computadora comenzó a ser de uso común.

Por otro lado, la Red de las Ciencias de la Computación (CSNET: Computer Science Network) se crea gracias a la colaboración de expertos en computación de la Universidad de Delaware, la Universidad Purdue, La Universidad de Wisconsin, RAND Corporation y BBN, financiados por la NSF (National Science Foundation, una agencia del gobierno de los Estados Unidos) con el objeto de prestar servicios de red, especialmente de correo electrónico, a los científicos que carecían de acceso a ARPANET.

No es hasta 1982 que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos declara como estándar al conjunto de protocolos TCP/IP. Esto genera una de las primeras definiciones de Internet: "una serie de redes conectadas entre sí, específicamente aquellas que utilizan el protocolo TCP/IP"⁵ y se utiliza el término "Internet" como conexión a redes TCP/IP interconectadas.

Los países del continente europeo en este mismo año crean la red EUNET (European Unix Net-work: Red Unix Europea) que ofrece servicios de correo electrónico. Mas tarde establecen la EARN (European Academic and Research Network: Red Académica de Investigaciones Europea) que funciona de manera similar a BITNET.

En el año de 1983, ARPANet se divide en ARPANET y MILNET (Red Militar de computadoras). En ese momento el número total de nodos era de 113 y se pasan a la nueva red más de la mitad de ellos.

La NSF a través de su Oficina de Cómputo Científico Avanzado en 1986, establece un nuevo avance técnico al integrar 5 supercomputadoras a través de enlaces más rápidos impulsando así el desarrollo de Internet y permitiendo una mayor cantidad de conexiones, principalmente de universidades con finalidades académicas y de investigación. Los nombres de las supercomputadoras fueron los siguientes: JVNC@Princeton, PSC@Pittsburgh, SDSC@UCSD, NCSA@UIUC, Theory Center@Cornell.

⁵ <http://www.isoc.org>

Hasta entonces, las computadoras más rápidas del mundo sólo estaban a disposición de fabricantes de armamento y de algunos investigadores de compañías muy grandes. Con la creación de centros de *supercómputo*, la NSF ponía estas fuentes a disposición de cualquier tipo investigación académica. Sólo se crearon 5 centros porque su costo era muy elevado y fue necesario compartir sus recursos.

Las supercomputadoras llegan a ser indispensables y la NSF determina que las universidades podrían compartir los recursos de las supercomputadoras si estuviesen conectadas a ARPANET. Por ello la NSF creó la NSFnet (Red de la Fundación Nacional de la Ciencia). En lugar de crear una gran red universitaria, la alternativa fue crear redes regionales y dejar a las universidades la responsabilidad de conectarse a sus proveedores regionales, que estuvieran conectados a NSFnet. La conexión de la NSFnet a las redes ARPANET y MILNET se hizo utilizando el protocolo TCP/IP.

Cabe resaltar que el aspecto más importante del esfuerzo de conectividad de la NSF fue el hecho de permitir a todos el acceso a la red. La NSF promovió el acceso a las instituciones educativas, financiando conexiones a las universidades únicamente si éstas tenían un plan para permitir el acceso en la zona. De esta manera, toda persona que estuviera inscrita podría ser usuario de Internet.

Dada la necesidad de tener una organización y control de las computadoras que ingresaban a la red, se creó el Sistema de nomenclatura de dominios *DNS* (Domain Name System). El DNS es un método para administrar nombres distribuyendo en diferentes grupos la responsabilidad de subconjuntos de nombres, en otras palabras, es un nivel de organización dentro de Internet.

Paralelamente al incremento de usuarios empiezan a surgir problemas en la red, como en 1988 con el caso del gusano de Internet (Internet Worm), *virus* que aprovechaba un error en el código de los programas de correo electrónico, afectando a 6,000 de las 60,000 computadoras conectadas a Internet. Hasta el momento los virus son un dolor de cabeza para todo aquel que reciba información proveniente de la red, ya que son causantes de pérdidas de información y daños físicos de la computadora.

Por lo anterior, la DARPA (Defense Advanced Research Project) crea el CERT (Computer Emergency Response Team: Equipo Responsable en Emergencias de Cómputo) el cual ofrece recomendaciones y alertas en caso de problemas dentro de la Red.

En 1989, México ingresa a Internet a través de NSFnet, contándose con la red BITNET permitiendo a los miembros de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) y del ITESM (Instituto Tecnológico de Monterrey) tener acceso a los recursos existentes en Estados Unidos y el resto del mundo.

La importancia de Internet hasta éste momento comienza a revelarse, ya que empieza a ser visto como único medio de comunicación sin censura ni restricciones.

Ejemplo de ello, son los sucesos políticos que aprovechan la nueva tecnología de redes para enviar y recibir información o simplemente divulgarla, por ejemplo, en la guerra del Golfo Pérsico. La cantidad de hosts para este año ya supera los 100,000.

1.1.5 Década de los 90's

A principio de los años noventa, se implementan herramientas que catalogan y facilitan el acceso a Internet , como son:

- Archie: Para la búsqueda de archivos accesibles mediante FTP (File Transfer Protocol). Creado por Peter Deutsch, Alan Emtage y Bill Heelan de McGill.
- Hytelnet: Un catálogo de recursos y bibliotecas en línea accesibles mediante *telnet* (terminal remota). Creado por Peter Scott en la Universidad de Saskatchewan.
- Gopher: Programa que permite ver la información a través de menús. Creado en 1991 por Paul Linder y Mark P. McCahill en la Universidad de Minnesota.
- VERONICA (Very Easy Rodent Oriented Netwide Index to Computerized Archives): Herramienta de búsqueda en el entorno Gopher. Creado por la universidad de Nevada.

Una de las tecnologías más importantes en Internet es la World-Wide-Web (WWW) (creada en 1991 por Tim Berners miembro de CERN (European Organization for Nuclear Research), la cual permite un acercamiento más fácil a través de *hipertexto* a los recursos de Internet.

El crecimiento de la red se vuelve exponencial y Mosaic (un explorador de Internet desarrollado en la Universidad de Illinois Urbane-Champagne) es el primero en aprovechar la gran capacidad del WWW, teniendo un crecimiento anual de 341 634% en número de usuarios de esta herramienta en contraste con Gopher que crece a una tasa del 997%.

La WWW supera a telnet y se transforma en el segundo servicio más popular de la Red basándose en el porcentaje de flujo y distribución de paquetes de bytes de la NSFnet.

Ahora bien, en 1992 aparece la máxima autoridad sobre la que descansa Internet : La sociedad de Internet ISOC (Internet Society).

La ISOC es una sociedad de membresía voluntaria cuyo propósito es promover el intercambio de información a nivel global mediante el uso de la tecnología de Internet. Ésta designa a una especie de Consejo cuya responsabilidad consiste en la administración técnica y la dirección de Internet.

Algunos integrantes de ISOC forman un grupo llamado Consejo de Arquitectura de Internet (IAB : Internet Architecture Board). El IAB se reúne para aceptar estándares y establece las reglas para la asignación de recursos. Cuando se requiere un estándar, se considera el problema, se establece un acuerdo para el estándar y se anuncia a través de la red.

Por otro lado, los usuarios de Internet también pueden expresar sus opiniones a través de las reuniones del Grupo de Trabajo de Ingeniería en Internet (IETF: Internet Engineering Task Force).

El IETF es otra organización voluntaria que se reúne con regularidad para discutir problemas operacionales y técnicos a corto plazo. Cuando considera que un problema amerita atención, el IETF define un grupo de trabajo para realizar una investigación a fondo. Dichos grupos tienen funciones diversas, que van desde la producción de documentos hasta la decisión de cómo deben operar las redes cuando se presentan problemas. Un grupo de trabajo generalmente integra las recomendaciones en un reporte.

El tipo de recomendación puede consistir solamente en documentación que se pone a disposición de cualquier persona que lo necesite o puede ser enviada al IAB para evaluar si se le considera un estándar.

Antes de 1995, la NSFnet formaba una gran parte del *backbone* de Internet y el acceso a ella estaba restringida para el trabajo en la educación e investigación, siendo esto una restricción para la Internet comercial. Discretamente, la red de la NSF fue decomisada y retirada de su servicio.

Poco tiempo después la NSF anuncia su plan de desarrollo de una red de la siguiente generación que podría correr a muy altas velocidades. El resultado de este esfuerzo es el servicio de red backbone de muy alta velocidad denominada vBNS (very high-speed Backbone Network Service), un heredero directo de la NSFnet.

Por otro lado, la guerra de navegadores, principalmente entre Netscape (con su programa Netscape Navigator) y Microsoft (con el programa Internet Explorer), da origen a una nueva era en desarrollo de programas. La competencia entre ambas empresas ha originado nuevos métodos de prueba de sus productos, por ejemplo, el sacar versiones trimestralmente en modos de prueba denominadas *beta*, que con la ayuda de los usuarios saben los errores que el programa tiene así como su aceptación en el mercado.

El comportamiento legal de los individuos ante Internet preocupa a los gobiernos y se empiezan a tomar medidas enérgicas en contra de personas que realizan, según ellos, actos indebidos dentro de ella. Tal es el caso de Richard White, que se transforma en la primera persona en ser declarada "munición", de acuerdo con las leyes de control de armas de los Estados Unidos, debido a una programa de codificación de seguridad que se encontraba tatuado en su hombro ⁶, o el caso del estudiante de 22 años de edad de la UNAM acusado por el ex secretario de gobernación Jorge Carpizo de amenazar con introducir un virus en el sistema del IFE (Instituto Federal Electoral) ⁷.

En México, el Ejército Zapatista de liberación Nacional (EZLN), lanza su propia página en Internet, la cual contiene información acerca de su movimiento indígena, siendo así el primer movimiento guerrillero en darse a conocer a nivel internacional vía Internet.

Otro caso se da en China, donde se enjuicia a Lin Hai por "incitar al derrocamiento del gobierno" al proporcionar 30 000 direcciones de correo electrónico a una revista de Internet Estadounidense. Estos son unos ejemplos de la repercusión que ha tenido Internet en el área político - social a nivel internacional.

⁶ <http://www.isoc.org/zakon/Internet>

⁷ "El impacto de las nuevas tecnologías". El Financiero. Sección Cultural. 30 de mayo de 1995

En 1997 se da a conocer el proyecto estadounidense denominado Internet2 (I2) que se refiere a la creación de una nueva red dedicada a la investigación y despliegue de redes de alta velocidad y aplicaciones avanzadas. Dicho proyecto es el tema principal del presente trabajo de investigación.

Para finales de la década de los noventa surge lo que denominados *comercio electrónico*. Dicha tecnología (como veremos más adelante) establece un nuevo paradigma económico-social a nivel mundial.

1.1.6 Nuestros días

En el año 2001, ya tenemos millones de máquinas conectadas entre sí por medio de miles de redes.

Internet, como hemos visto, ha influido significativamente en la vida diaria de los seres humanos, creando nuevas formas de expresión en los ámbitos económico, político y social. Sólo hay que ver los resultados que las estadísticas a nivel mundial arrojan sobre la penetración que Internet ha generado en los hogares, teniendo a la cabeza a los Estados Unidos con más de 52 millones de hogares conectados (49.9 % de la población norteamericana). El Reino Unido es el líder en Europa con el 31.2% de su población conectado a Internet, lo que representa 7.3 millones de hogares.⁸

La Tabla 1.1, brinda un panorama general del uso de Internet en diferentes países.

	Días Conectado	Páginas desplegadas	Duración por conexión (hrs)	Usuarios por género	
				Hombres	Mujeres
EUA	12.2	1245.5	11.2	52.4%	47.6%
Alemania	10.2	944.4	6.4	65.9%	34.1%
Reino Unido	9.9	780.4	5.6	59.7%	40.3%
Francia	9.1	780.4	5.6	59.7%	40.3%
México	8.4	797.1	7.6	59.0%	41.0%

Tabla 1.1 Uso de Internet en diferentes países.

Las expectativas en un futuro están puestas en el desarrollo de nuevas tecnologías de redes de alto rendimiento así como en aplicaciones avanzadas, que sin sustituir a la Internet actual de forma inmediata, buscarán solucionar sus carencias y problemas que por diversos factores presenta actualmente.

Con el desarrollo de Internet2, tenemos a nuestro alcance una serie de herramientas que nos permitirán investigar dichas tecnologías, utilizando nuevos protocolos que nos brindarán una mayor seguridad en el envío y recepción de la información, así como la asignación de prioridades de tráfico y rápidos tiempos de respuesta, volviendo al trabajo en Internet una herramienta simplemente necesaria para el desarrollo de la cultura del ser humano.

⁸ "La ruta del dinero". El Reforma. Sección Negocios. 8 de noviembre del 2000

1.2 Historia de Internet en México

Tras la creación de la National Science Foundation (NSF), organismo descentralizado del gobierno de los Estados Unidos, la participación de las universidades e instituciones comerciales tanto nacionales como extranjeras, se expandió considerablemente gracias a las nuevas políticas determinadas por la NSF como nuevo administrador de lo que fuera ARPANET.

Gracias a esa apertura, el 28 de febrero de 1989, el Tecnológico de Monterrey Campus Monterrey se convirtió en la primera institución mexicana que logró establecer un enlace a Internet, a través de una línea analógica privada de cinco hilos de 9600 bits/s. El acceso a Internet se estableció por medio de un enlace hacia la Escuela de Medicina de la Universidad de Texas (UTSA), en san Antonio E.U. En ese mismo año, el ITESM ya disponía de tres líneas de acceso.

Sin embargo, antes de que el ITESM se conectara a Internet, recibía el tráfico de BITNET por la misma línea privada. Dicha institución era partícipe de BITNET desde 1986 y sus conexiones se hacían a través de líneas conmutadas. El lazo permanente de esta institución se logra hasta el 15 de junio de 1987 (a BITNET y posteriormente a Internet).

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se conecta a BITNET en octubre de 1987 conformando un segundo nodo entre el Instituto de Astronomía de la UNAM y el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR) de Boulder, Colorado, Estados Unidos. Ese enlace digital se estableció vía satélite a 56 kbps.

La tercera institución que consiguió conectarse a Internet fue el ITESM Campus Estado de México a través del NCAR y al igual que la UNAM, obtiene un enlace satelital digital.

En 1990 otros centro educativos se conectan a la red : Universidad de las Américas, ITESM de Occidente, Universidad de Guadalajara (UDG), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y la Secretaría de Educación Pública (SEP).

En 1991, los servicios que se ofrecían en la red eran : Telnet (acceso remoto), FTP (File Transfer Protocol) y el correo electrónico. Al año siguiente se incluye Gopher y para 1994 se disponía de Verónica, recurso de búsqueda en Gopher.

El 20 de enero de 1992, surge MEXNET, asociación civil que promueve la discusión sobre las políticas, estatutos y procedimientos que habrían de regir y dirigir el camino de la organización de la red de comunicación de México.

Las instituciones que participan en MEXNET son : El ITESM, la Universidad de Guadalajara, la Universidad de las Américas , el ITESM de Occidente, el Colegio de Posgraduados, el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, el Centro de Investigación de Química Aplicada, la Universidad de Guanajuato, la Universidad

Veracruzana, el Instituto de Ecología, la Universidad Iberoamericana y el Instituto Tecnológico de Mexicali.

En la península de Baja California, ubicada en el noroeste de México, se desarrolló una asociación relativamente similar a MEXNET : BAJARED . En la creación de ese organismo exclusivamente intervinieron instituciones educativas localizadas en esa región, como el Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS), el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), el Colegio de la Frontera Norte (COLEF) y el Instituto Tecnológico de Mexicali.

El 1º de junio de 1992 MEXNET estableció una salida digital de 56 kbps al Backbone de Internet. Ese mismo año otras instituciones educativas también se integraron a MEXNET, entre ellas el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad Panamericana (UP) y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). En 1993 también se incorporaron la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y la Universidad Autónoma de Puebla (UAP).

Al igual que en la Unión Americana, en nuestro país las principales instituciones de educación superior fueron las primeras en enlazarse a Internet, la mayoría hasta 1994.

En 1994 se crea Red UNAM, primer abastecedor de servicios a Internet con el fin de comercializar el servicio. Para el mismo año, CONACYT y MEXNET forman la Red Nacional de Tecnología (RNT), que tenía un enlace E1 (2 megabits por segundo). También en ese periodo Internet se abre al uso comercial en nuestro país. La responsabilidad de la administración de RNT en México correría a cargo de Infotec (Información tecnológica: organismo de la SEP-CONACYT) el cual ofrece líneas y renta el servicio. En este año Internet se abre a nivel comercial en nuestro país.

El uso de la red de redes hasta entonces se encontraba prácticamente reservado a las instituciones educativas y los centros de investigación. De esa forma, entre 1994 y 1995 se creó un backbone nacional al cual se incorporaron varias instituciones educativas y las primeras empresas mexicanas interesadas en Internet ,como ejemplo la empresa PIXELnet, primera en tener un servidor conectado a la red.

A partir de 1995 dió inicio lo que puede considerarse segunda etapa del desarrollo de Internet en México.

En octubre de ese año el número de dominios *.com.mx* ascendió a 100, rebasando por primera vez y de forma irreversible el número de dominios *.edu.mx* asignados a las instituciones educativas. Un mes después se nombra oficialmente al ITESM como Centro de Información de Redes en México (NIC-México), instancia responsable de administrar y coordinar los recursos de Internet de México. Desde entonces es el encargado de asignar junto con la UNAM las direcciones IP y los dominios ubicados bajo *.mx* .

Respecto al registro de dominios comerciales *.com.mx*, éstos aumentaron mil por ciento en tan sólo nueve meses, porcentaje que se mantuvo en 1996. Los dominios de organismos gubernamentales *.gob.mx* pasaron de 30 a 67 en tan sólo seis meses. Estos dominios corresponden a instituciones como la Presidencia de la República, secretarías de Estado y gobiernos estatales.

Por estas fechas surge la Sociedad Internet, Capítulo México: una asociación internacional no gubernamental para la coordinación global y cooperación en Internet.

Es importante destacar el hecho que propició en todo el mundo el acelerado desarrollo de Internet en la década de los noventa: la eliminación de la restricción que obligaba a las instituciones interesadas a tramitar –con sus respectivos gobiernos– el permiso respectivo para tener acceso a la gran red . Al eliminarse tal requisito se registró (como efecto inmediato de la nueva disposición) una acelerada expansión de la red de redes, contribuyendo decisivamente al inicio de operaciones comerciales a través de Internet.

1.2.1 Internet en la actualidad

Lamentablemente, nuestro país sufre todavía de un analfabetismo informático ya que sólo el 9.3% de los hogares tienen una computadora. Dicho dato estadístico se obtuvo de los resultados del XII Censo General de Población y Vivienda que realizó el INEGI (Instituto nacional de Estadística, Geografía e Informática) ⁹.

Los datos presentados nos permiten ver los cambios que ha sufrido la población de nuestro país en una década. A manera de síntesis me permito brindar un panorama de nuestra situación en general, enfocándome en el área informática que es la que nos interesa:

- a) Somos la onceava nación más poblada del mundo (97 millones en el 2000)
- b) La mayoría de nuestra población es joven y su promedio es de 22 años
- c) La tasa de alfabetismo es de 90.3%
- d) Sólo 9.3% de los hogares mexicanos cuenta con una computadora.

A partir de lo anterior observamos que nuestro país ha tenido una cierta cobertura en el área educativa, ya que el promedio de años de estudio es actualmente de segundo de secundaria .

Con aproximadamente 2.2 millones de usuarios de Internet, México aún está lejos de aproximarse a los índices de información con que cuentan otros países , ya que el sector educativo continúa rezagado (sólo el 0.2% de los alumnos de educación pública básica tienen acceso en su escuela a computadoras).

⁹ "Padecé el país analfabetismo informático: sólo 9.3% de los hogares tienen computadora". La Crónica de hoy. Sección Negocios. 11 de noviembre del 2000

De acuerdo a los datos proporcionados por el Director Gral. del Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa (ILCE), al participar en el Decimosexto simposio internacional de computación en la educación "sólo siete mil de un total de 123 mil escuelas de instrucción primaria y secundaria que hay en el país cuenta con acceso a Internet, lo que evidencia la poca presencia de la tecnología en el sistema educativo nacional"¹⁰.

Según estos datos, se ha logrado que la mayor parte de los mexicanos sepan leer y escribir pero aún estamos muy lejos de alcanzar una cultura informática que nos permita entrar en esa "era de la modernidad" que tanto se pregona.

¹⁰ "Sólo 5.6% de primarias y secundarias del país tienen acceso a Internet". La Jornada. Sección Política. 7 de noviembre del 2000.

1.3 Historia de Internet en la UNAM

Cuando a principios de la década de los noventa el crecimiento y la asimilación en México de las nuevas tecnologías para la comunicación se veía lejana, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) inició la aventura de revolucionar las telecomunicaciones en el país y fue pionera en la aplicación de la fibra óptica para transmitir, indistintamente, voz, datos e imágenes.

La UNAM como institución de estudios superiores, proporciona y enriquece el conocimiento universal que requiere nuestra sociedad, de esta manera se convierte en pieza clave de nuestra estructura social, al llevar a cabo funciones sustantivas de investigación, docencia y difusión de la cultura.

La UNAM establece en 1987 la primera conexión a la Red Académica de Cómputo BITNET, mediante enlaces telefónicos, desde la Ciudad Universitaria hasta el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y de ahí hasta San Antonio, Texas en los EUA.

Posteriormente, la UNAM buscó consolidar su enlace a esa red internacional mediante la computadora IBM 4381, la cual sirvió como residencia del correo electrónico y otros servicios de BITNET. Dentro de este proceso se inició la conexión de terminales IBM con emulación 3270, estableciéndose además un enlace con la Red TELEPAC de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transporte) bajo la finalidad, nunca lograda, de brindar este servicio a nivel nacional.

No es hasta 1989 cuando la UNAM, mediante el Instituto de Astronomía, establece un convenio de enlace con la red de la National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos, el cual se realizó utilizando el satélite mexicano Morelos II.

La Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA), encargada de impulsar la cultura informática en todos los sectores de la sociedad, fundó la Dirección de Telecomunicaciones Digitales cuyo objetivo sería la creación de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM, la cual debería ser capaz de transmitir indistintamente voz, datos e imágenes entre las dependencias universitarias ubicadas desde Ensenada, B.C. hasta Puerto Morelos, Q. Roo.

A partir de ese momento se inició dentro de la UNAM una revolución en las comunicaciones, así como la adquisición masiva de computadoras personales y su conexión e intercomunicación en redes de área local, principalmente en las dependencias del subsistema de la investigación científica.

En 1990, la UNAM fue la primera institución en Latinoamérica que se incorpora a la red mundial Internet enlazando a millones de máquinas y decenas de millones de usuarios en todo el mundo.

La Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM se inaugura oficialmente en 1992 cubriendo a lo largo del tiempo los siguientes objetivos ¹¹:

Objetivos:

- Integrar a sus alumnos, desde el bachillerato hasta el posgrado, a la cultura informática, entendida esta como la integración del cómputo y las telecomunicaciones.
- Incorporar la enseñanza de la informática a los planes formales de estudio de todas las disciplinas y actualizarla periódicamente.
- Proporcionar a su personal docente y de investigación todas las herramientas de la tecnología informática para el desarrollo de sus actividades.
- Dotar a la institución de una moderna infraestructura de telecomunicaciones y cómputo.
- Utilizar esta herramienta como un factor de transformación profundo en su modelo de enseñanza aprendizaje.

Características:

- Transmisión indistinta de datos y video, mediante sistemas digitales basados en normas internacionales que rigen actualmente.
- Integración a la red de las principales instalaciones de la Universidad. Esto significa que a nivel bachillerato, licenciatura, posgrado e investigación, alrededor del 95% de sus miembros se encuentran en instalaciones cubiertas por la red, en varias regiones del país.
- El sistema está conformado por 32 nodos operacionales de telefonía enlazados entre sí mediante fibra óptica, enlaces satelitales y de microondas.
- Posee una infraestructura instalada para 13,000 servicios telefónicos alimentados por 2,400 troncales digitales conectadas vía fibra óptica con las centrales telefónicas públicas.

Es importante destacar que la Red Integral de Telecomunicaciones es completamente privada y propiedad de la UNAM, operada en su totalidad por personal de la Dirección de Telecomunicaciones.

La estrategia de la UNAM en los noventa, como lo menciona Víctor Guerra Ortiz, titular de la DGSCA, fue "promover Internet y hacerla el lenguaje de la comunicación en

¹¹ <http://www.dgsca.unam.mx>

México. Ya lo es. Ahora lo que tenemos que modelar, en lo que tenemos que ser visionarios, es en la utilización de Internet para el desarrollo del país¹².

La UNAM, fue la primera en ofrecer el servicio de Internet a nivel comercial. El servicio de Internet es uno de los recursos más utilizados por los investigadores de la UNAM, la cual ofrece el servicio a Universidades públicas del interior de la República, así como a universidades públicas y privadas en el D.F. y área metropolitana.

En junio de 1997 la infraestructura de telecomunicaciones tenía más de 15,000 computadoras conectadas a la Red de datos, más de 10,000 líneas del sistema telefónico digital, 20 salas de videoconferencia y 5 enlaces internacionales con capacidad de transmisión de 10 Mbps para la conexión a Internet.

La operación de la Red Integral de Telecomunicaciones con una plataforma de *backbone*, basada en la tecnología ATM da inicio en la primera semana del mes de agosto de 1997. Por ello, la UNAM consolida su liderazgo tecnológico al contar con la red educativa ATM de telecomunicaciones más grande de América Latina. En esa fecha sólo se envía tráfico de datos. En la segunda quincena del mes de octubre se incorpora el tráfico de voz y videoconferencia.

La universidad fue una de las primeras instituciones del mundo que unió las comunicaciones con el cómputo. Tiene un sistema descentralizado con cerca de 26 conmutadores que se localizan dentro de las salas de cómputo con fibras ópticas y con una sola infraestructura.

La convicción que tiene la UNAM en cuanto al uso y desempeño de las redes informáticas, es el de dar un uso a la información con fines productivos, educativos y políticos.

¹² "La DGSCA de la UNAM, pionera y líder del campo informático en México". La Jornada. Sección Sociedad y Justicia. 3 de octubre del 2000

C APÍTULO 11

Características generales de Internet2

2.1 ¿Qué es Internet2 ?

Internet 2 es una red de cómputo con capacidades avanzadas separada de la Internet comercial actual. Su origen se basa en el espíritu de colaboración entre universidades de Estados Unidos de América y su finalidad es desarrollar tecnología y aplicaciones avanzadas que complementen la misión de investigación y educación de las instituciones de educación superior, además de ayudar en la formación de personal capacitado en el uso y manejo de redes avanzadas de cómputo.

Internet2 (también conocida como I2) es un proyecto colectivo que nace a finales de 1996 con la unión de un grupo de Universidades de los EUA, socios empresariales y gubernamentales para acelerar conjuntamente la próxima etapa del desarrollo de Internet.

El proyecto concentra su atención para el desarrollo de una nueva familia de aplicaciones avanzadas con un objetivo principal: desarrollar la próxima generación de aplicaciones telemáticas para facilitar las misiones de investigación y educación de las universidades.

Sus objetivos principales son¹:

- Crear una nueva capacidad en redes para brindar comunicación entre la comunidad de investigación de los Estados Unidos.
- Desarrollar aplicaciones avanzadas para Internet.
- Asegurar una transferencia rápida de los servicios y aplicaciones de la nueva red para la comunidad de Internet.

Hasta la fecha, I2 reúne a más de 180 universidades en los Estados Unidos. En cada universidad existen equipos de desarrolladores e ingenieros que trabajan para desarrollar y hacer posibles las aplicaciones de Internet2.

Las universidades de punta consideran las telecomunicaciones avanzadas como algo crítico para sus misiones de investigación y educación. Internet2 proporciona el marco para un trabajo común en estas áreas. De forma simultánea, el proyecto hará avanzar los límites de las redes multimedia de banda ancha y ayudará a satisfacer las crecientes necesidades productivas de las universidades miembro.

I2 está colaborando también con empresas del sector telemático y con organizaciones sin ánimo de lucro para asegurar que los resultados se utilicen para mejorar todas las redes telemáticas, incluyendo la de Internet que existe actualmente.

¹ <http://www.internet2.edu/html/about.html>

2.2 La misión de I2

La misión del proyecto Internet2 es "facilitar y coordinar el desarrollo, despliegue, funcionamiento y transferencia de tecnología de servicios y aplicaciones de red avanzados con el fin de ampliar el liderazgo de los Estados Unidos de América en el campo de la investigación y de la educación superior, y acelerar la disponibilidad de nuevos servicios y aplicaciones en Internet. Esta tarea se llevará a cabo en asociación con organismos de la Administración Federal y de los Estados (N. del T.: de los Estados que componen los EE.UU.) y con empresas del sector de las Tecnologías de la Computación, de las Telecomunicaciones y de la Información"².

El proyecto de Internet2 surge ante la necesidad de las Universidades de los Estados Unidos de América (EUA) de crear una red con capacidades necesarias para dar soporte a una investigación de alto nivel mundial dentro de su comunidad nacional de investigación.

Los esfuerzos de desarrollo de la red se dirigen a la creación de una nueva generación de aplicaciones que exploten totalmente las capacidades de las redes de gran ancho de banda (integración de medios, interactividad, colaboración en tiempo real, etc.) .

Este trabajo es esencial si se desean satisfacer nuevas prioridades en la educación superior que den soporte a objetivos de investigación, educación a distancia, aprendizaje continuo y planes similares a nivel nacional .

Hasta el momento, a través de los Grupos de Trabajo y las iniciativas, los miembros de I2 están colaborando en las siguientes áreas:

1. Aplicaciones avanzadas.
2. Infraestructura de red avanzada.
3. Nuevas capacidades para el trabajo en red.
4. Sociedades y alianzas.

² <http://www.internet2.edu>

2.3 Participantes en el proyecto de Internet2

El ser miembro de Internet2 está abierto a Universidades, Corporaciones y organizaciones sin ánimo de lucro orientadas a la investigación. En consecuencia, una persona en forma individual, no puede ser considerada como miembro del proyecto I2.

Cada entidad es importante para el desarrollo e investigación de tecnología y aplicaciones avanzadas. A continuación explicaré en que consiste cada una de ellas.

2.3.1 Universidades miembro

Las universidades tienen una participación inigualable para jugar un papel protagonista en la consecución de los objetivos de I2 porque reúnen tanto la demanda de los tipos de aplicaciones que I2 desarrollará como la oferta de talento necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Las misiones de las universidades respecto a la investigación y educación de vanguardia, requieren una mayor colaboración de personas y de equipos hardware (estos son exactamente los tipos de tareas que I2 intenta hacer posibles), al mismo tiempo la conjunción de experiencia y talento sobre ordenadores y redes que se da en las universidades no tiene comparación. Las universidades han tenido una larga historia de desarrollo y utilización práctica de redes avanzadas de investigación. Esta combinación de necesidades y recursos ofrece un escenario ideal para el desarrollo de la próxima generación de redes informáticas.

En un encuentro celebrado en Chicago en Octubre de 1996, representantes de treinta y cuatro universidades acordaron unánimemente respaldar los objetivos del proyecto, comprometiéndose institucionalmente a encontrar los recursos necesarios para participar en él aportando los fondos iniciales para permitir la planificación de esfuerzos con el fin de continuar adelante de forma inmediata.

Desde ese momento, el número de centros universitarios en los Estados Unidos ha aumentado a más de ciento ochenta y se prevén aún más incorporaciones. La afiliación al proyecto implica los siguientes compromisos básicos institucionales³ :

- 1) Crear un proyecto para dar soporte al desarrollo de las aplicaciones y los servicios avanzados de red.
- 2) Establecer una conectividad a Internet de gran ancho de banda sobre una base punto a punto tan pronto como sea posible, con el fin de dar soporte al desarrollo, las pruebas y el uso de las aplicaciones.
- 3) Participar a nivel ejecutivo en la gestión global del proyecto.

³ <http://www.internet2.cdu/html/universities.html>

- 4) Proporcionar los recursos financieros necesarios para las actividades anteriores y para la gestión central y los gastos administrativos del proyecto.

Las universidades encabezan los esfuerzos de Internet2 para el desarrollo de nuevas capacidades de trabajo y aplicaciones avanzadas en red necesarias para ejercer la investigación y brindar la educación que requerimos para el nuevo siglo.

2.3.2 Miembros Corporativos

A fin de cumplir el objetivo de transferir la tecnología I2 a la generalidad de las redes y de aprovechar la enorme experiencia existente fuera de las universidades, I2 está trabajando con aquellas agencias y organismos de la Administración Federal y con las empresas privadas y organizaciones que tienen experiencia y conocimiento precisos para desarrollar redes telemáticas.

Estas organizaciones suministran a los miembros de I2 recursos y experiencia adicionales a las existentes en los centros universitarios. Más aún, ofrecen un canal al proyecto para conocer los asuntos y problemas que habrán de tenerse en cuenta para lograr que la tecnología I2 migre a redes comerciales.

Los miembros corporativos de Internet2 están comprometidos a colaborar en el desarrollo y despliegue de las aplicaciones avanzadas de Internet así como los servicios de la red de trabajo.

En las tablas 2.1, 2.2 y 2.3, se pueden observar los tres tipos de corporativos que participan en el proyecto Internet2, estos son: miembros corporativos, socios corporativos y patrocinadores corporativos ⁴.

⁴ <http://www.internet2.edu/html/corporate.html>

MIEMBROS CORPORATIVOS	
Accord Networks	Motorola Labs
Advanced Infrastructure Ventures	Multicast Technologies, Inc
Akamai Technologies	NEC Corporation
Apple Computer	Nippon Telegraph and Telephone
AppliedTheory Communications, Inc.	Nokia Research Center
Asta Networks	Pacific Internet Exchange Corporation
Bell & Howell Information & Learning	PaineWebber Incorporated
Blackboard, Inc	RADVision
Boeing Phantom Works	SeaChange International
C-SPAN	Siemens
Centro Studi E Laboratori Telecomunicazioni	Source Software Institute
Community of Science	Sprint
Deutsche Telekom	Tachyon.net
EBSCO Information Services	Telcordia Technologies
Eli Lilly Corporation	Telebeam, Inc.
Fujitsu Laboratories	Teleglobe Communications Corporation
Global Crossing	TeraBeam Networks
Hitachi	The Hartford Financial Services Group, Inc.
Impsat Fiber Networks	Velocita Corporation
J.P. Morgan	Verizon Communications
Johnson & Johnson	WorldPort Communications, Inc.
Juniper Networks	ZAMA Networks, Inc.
Media Station, Inc	ZUniversity
Medschool	

Tabla 2.1 Miembros Corporativos de Internet2.

SOCIOS CORPORATIVOS	
3Com	Marconi Communications
Advanced Network & Services	Microsoft Research
Alcatel	Nortel Networks
AT&T	Qwest Communications
Cisco Systems	SBC Communications
IBM Corporation	Spirent Communications.
ITC^DeltaCom	WCI Cable, Inc.
Lucent Technologies	WorldCom

Tabla 2.2 Socios Corporativos de Internet2

PATROCINADORES CORPORATIVOS	
Amnis Systems(formerly known as Optivision, Inc.)	Ericsson
Bell South	Foundry Networks
Baltimore Technologies	NEES Communications, Inc.
Cable & Wireless	Novell
Carrier Access Systems	Sun Microsystems
Compaq Computer	Amnis Systems(conocido como Optivision, Inc.)

Tabla 2.3 Patrocinadores Corporativos de Internet2.

2.3.3 Miembros Afiliados

Los miembros Afiliados, son organizaciones con un fuerte interés en cumplir los objetivos de Internet2. Por ejemplo, muchos miembros afiliados están llevando la dirección en el desarrollo de los gigapops de I2.

Las empresas y organizaciones que se adhieran al proyecto Internet2 como Miembros Afiliados estarán facultadas para designar un representante que asista a todos los encuentros abiertos del proyecto y para participar en ellos con el consentimiento del correspondiente responsable.

Estos miembros también recibirán información sobre el proyecto a través de una lista electrónica cerrada y tendrán acceso a las secciones del servidor Web del proyecto, reservadas solamente para socios. Además, se recomienda que suscriban acuerdos específicos sobre temas de interés común con Universidades que también participen en este proyecto.

Las organizaciones que deseen convertirse en Miembros Asociados deberán ser avaladas por al menos dos de las universidades miembro del proyecto Internet2. Estas organizaciones, al tener ciertas condiciones de trabajo en las áreas de interés del proyecto de I2 pueden llegar a pertenecer a lo que denominan "Sitios de Colaboración". Los miembros afiliados hasta el momento se muestran en la Tabla 2.4 ⁵.

MIEMBROS AFILIADOS EN ESTADO DE COLABORACIÓN	
Alliance for Higher Education	Ellemtel Utvecklings AB
Association of Universities for Research in Astronomy	Environmental Research Institute of Michigan
Desert Research Institute	Fraunhofer Center for Research in Computer Graphics, Inc.
European Center for Nuclear Research(CERN)	Illinois State University
Earth Resources Observations Systems (EROS) Data Center	Indiana Higher Education Telecommunication System
Howard Hughes Medical Institute	LANet
Jet Propulsion Laboratories	MCNC
NASA - Goddard Space Flight Center NASA - Marshall Space Flight Center	Merit Network, Inc.
National Institutes of Health	New World Symphony
National Oceanic and Atmospheric Administration - Boulder	NYSERNET, Inc.
National Oceanic and Atmospheric Administration - DC	
National Science Foundation	OARnet
Southwest Research Institute	OneNet
University Corporation for Atmospheric Research	PeachNet
Alabama Supercomputing Authority	Southeastern Universities Research Association
Army Systems Engineering Office	State University System of Florida
Bradley University	State University of New York (SUNY)
Department of Management Services	Survivors of the Shoah-Visual History Foundation
DePaul University	University of Missouri System
EDUCAUSE	University of North Carolina,

Tabla 2.4 Miembros Afiliados de Internet2 en estado de colaboración.

⁵ <http://www.internet2.edu/html/affiliates.html>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.3.4 Participación del Gobierno Federal de los Estados Unidos en Internet2

El gobierno federal de los Estados Unidos ha jugado un papel fundamental en el soporte del desarrollo de tecnologías clave, así como en la investigación de la próxima generación de tecnología e infraestructura de Internet, en colaboración con las universidades y la industria.

De hecho, el gobierno Federal tiene su propia iniciativa de Internet denominada "Iniciativa de la Próxima Generación de Internet (Next Generation Internet (NGI) initiative)". Sin embargo, varias agencias del gobierno que forman parte en la iniciativa NGI también están colaborando en el proyecto Internet2.

Más allá de coordinar la iniciativa NGI, la Oficina de Coordinación Nacional para la Computación, Información y Comunicaciones (NOC/CIC) de los E.U. , dirige muchos otros programas para el desarrollo e investigación de la tecnología informática, por ejemplo el programa denominado Tecnología Informática para el siglo XXI (*IT*²).

La iniciativa *IT*², fue propuesta por la administración del ex presidente de los E.U. Bill Clinton, la cual provee en mayor parte a las universidades, un incremento en los fondos para la investigación en las áreas de tecnología de la información, así como en la ingeniería de software, computación de alto rendimiento y aspectos socio-económicos de la tecnología.

2.3.4.1 Siguiete Generación de Internet (NGI)

La iniciativa NGI es un programa Federal (E.U.) multi-agencia, que desarrolla e investiga tecnologías de redes avanzadas y aplicaciones revolucionarias, demostrando su capacidad en evaluaciones de 100 a 1000 veces más rápidas de las que existen actualmente en Internet.

El programa NGI se enfoca en :

- 1) Desarrollo de infraestructura avanzada .
- 2) Desarrollo de aplicaciones avanzadas.
- 3) Investigación en tecnología que permita el uso de dicha infraestructura y aplicaciones avanzadas.

Las agencias Federales que participan en NGI son: DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), NSF (National Science Foundation), Departamento de Energía, NASA (National Aeronautics & Space administration), el Instituto Nacional para la Salud , NIST (National Institute of Standards and technology) y el DoD(Departamet of Defense) ⁶.

⁶ <http://www.internet2.edu/html/government.html>

Las áreas específicas en donde la NGI e Internet2 realizan un trabajo mutuo son:

- El uso de los gigapops para conectar a las redes NGI y otras redes Federales, incluyendo vBNS, la red de Investigación y Educación de la NASA (NREN), red de Investigación y Educación de Defensa (DREN) y la red del Departamento de Ciencias de la Energía (ESnet).
- Muchas de las investigaciones que realizan las universidades en cuanto a aplicaciones que requieren el uso de redes avanzadas son apoyadas por las iniciativas Federales incluyendo la NGI.
- La conexión a la red vBNS de la NSF, es una parte clave en el programa de la NGI, ya que dicha red ha conectado a las universidades miembro de I2.

Como Internet2, NGI también tiene socios corporativos. Unas 150 firmas de Silicon Valley proveen de hardware y software para el proyecto.

La diferencia principal entre la iniciativa NGI e I2, es que NGI es dirigida y se enfoca en las necesidades de las agencias federales, como el DoD, NASA, entre otras.

2.3.5 Participación internacional en el proyecto Internet2

Internet2 ha forjado asociaciones con diversas organizaciones similares alrededor del mundo. Estas organizaciones pueden ser universidades o instancias sin ánimo de lucro orientados al desarrollo e investigación de la tecnología y aplicaciones de redes avanzadas para el uso en la educación y la comunidad investigadora. Los miembros internacionales se muestran en las Tablas 2.5, 2.6 y 2.7.

Las entidades internacionales que pretendan participar en el proyecto de Internet 2 deberán:

- Representar a organizaciones similares (universidades, instituciones sin ánimo de lucro y cualquier otra organización de investigación).
- Estar comprometidas a cumplir objetivos similares al proyecto de Internet2.

Los objetivos de dichas relaciones internacionales son ⁷:

- 1) Asegurar una interoperatividad global en la siguiente generación de tecnología en redes.
- 2) Permitir la investigación de aplicaciones avanzadas en una escala global y difundir el conocimiento en el área educativa.

<http://www.internet2.edu/html/international.html>

Ahora bien, los documentos en donde Internet2 formalmente se vincula con organizaciones internacionales semejantes se denomina "Memorandum of Understanding" (MoU).

Un MoU es un documento en el cual se firma un acuerdo mutuo entre Internet2 y la organización. Comúnmente se incluye:

- a) Interconexión física entre Internet2 y la organización.
- b) Colaboración en el desarrollo de tecnología y aplicaciones avanzadas.
- c) Promoción de la tecnología a la comunidad educativa y al mercado comercial.

Miembros Asociados Internacionales

AMERICA
CANARIE (Canadá)
CUDI (México)
REUNA (Chile)
RETINA (Argentina)
RNP2 (Brasil)
SENACYT (Panamá)

Tabla 2.5 Miembros del continente americano

ASIA PACIFICA
AAIREP (Australia)
APAN (Asia-Pacific)
APAN-KR (Korea)
CERNET, CSTNET, NSFCNET (China)
JAIRC (Japan)
JUCC (Hong Kong)
SingAREN (Singapore)
TAnet2 (Taiwan)

Tabla 2.6 Miembros de Asia pacífica.

EUROPA / ESTE MEDIO	
ARNES (Slovenia)	INFN-GARR (Italy)
BELNET (Belgium)	Israel-IUCC (Israel)
CARNET (Croatia)	NORDUnet (Nordic Countries)
CESnet (Czech Republic)	POL-34 (Poland)
DANTE (Europe)	RCCN (Portugal)
DFN-Verein (Germany)	RedIRIS (Spain)
GIP RENATER (France)	RESTENA (Luxembourg)
GRNET (Greece)	Stichting SURF (Netherlands)
HEAnet (Ireland)	SWITCH (Switzerland)
HUNGARNET (Hungary)	TERENA (Europe)
	JISC, UKERNA (United Kingdom)

Tabla 2.7 Miembros de Europa y Este medio

Como hemos visto, I2 es una red de investigación y educación que une a equipos pertenecientes a las instituciones que son miembros del proyecto. Por ello no es posible conectarse a Internet2 de la misma forma que una persona se conecta a Internet a través de un proveedor de servicios Internet o de la red de una empresa.

I2 no es simplemente una red independiente o privada que requiere una conexión telefónica normal. No ofrece enlaces a aplicaciones como el WWW o el correo electrónico. Sin embargo, los avances que I2 consiga se aplicarán pronto a la gran mayoría de las redes telemáticas, incluida Internet, donde las aplicaciones y los equipos surgidos de I2 transformarán la forma en la que la gente se desenvuelve en su ambiente social.

2.4 Gestión del proyecto de Internet2

Los participantes en el proyecto I2, están incorporados a una organismo sin ánimo de lucro denominado UCAID (University Corporation for Advanced Internet Development), el cual se formó en septiembre de 1997 con el objetivo de proveer soporte y servicios administrativos para el proyecto. Está dirigido por un Comité de Dirección compuesto por representantes de sus miembros.

La UCAID realiza juntas entre sus miembros periódicamente en donde se discuten la creación de aplicaciones y herramientas para redes de alta velocidad. Los participantes también discuten las técnicas de programación que se usarán en dichas aplicaciones.

A pesar de que parte del dinero para llevar a cabo el proyecto proviene del gobierno federal, las universidades son las que deciden la dirección que la investigación tomará. Para mantenerse como miembro de I2, cada institución en el año 2000 tenía que pagar una cuota anual de aproximadamente \$10,000 a \$25,000 dólares. Las instituciones invierten por lo menos \$500,000 dólares cada año que participan en el proyecto.

2.5 Diferencias entre Internet2 y la Internet actual

Existen dos características principales que diferencian a Internet2 de la Internet actual, estas son:

- 1) Las redes de I2 serán mucho más rápidas
- 2) Las aplicaciones que se desarrollen utilizarán todo un conjunto de herramientas de red que no existen actualmente.

Unas de las principales herramientas para el desarrollo de I2 es la denominada Garantía de Calidad de Servicio (QoS : *Quality of Service guarantees*) y el protocolo Ipv6. Dichas herramienta se explicarán con mayor detalle en el Capítulo III.

2.5.1 Internet vs Internet2

Internet2 no substituirá a la Internet actual ni tiene como objetivo construir red nueva alguna. Mejor dicho, la meta de la Internet2 es unir a las instituciones con los recursos para desarrollar nuevas tecnologías y posibilidades que pueden desplazarse dentro de la Internet global. Las universidades mantendrán y continuarán teniendo un crecimiento sustancioso en el uso de las conexiones existentes de Internet que podrán seguir obteniendo de sus proveedores comerciales.

Internet2 usa las redes nacionales norteamericanas existentes: la *vBNS* (*National Science Foundation's very high speed Backbone Network Service*) y la red Abilene.

En último término, I2 utilizará otras redes de alta velocidad para conectar a todos sus miembros entre sí y con otras organizaciones de investigación. Parte de la misión de Internet2 es asegurar que tanto la tecnología hardware como software se basen en estándares abiertos y que pueda ser adoptada por otros, incluidas las redes comerciales y los proveedores de servicios Internet (PSIs).

I2 no substituirá a los servicios actuales de Internet, ni para los miembros del proyecto, otras organizaciones o personas particulares. Las instituciones miembro se han comprometido a utilizar los servicios Internet existentes para todo el tráfico de red que no se relacione con I2. Las otras organizaciones y personas seguirán utilizando los servicios Internet que hoy suministran los proveedores comerciales, tales como correo electrónico y la *World Wide Web*.

Internet2 proporcionará los medios para demostrar que la próxima generación de aplicaciones e ingeniería avanzadas en redes pueden utilizarse para contribuir al progreso de las redes existentes.

C APÍTULO III

Análisis de la tecnología de Internet2

3.1 Estructura organizativa del proyecto Internet2

Para que una iniciativa como Internet2, donde intervienen un gran número de universidades de los Estados Unidos (E.U.) e internacionales y miembros corporativos, pueda llevarse a cabo, ente todo debe existir una gran administración y sobre todo organización.

Como hemos visto, Internet2 y sus miembros identifican, desarrollan y evalúan tecnologías y servicios avanzados en redes. Los esfuerzos de la ingeniería de Internet2 están generalmente organizados en Grupos de Trabajo (WG: Work Groups) , los cuales persiguen tecnologías de punta y proyectos regularmente interdisciplinarios. El trabajo común que se realiza incluye el identificar estándares e implementar evaluaciones para establecer su viabilidad y refinamiento en los centros universitarios, GigaPoPs y backbones.

3.1.1 Grupos de Trabajo de Internet2

Los Grupos de trabajo están divididos en 7 áreas de investigación estas son:

- IPv6 en I2
- Calidad de Servicio (QoS) en I2
- Encaminamiento en I2
- Dimensiones de I2
- Multidifusión en I2
- Seguridad en I2
- Topología de I2

1. Grupo de Trabajo IPv6 (Protocolo de Internet versión 6)

El grupo de Trabajo IPv6 está enfocado en como IPv6 permitirá a Internet2 cumplir sus objetivos. Proporciona y coordina el despliegue de IPv6 a través de la infraestructura de I2.

En los últimos 2 años, el WG ha tenido éxito en implementar IPv6 en la infraestructura Abilene, integrándola con otras redes que usan IPv6.

Las actividades del grupo de Trabajo se dividen en tres diferentes áreas.

- El área de Ingeniería / operacional , organizada para construir y operar la red nacional IPv6 como una parte efectiva de la infraestructura de I2 .
- El área educativa, cuyo objetivo es brindar a los ingenieros de los centros universitarios la información que necesiten para desarrollar y dar soporte a IPv6.

- El área de motivación, cuyo objetivo es realizar aclaraciones cuando existan diferencias de opiniones en cuanto a la estrategia y términos prácticos de IPv6 para el uso de la comunidad de I2.

Actualmente continúan los esfuerzos para construir, desplegar y operar la infraestructura IPv6 en los E.U. Actividades específicas en ésta área incluyen:

- El lanzamiento del software para ruteadores, el cual integra al backbone los ruteadores del GigaPoP. Esta es una actividad operativa encargada por Abilene NOC.
- Trabajar con la comunidad vendedora para evaluar sus implementaciones de IPv6 tanto en ruteadores como en hosts.
- Incrementar el despliegue de IPv6 en los GigaPoPs de I2. Esto es, tener a todos los GigaPoPs conectados para finales del año 2001.
- Explorar la viabilidad del despliegue de IPv6 multidifusión.
- Formar equipos de investigación que envuelvan a varias universidades para investigar temas específicos de IPv6. Esto incluiría herramientas de evaluación y estrategias, así como el estudio de compatibilidad entre las redes con IPv6 e IPv4.
- Investigar las ventajas de IPv6 a el proyecto de Internet2 extremo-a-extremo (E2E).
- Desarrollar una guía técnica que los miembros puedan usar para desplegar IPv6 en sus campus (centros universitarios). Algunos temas incluirán como configurar ruteadores, hosts y como utilizar herramientas de despliegue.

2. Grupo de Trabajo QoS (Calidad de Servicio)

La misión del Grupo de Trabajo QoS es apoyar el desarrollo y despliegue de las aplicaciones de redes avanzadas a través del uso de la diferenciación del tráfico IP. El Grupo de Trabajo se enfoca en dos propuestas para aplicar la diferenciación de tráfico en la red.

- a) La primera propuesta que el grupo de trabajo explora, reconoce que mientras nuevas aplicaciones requieren grandes anchos de banda, otras tienen diferentes expectativas cualitativas del desempeño de la red. En particular, ciertas aplicaciones necesitan gran seguridad de la red en ciertos parámetros de transmisión E2E bien definidos. En este modelo, existe un convenio entre una aplicación y la red. La aplicación está de acuerdo en producir una carga con un perfil de tráfico bien especificado y, en su caso, la red acepta transmitir los paquetes a su destino tomando en cuenta los errores que puedan existir por ejemplo retardos, pérdidas de paquetes, etc.

- b) La segunda propuesta que el grupo de trabajo explorará es el uso de diferenciación relativa para dar a diferentes aplicaciones o usuarios, dos o más clases de servicio (CoS) teniendo diferentes niveles de desempeño. El despliegue de estos mecanismos podrán soportar herramientas técnicas de ingeniería que serán usadas para brindar los mejores esfuerzos de servicio y así, conocer las aplicaciones que se necesitan. Las redes de I2 acarrean un espectro amplio de tráfico que varía de acuerdo al desempeño de la red (p.e. el uso remoto de instrumentos científicos contra el intercambio de archivos de música).

Una contribución importante que el Grupo de Trabajo ha hecho es la creación de la iniciativa y arquitectura de Qbone, teniendo las siguientes características:

- Especifica los requerimientos que una red de I2 necesita para tener un dominio Qbone.
- Especifica el Qbone Premium Services (QPS).
- Define la idea de la reservación de un QPS.
- Especifica un conjunto común de prácticas operativas y procedimientos que serán seguidas por los operadores de red cuando pidan y respondan a una petición de reservación.

3. Grupo de Trabajo de Encaminamiento en I2 (I2rwg)

Este Grupo de Trabajo realiza investigaciones relacionadas con el encaminamiento entre los sitios conectados con la infraestructura de Internet2. A el I2rwg le concierne el enrutamiento entre redes backbone de Internet2, redes de tránsito semejantes, GigaPoPs y centros universitarios. Desarrolla pólizas y recomendaciones de procedimiento en soporte de escalamiento y funcionalidad de encaminamiento dentro de este campo.

El I2rwg tiene dos líneas de investigación ¹:

1. Encaminamiento explícito (Explicit Routing: ER)
2. Registro de encaminamiento de I2 (I2 routing registry: I2db)

El NOC tiene la responsabilidad de implementar las normas determinadas porUCAID en lo referente a la configuración de los ruteadores en Abilene.

¹ <http://www.internet2.edu>

4. Grupo de Trabajo Dimensiones de Internet2

El WG Dimensiones de I2 está encargado en desarrollar una Arquitectura uniforme para toda la infraestructura de I2. Dicha arquitectura debe :

- Soportar ingeniería para una nueva infraestructura.
- Analizar el desempeño E2E.
- Verificar el desempeño de QoS.
- Garantizar el uso de la infraestructura I2 para ayudar a las labores de investigación.

La arquitectura será desarrolla en una serie de recomendaciones técnicas, basadas en la experiencia actual de los miembros del grupo. El grupo de trabajo también es un forum que realiza recomendaciones técnicas en el uso de las dimensiones a través de I2.

5. Grupo de Trabajo Multidifusión en Internet2

El WG está enfocado en el despliegue de la comunicación en la infraestructura de I2, incluyendo backbones, conectores, GigaPoPs e instituciones miembro. Con una infraestructura multidifusión estable, I2 ofrece a sus miembros la oportunidad de desarrollar, evaluar y desplegar aplicaciones basadas en ésta tecnología, las cuales se explican con mayor profundidad en el Capítulo IV.

6. Grupo de Trabajo de Seguridad en I2

Este WG examina y busca resolver problemas de seguridad en redes para la comunidad de I2. Sus objetivos más importantes son:

- Desarrollar normas y procedimientos que permitan el trabajo seguro en la red para las Instituciones I2 y la UCAID.
- Crear un servidor web que brinde a la comunidad de I2 documentación y recursos que promuevan una mejor seguridad.

7. Grupo de Trabajo Topología de I2

Este grupo de trabajo está involucrado en la conectividad de la infraestructura de I2 y otras redes semejantes en los E.U. e internacionales. Tiene una gran consideración en las tecnologías de interconexión que están siendo desarrolladas. También interviene en las necesidades topológicas de los servicios avanzados que el proyecto realiza, desarrolla recomendaciones y brida asesorías para tener las interconexiones con ubicaciones y tecnologías óptimas.

Ahora bien, para realizar conexiones entre los backbones I2 y las redes semejantes estadounidenses e internacionales, se necesita entender las ventajas y desventajas de conectar redes con bases tecnológicas diferentes, esto incluye:

- Conmutadores ATM

- Gigabit Ethernet, que existe en la conexión entre las redes Abilene y CA*net3
- El uso futuro del conmutador óptico, etc.

3.1.2 Esbozo de la Ingeniería de Internet2

En 1997, el proyecto Internet2 lanza el documento denominado "Reporte Preliminar de la Ingeniería de Internet2" (Internet2 Preliminary Engineering Report) ² el cual brinda un esbozo general de la ingeniería del proyecto I2.

A continuación, se dará una breve explicación del diseño de la arquitectura y sus principales características mencionando elementos de acción importantes para su desarrollo. Por ser ésta una explicación general, se mencionarán tecnologías y protocolos, los cuales se retomarán a lo largo del capítulo.

La arquitectura para la infraestructura de Internet2 se basa en unas cuantas consideraciones técnicas y prácticas. Una de ellas es la necesidad de minimizar los costos totales para las universidades participantes proporcionando el mismo circuito de conexión local de alta capacidad para el acceso tanto a la Internet comercial como a los servicios avanzados, en donde podrán incorporarse otros proyectos y programas universitarios mediante una arquitectura flexible de interconexión regional. La Figura 3.1 muestra la arquitectura completa de Internet2.

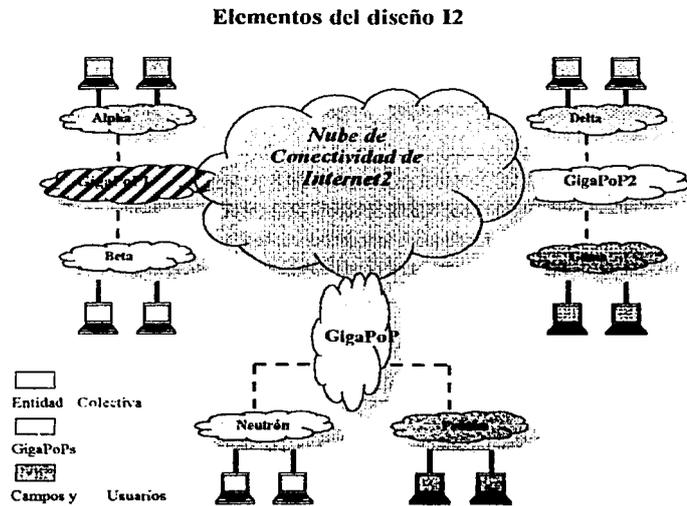


Figura 3.1 Esquema general de la arquitectura de Internet2

² <http://www.internet2.edu/html/97enginecring.html>

En el esquema anterior podemos observar tres elementos principales: la Nube de conectividad de I2, el GigaPoP y el centro universitario con sus respectivos usuarios.

- a) La nube de conectividad de I2 representa los elementos clave necesarios para la comunicación entre los miembros del proyecto, estos son las redes físicas y la normatividad en la transmisión de la información.
- b) El nuevo elemento clave en ésta arquitectura es el GigaPoP (*Gigabit capacity point of presence* o "punto de presencia con capacidad de gigabits") siendo un punto de interconexión de tecnología avanzada y alta capacidad, donde los participantes de I2 pueden intercambiar tráfico de servicios avanzados con otros participantes del proyecto. Este elemento se explicará con mayor detenimiento más adelante.
- c) Los miembros de I2 tienen proyectos para actualizar sus redes a niveles de servicio I2. En general, éstas mejoras comienzan con la red principal de la universidad y con unos pocos centros con conexiones especiales. Las actividades que las universidades I2 deben realizar son :
 - Planificar e implementar las mejoras necesarias para las redes universitarias principales y los circuitos finales.
 - Colaborar con otras universidades cercanas para diseñar, fundar e implementar un GigaPoP común.
 - Establecer conectividad entre las universidades y el GigaPoP, y
 - Proporcionar soporte a los usuarios cuyas aplicaciones requieran conectividad I2.

Las universidades dentro de una determinada región geográfica se unirán en un GigaPoP regional para conseguir una variedad de servicios Internet. Cada universidad instalará un circuito de alta velocidad al GigaPoP que le corresponda, a través del cuál obtendrá el acceso tanto a los servicios del Internet comercial como a los avanzados de Internet2.

3.1.2.1 Componentes técnicos

Internet2 tiene cuatro componentes técnicos principales:

- *Aplicaciones* que requieren servicios de nivel I2 y el equipamiento que los usuarios finales necesitan para ejecutar esas aplicaciones (simbolizado por las pantallas de color más oscuro de la figura 3.1),
- *Redes de Centros Universitarios* que conecten a los usuarios finales en sus laboratorios, aulas u oficinas (nubes Alfa, Beta, Gama etc.) con los GigaPoPs,

- *GigaPoPs* que consoliden y gestionen el tráfico de las redes de los centros y por último,
- *Interconexiones I2* a través de los *GigaPoPs* (nube central).

A través de esos componentes actúan:

- Los *protocolos*, para especificar y proveer la conectividad especialmente con los parámetros específicos de calidad de servicio (*QoS*)
- Las *herramientas de administración de red, datos y organizaciones* necesarias para mantener todo en funcionamiento
- Los *mecanismos de asignación de costos y contabilidad* necesarios para negociar distribuciones de costos razonables, eficientes y productivas entre los miembros de I2.

El despliegue completo de las aplicaciones I2 requiere servicios de red de próxima generación sobre una base E2E. Esto implica actualizaciones muy importantes en la mayoría de las redes de los centros universitarios.

3.1.2.2 El GigaPoP

Desde un punto de vista lógico, un GigaPoP es un punto regional de interconexión de red que normalmente provee acceso a la red para miembros I2.

Desde un punto de vista físico, un GigaPoP es un lugar seguro y ambientalmente acondicionado que alberga un conjunto de equipos de comunicaciones y hardware de soporte. Los circuitos terminan ahí, tratándose de redes de I2, así como de redes de área extensa para transportar datos sean I2 o comerciales.

Se tienen las siguientes características de los GigaPoPs:

- Se da por supuesto que las redes miembro de I2 no son redes de tránsito, es decir, no generan tráfico entre un GigaPoP e Internet.
- Los GigaPoPs darán servicio a redes no de tránsito de usuarios finales a través de la apropiada gestión del encaminamiento IP (protocolos Internet).
- Los GigaPoPs I2 no darán servicio a redes comerciales de tránsito, ni está permitido el acceso ilimitado de los datos a través de tales redes por medio de la infraestructura de ruteadores del GigaPoP.
- Los enlaces entre GigaPoPs *solamente* conducirán tráfico entre centros Internet2.

- Una función clave de un GigaPoP es el intercambio del tráfico I2 con un ancho de banda específico y otros atributos de calidad de servicio. Además, el tráfico estándar IP puede ser intercambiado por medio de proveedores de servicio Internet que tengan una terminación en el GigaPoP, eliminándose así la necesidad de tener conexiones de alta velocidad separadas entre las redes de las universidades participantes y otros puntos de intercambio de los PSIs (Proveedores de Servicio de Internet).

Los GigaPoPs deben participar en la gestión operativa de I2, recogiendo datos sobre la utilización y compartiendo entre sí y con los operadores de las redes universitarias toda la información necesaria para programar, prevenir, hacer el seguimiento, solucionar los problemas y responsabilizarse del servicio de red I2.

3.1.2.2.1 Tipos de GigaPoPs

Los GigaPoPs se dividen en dos tipos:

- Los *GigaPoPs de tipo I*. Son relativamente simples. Dan servicio solamente a miembros de I2, encaminan su tráfico I2 a través de una o más conexiones con otros GigaPoPs y, por consiguiente, tienen poca necesidad de encaminamiento interno complejo.
- Los *GigaPoPs de tipo II*. Son complejos. Dan servicio tanto a miembros I2 como a otras redes con las cuales los miembros I2 necesitan comunicarse, tienen un variado conjunto de conexiones con otros GigaPoPs y, por tanto, proveen mecanismos para encaminar el tráfico correctamente y prevenir un uso no autorizado o impropio de la conectividad I2.

Lo anterior se resume de forma esquemática en la Figura 3.2.

Las conexiones externas a GigaPoP del tipo Elementos de Conmutación ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) deben ser circuitos directos SONET (*Synchronous Optical Network*) desde los conmutadores ATM del centro universitario a otros centros GigaPoP, o bien un servicio ATM pleno desde operadores comerciales. Los Elementos de Conmutación ATM sirven para multiplexar el nivel de ancho de banda del enlace a través de circuitos permanentes o virtuales (*PVCs* o *SVCs*). De esta forma, la conectividad de los GigaPoP se puede optimizar y asignar un ancho de banda para pruebas o para otros requisitos especiales.

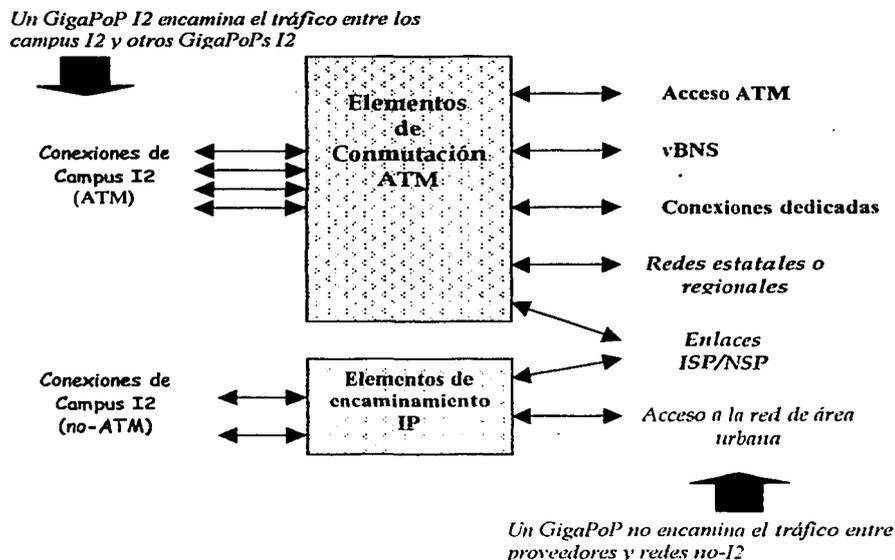


Figura 3.2 Conexiones entre GigaPoPs

El servicio principal del GigaPoP lo suministran los elementos de encaminamiento IP. Estos pueden ser realimentados directamente desde *SONET/PPP* externos o circuitos síncronos de alta velocidad, o vía enlaces *PVC/SVC* hasta la línea ATM. Todas las decisiones sobre soporte de calidad de servicio y de encaminamiento IP las toma el equipo que realiza el reenvío de los paquetes IP y los datos sobre utilización se extraen ahí.

Según lo vaya permitiendo la tecnología, el equipamiento de reenvío de paquetes IP hará uso de la capa ATM para establecer *QoS* o *SVC* dinámicos con el fin de dar soporte a los diferentes requerimientos de servicio IP.

3.1.2.2.2 Requisitos funcionales

Una función clave del GigaPoP I2 es intercambiar tráfico con un ancho de banda específico, así como otros atributos de calidad de servicio (*QoS*) entre las redes de miembros I2 y el núcleo de la red I2. Para lograr este objetivo, un GigaPoP debe satisfacer una variedad de requisitos funcionales específicos, los cuales se explican a continuación.

a) Protocolos

Dado que el Servicio Común Portador de Internet2 es IP, es evidente que cualquier dispositivo de tercera capa de un GigaPoP dará soporte IP. Actualmente el estándar es *IPv4*, pero el proyecto Internet2 puede ayudar a todos a migrar a *IPv6*. Por ello, todos los dispositivos de capa 3 de los GigaPoPs deberían soportar *IPv6* además de *IPv4* tan pronto como estén disponibles implementaciones estables.

Por supuesto, IP no es el único protocolo en el conjunto TCP/IP. Todo los protocolos de soporte habituales se supone que estarán disponibles donde se necesiten. Además, el protocolo *IGMP* (con soporte *multidifusión*) y el *RSVP* (con soporte de reserva de recursos) son muy importantes para este proyecto y por tanto deben estar disponibles en todos los dispositivos relevantes de los GigaPoPs.

b) Encaminamiento (Routing)

Los GigaPoPs son responsables de implementar cualquier política de usuario referente a Internet2. Por ejemplo, en la medida en que se utilice *vBNS / Abilene* para proveer conectividad entre los GigaPoPs, éstos deben enviar a su conexión *vBNS / Abilene* solamente tráfico destinado a otros centros I2. Hay que destacar que la conectividad física de un GigaPoP no implica permiso o capacidad para intercambiar tráfico con cualquier otra entidad que tenga una conexión con ese GigaPoP.

Las políticas de encaminamiento de los GigaPoPs serán usadas no solamente para hacer cumplir las reglas de Internet2, sino también los acuerdos bilaterales que controlarán el intercambio de tráfico entre los GigaPoPs.

c) Velocidad

La velocidad de conexión dentro de un GigaPoP o el intercambio con otros GigaPoPs variará ampliamente, dependiendo del número y la intensidad de las aplicaciones nativas I2 que estén funcionando en sus respectivos centros universitarios.

El asunto crucial para cada GigaPoP es asegurar que posee la capacidad adecuada para manejar la carga prevista de tráfico. Los conmutadores que proporcionen la conectividad primaria en un GigaPoP y los enlaces desde esos conmutadores a ruteadores de GigaPoP adyacentes deberán ser dimensionados de tal forma que el número de paquetes perdidos dentro del GigaPoP sea próximo a cero.

3.1.2.2.3 Fuentes y especificaciones de conectividad

La arquitectura básica que se concibe para la infraestructura de comunicaciones de Internet2 se ilustra en la Figura 3.3. Los distintos segmentos de red de este diagrama encajan en dos grandes categorías:

- a) Los que conectan la aplicación de los usuarios finales con el GigaPoP del centro universitario (algunos de los cuales, en la Figura 3.3, se incluyen en las nubes reticulares de los centros), y
- b) Los que interconectan GigaPoPs.

Dado que la primera es en gran medida una responsabilidad de la universidad, se centra la atención a las conexiones entre GigaPoPs.

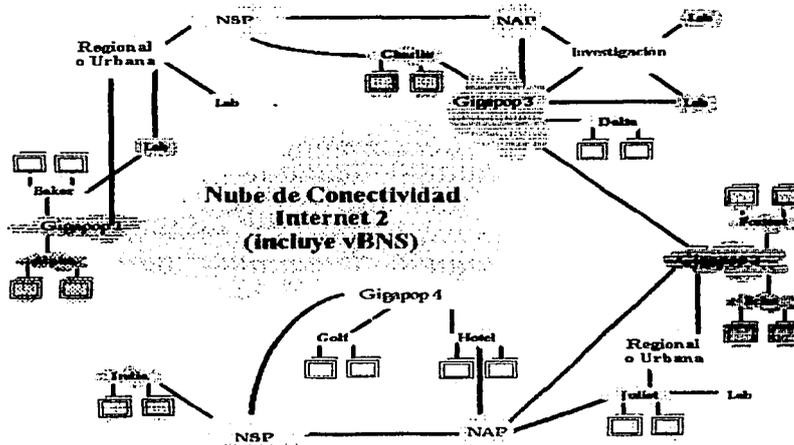


Figura 3.3 Conectividad de Internet 2 y redes asociadas

1. Conectividad intracampus y de Campus a GigaPoP

Los objetivos del proyecto I2 no pueden conseguirse a no ser que las redes de las universidades se actualicen a fin de proporcionar el soporte adecuado para las aplicaciones avanzadas.

Esto supone contar con una red de centro universitario en la que puedan florecer aplicaciones que requieren gran ancho de banda, bajo retardo, baja alteración (*low jitter*) y/o encaminamiento multidifusión.

2. GigaPoP a GigaPoP

Los requisitos claves para las interconexiones de red entre los GigaPoPs son que proporcionen:

- Alta fiabilidad
- Alta capacidad (ancho de banda)
- Soporte de selección de QoS (calidad de servicio)
- Herramientas de obtención de datos y gestión de circuitos que los supervisores de los GigaPoPs I2 necesitarán para evaluar y dirigir las comunicaciones.

Las características de las conexiones entre GigaPoPs dependerán del ancho de banda, de la calidad de servicio y de las especificaciones de encaminamiento que se quieran conseguir. Además de éstas alternativas de la capa del nivel más bajo del modelo OSI, se espera que los GigaPoPs implementen encaminamiento y transporte de datos multidifusión como soporte a *MBone* y arquitecturas similares.

3.2 Redes involucradas en la iniciativa Internet2

En el Capítulo II del presente trabajo se mencionaron dos iniciativas importantes en el desarrollo de redes de alta velocidad : NGI e Internet2. Por supuesto existen otras iniciativas con sus respectivas redes, como por ejemplo la red de ARPA denominada SuperNet la cual corre a 1 Terabit/s, implementada usando la tecnología WDM (*Wavelength División MultiPlexing*). Pero el objetivo del presente trabajo no es investigar a fondo las iniciativas de redes avanzadas existentes en E.U. con sus respectivas tecnologías asociadas, sino el estudio de una de ellas: Internet2 y su relación con redes semejantes.

Existen dos redes importantes que los miembros del proyecto I2 utilizan estas son : la red vBNS y la red Abilene. La primera nació de la iniciativa NGI y la segunda de la iniciativa Internet2.

Tanto Internet2 como NGI correrán redes mucho más rápidas que las que existen actualmente. Por ejemplo NGI planea tener una velocidad mínima de OC48 (2.4 Gbps); la WAN NGI correrá a 1 Gbps E2E (extremo-a-extremo) y varios Giga bits por segundo en el backbone. Se explicará cada una a continuación mencionando su propósito y sus respectivas características técnicas.

A pesar de que varios miembros de I2 se conectan a velocidades OC3 (155 Mbps), éstas varían. Algunos participantes se pueden conectar a T3, mientras otros se conectan a una velocidad mayores a OC12. Ver Tabla 3.1.

Velocidades en Redes

Conexión	Velocidad
T1	1.536 [Mbps]
T3	44.736 [Mbps]
OC3	155.2 [Mbps]
OC12	622.08 [Mbps]
OC48	2.4 [Gbps]
OC192	9.6 [Gbps]

Tabla 3.1 Velocidades en redes.

Ahora bien, las tecnologías usadas por Internet2 incluyen IP sobre ATM (usada por vBNS), IP sobre SONET (el esqueleto usado por Abilene) e IP sobre fibra óptica (usado por el proyecto canadiense CA*net 3).

El enfoque del uso de IP tiene diferentes tendencias, por ejemplo:

- IP sobre ATM se usa para brindar QoS o para brindar redes privadas virtuales (VPNs)
- IP sobre SONET es efectiva para mejorar los esfuerzos del tráfico de Internet.
- IP sobre WDM (el cual corre directamente IP sobre fibra) brinda gran velocidad sin afectar el desarrollo de otros trabajos.

Estas arquitecturas no son mutuamente excluyentes, por ello Internet2 puede aprovechar todas las ventajas que las diversas iniciativas en el desarrollo de redes avanzadas de investigación y desarrollo puede brindarle. Por lo anterior, en el apartado de Tecnología de Redes se ahondará en el funcionamiento de cada una de ellas.

3.2.1 Red vBNS

Después de que la NSFnet fuera privatizada en 1995, se trabajó en la creación de una nueva red de alta velocidad denominada vBNS (very high speed Backbone Network Service). Similar a la NSFnet, vBNS centra su trabajo en el área de la investigación académica siendo dirigida por la National Science Foundation (NSF) y MCI Worldcom.

vBNS originalmente estaba dedicada al trabajo de la NSF, pero en 1996 se decidió que el restringir el acceso sólo a la NSF no era conveniente y empezaron a abrir la red a los académicos. vBNS fue el primer backbone IP corriendo (IP sobre ATM) a una velocidad OC-3 (155 Mbps) (1995) y el primer backbone en correr IP multidifusión usando PIM-DM³ (Protocol Independent Multidifusión - Dense Mode) (1996).

Como resultado de la expansión al incluir a las instituciones académicas, vBNS se convirtió en el primer backbone de Internet2. La primera red en permitir el despliegue a nivel nacional de tecnologías multidifusión en universidades y colegios.

Para 1999 ya están conectadas a ésta red más de 100 universidades y redes de investigación, siendo la primera red que despliega completamente MPLS (Multi-protocol Label Switching).

En el 2000 comienza el ofrecimiento comercial de la red con vBNS+ y para el 2001 dicha red se extiende a Europa y Asia (Londres, Ámsterdam, París, Tokio y Hong Kong).

Actualmente 92 instituciones académicas y de investigación están conectadas a vBNS donde 72 de ellas también son participantes del proyecto Internet2.

vBNS tiene las siguientes características:

³ Todos los protocolos que se mencionan se explican en el apartado de *Protocolos de comunicación* del presente capítulo.

- La red vBNS corre a 2.4 (Gbps). Es una red lógica que corre el servicio comercial ATM de Cable y Wireless, denominado Hyperstream, un servicio que también soportan otros clientes.
- En esta red el QoS es dado a través de ATM.
- vBNS se conecta a IP a través de una matriz de conmutadores ATM y corre sobre una red SONET.
- En un futuro se prevee que vBNS trabaje con otras tecnologías de Internet ópticas más rápidas, por ejemplo la Multiplexación por División de longitud de onda (WDM).
- Entre otras funciones, vBNS se ha usado para evaluar el protocolo IPv6.
- Cualquier organización que se quiera conectar a vBNS debe recibir la aprobación de la NSF a través de su programa de Conexión de Alto Desempeño.

vBNS conduce su investigación en el uso del protocolo de reservación de recursos (RSVP) (protocolo diseñado para ayudar a los objetivos de QoS) sobre circuitos ATM. También están en progreso el protocolo independiente multidifusión (PIM). Multidifusión, permite a múltiples cadenas de datos (como cadenas de video) ser enviadas eficientemente sobre Internet. PIM representa una mejor solución multidifusión que el Backbone Multidifusión (MBone), una subred virtual que cubre la actual Internet.

3.2.1.1 vBNS+

vBNS+ es una red de amplitud nacional de los E.U. que soporta aplicaciones de alto-desempeño y gran ancho de banda. Ahora los negocios pueden experimentar la misma velocidad, desempeño y confiabilidad proveniente de los Centros de Supercómputo, organizaciones de investigación e instituciones académicas que fueron parte de la vBNS.

vBNS+ es un nuevo servicio de red avanzada abierto a toda la comunidad académica y de investigación de los E.U. Es una intranet de nivel nacional de alto desempeño que ofrece a todas las universidades y organismos de investigación un conjunto completo de servicios avanzados de red IP, incluyendo desempeño basado en IPv4, modo IPv6 nativo y modo IP multidifusión nativo (PIM). Aquí, cualquiera puede conectarse a vBNS+. No hay restricciones en el uso de ella.

vBNS+ no es semejante ni parte de la Internet comercial, pero una conexión virtual de una línea de acceso de vBNS+ para el acceso a Internet está al alcance, claro, por un cierto costo.

Características de vBNS+:

- vBNS+ emplea una topología backbone dual, utilizando Paquetes sobre SONET (POS) y backbones ATM. Todos los backbone son OC-12 o mayores. Una migración a completa OC-48 POS se prevee para la segunda mitad del 2001. OC-48 soporta velocidades mayores a 2.4 Gbps.

- La red vBNS+ provee a los clientes una serie de servicios . Lo que actualmente se ofrece incluye:
 - Todos los servicios basados en IPv4
 - Multidifusión IP nativo
 - Gran ancho de banda con pérdidas insignificantes
 - Servicios VPN
 - Tráfico basado en la ingeniería MPLS
 - Uso de estadísticas
 - Servicio IPv6 Nativo

- Los servicios que se están desarrollando son:
 - Calidad de Servicio usando reservación de ancho de banda
 - Multidifusión confiable
 - Análisis de flujo del tráfico de los clientes

- Áreas de actual investigación y evaluación son:
 - Redes IPv6 inalámbricas
 - Multidifusión con gran ancho de banda
 - Telefonía IP y teléfonos SIP
 - Recursos específicos Multidifusión (Source Specific Multidifusión (SSM))
 - Seguridad en filtrado de líneas (security filtering at line rate)
 - Normas de encaminamiento configurable de usuarios
 - Multidifusión escalable confiable

3.2.2 Red Abilene

Abilene es una red de alto desempeño que nace del proyecto de la Corporación de Universidades para el Desarrollo de Internet Avanzada (UCAID) y es desarrollado en asociación con Qwest Communication, Nortel (Northern Telecom.) y Cisco Systems. Toma su nombre por el ferrocarril del Oeste construido en 1860 que corre desde Abilene, Kansas a San Antonio, Texas. El proyecto fue anunciado por el Vicepresidente Al Gore el 14 de Abril de 1998.

Abilene fue construida con ayuda de patrocinadores corporativos como Cisco, Nortel y Qwest. Cisco, apoya con aproximadamente \$4.5 millones de dólares en conmutadores y ruteadores con capacidad de Gigabits. Nortel brinda productos para uso de tecnología SONET y Qwest brinda \$500 millones de dólares en capacidad de su red amplia de fibra óptica.

Los objetivos de la red Abilene son:

- Proveer de una red backbone avanzada que conecte puntos de agregación (GigaPoPs) regionales usando elementos de alta velocidad SONET y ruteadores

IP-sobre-SONET, que soporten las demandas de la investigación de aplicaciones avanzadas desarrolladas por los miembros deUCAID.

- Proveer una red que permita la evaluación de las capacidades de una red. Estos servicios incluirán el desarrollo de los estándares para QoS, multidifusión y los protocolos de seguridad avanzada y autenticación que a su vez permitirán el desarrollo de aplicaciones avanzadas de Internet, además de complementar el desempeño de otras redes de investigación.

3.2.2.1 Características principales

- Abilene no carga tráfico originado o destinado a organizaciones que no sean participantes de Abilene.
- No recibe fondos federales. Es un proyecto soportado por los miembros corporativos de I2, universidades y miembros afiliados.
- El tráfico de Abilene es cualquier tráfico de red que provenga de GigaPoPs y cualquier participante directamente conectado a Abilene. El tráfico entre los participantes conectados a un GigaPoP particular, no es tráfico de Abilene y por lo tanto no están sujetas a condiciones.
- El tráfico deberá ser intercambiado entre todos los participantes sin restricción excepto el tráfico insignificante que sea intercambiado entre corporativos y otros sitios no educativos; el tráfico que será intercambiado entre los participantes debe estar especificado por el MoU de laUCAID que reflejen los beneficios que éste realice a I2.

3.2.2.2 Objetivos de diseño

Abilene está diseñada para soportar el proyecto de I2 brindando un backbone de interconexión entre los gigaPoPs y las redes de alta velocidad de las universidades. Entre sus principales objetivos incluye:

- *Baja latencia:* los paquetes experimentarán un mínimo retraso de propagación.
- *Alta confiabilidad:* las fallas deben ser menores y las reparaciones rápidas.
- *Funcionalidad avanzada:* la funcionalidad de I2 incluyendo multidifusión, calidad de servicio y diversos servicios serán soportados.

La velocidad inicial de Abilene (2.4 Gbps) sobrepasará la velocidad actual de vBNS que es de 622 millones de bits por segundo. La mayoría de los participantes se conectarán a Abilene a velocidades de OC3 u OC12.

Abilene y vBNS serán interconectadas aunque difieran en su arquitectura, ya que vBNS usa ATM y Abilene corre IP sobre SONET. Estas diferencias ayudarán a los investigadores a evaluar que sus aplicaciones trabajen en diversos tipos de redes.

Otra diferencia entre Abilene y VBNS , es que ésta centra su atención a la evaluación de nuevas tecnologías más que en la producción de aplicaciones.

Los miembros de I2 pueden escoger a que red conectarse, vBNS, Abilene o ambas ya que se espera que I2 incluya una serie de redes (de las cuales Abilene será una de ellas) disponibles para los centros universitarios. Las instituciones tendrán la oportunidad de evaluar que red le conviene más.

3.2.2.3 Arquitectura de red

La arquitectura básicamente tiene dos componentes:

1. Una arquitectura principal, que consiste en un conjunto de nodos ruteadores conectados entre sí con circuitos internos. Cada nodo está localizado en un Qwest Pop con el siguiente equipo:
 - Un ruteador Ciso 12008 GSR
 - Una computadora basada en Unix para servicios de gestión de la red
 - Un ruteador de acceso remoto Cisco 3640, que soporte acceso fuera de banda del NOC de Abilene
 - Un Ethernet 100 BaseT que conecta cada computadora/ruteador para una pequeña LAN
 - Controles remotos 48v DC

Cada línea interna conecta un par de nodos ruteadores por medio de un circuito SONET OC-12, OC-48 y una tarjeta de interfaz IP/SONET en los ruteadores. Abilene usa facilidades de alta velocidad SONET y ruteadores IP-over-sonet . Opera inicialmente a OC-48 (2.8 gigabits/s) en sus ligas backbone. En paralelo se está trabajando en el desarrollo de links corriendo a OC-192 (9.6 gigabits/s).

2. Una arquitectura de acceso, que consiste en un conjunto de circuitos de acceso los cuales conectan un nodo ruteador a un conector Abilene.

3.2.2.4 Relación de Abilene con la iniciativa del gobierno federal NGI

Abilene soporta la iniciativa NGI. Es un elemento poderoso para la asociación entre universidades, industria y agencias federales que desarrollan redes avanzadas. Abilene es la llave clave del esfuerzo de la comunidad universitaria para colaborar con agencias federales en la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías de red y aplicaciones. Además se interconecta con redes federales de investigación como la vBNS.

Abilene brinda una alternativa complementaria a vBNS y otras redes de investigación. Cada institución tomará una decisión individual a cerca de cual red le brindará las capacidades que necesita para el desarrollo de las aplicaciones en su Centro Universitario. Varias universidades de I2 están conectadas a vBNS, esto es, no todos los miembros de I2 necesariamente se conectan a Abilene.

Abilene y vBNS juntas han establecido un ambiente de alto desempeño en redes para la investigación y educación, que facilitará la transición de las tecnologías avanzadas y aplicaciones a la Internet comercial.

3.2.2.5 Redes de educación e investigación a nivel internacional

La Tabla 3.2 muestra las redes de educación e investigación internacionales cuyo objetivo principal coincide con la red Abilene de I2.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
APAN / Transpac	Fue establecida el 3 de junio de 1997 en la región de Asia pacífica.
CA*net-3 (CANAIRE Inc.)	Red de Canadá establecida en 1993 que trabaja con el gobierno e industria nacionales.
CERNET	Red de educación e investigación china
CUDI (Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet)	Red de investigación y desarrollo de México.
DANTE (Delivery of Advanced Network technology to Europe Limited)	Red europea de investigación.
DFN (German Research network)	Red alemana de investigación.
DREN(Defense Research & Engineering Network)	Permite la comunicación entre los científicos e ingenieros del DoD.
ESnet	Brinda trabajo en red global para las misiones del Dpto. de Energía de los E.U.
HARNET	Es una WAN que liga instituciones de Hong Kong. Esta bajo la dirección de la JUCC (Joint Universities Computer Center)
INFN-GARR	Red italiana de investigación que interconecta a todas sus universidades y organismos de investigación de su gobierno.
Israel Inter.-University	Red de investigación científica de Israel.
IANET/UKERNA	Red académica y de investigación de UK.
NACSIS(National Center for Science Information Systems)	Instituto universitario de investigación japonés.
NORDUnet	Backbone Nórdico para la sociedad de información global en Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia.
NISN (Nasa Integrated Service Network)	Red de servicios integrados de la NASA.
NREN (NASA Research and Education Network)	Red de investigación y educación de la NASA.
RENATER	Red Nacional de Telecomunicación para la educación tecnológica e investigación de los E.U.
REUNA2	Red universitaria de Chile.
SINET (Science Information Network)	Red que conecta institutos de investigación y universidades de Japón.
Sing AREN (Singapore Advanced Research and Education Network)	Red para la investigación avanzada y educación de Singapur.
SURFnet	Red nacional de cómputo para la educación e investigación de Holanda.
TANet2	Red nacional de investigación de Taiwán.
Trans PAC	Red que soporta las aplicaciones en comunicaciones e investigación entre los institutos APAN y las instituciones autorizadas de vBNS.
vBNS (very high speed Backbone Network Service)	Red de alto desempeño desarrollada por MCI/Worldcom y la NSF para soportar educación e investigación avanzada.

Tabla 3.2 Redes semejantes a Abilene

3.2.3 Iniciativas internacionales en redes de investigación

Originalmente las iniciativas de la siguiente generación en Internet en los E.U. incluyendo vBNS, NGI e I2 centran sus esfuerzos en ese país, principalmente porque los fondos del gobierno no permitían ningún subsidio de la investigación internacional. Gradualmente se dieron cuenta de la importancia de la colaboración Internacional .

Por ello, el Science, Technology and Research Transit Access Point (STAR TAP) de Chicago, estableció la interconexión de vBNS con redes internacionales de investigación. STAR TAP conecta redes de investigación en Asia, Canadá, Rusia y Singapur con velocidades mostradas en la Tabla 3.3. De acuerdo a STAR TAP más interconexiones globales se agregarán a la lista.

RED	VELOCIDAD DE CONEXIÓN	PROTOCOLO	PAIS
Very high-speed backbone network service (vBNS)	OC12 backbone	TCP/IP	Estados Unidos
Esnet	OC3 (compartida con NREN)	TCP/IP	Estados Unidos
NREN	OC3 (compartida con Esnet)	TCP/IP	Estados Unidos
Canadian Network for the Advancement of Research, Industry and Education (CANARIE)	OC3	TCP/IP	Canadá
SingAREN	45 Mbps	TCP/IP	Singapur
TransPAC	35 Mbps	TCP/IP	Australia, Hong Kong, Japón, Filipinas, Singapur, Corea del sur y Tailandia
MirNET	6 Mbps	TCP/IP	Rusia
TANet	15 Mbps	TCP/IP	Taiwan

Tabla 3.3 Redes de investigación conectadas a STAR TAP

Se podrían mencionar las características técnicas de cada una de ellas, así como su relación con vBNS, pero ese no es el objetivo del presente trabajo de investigación.

La red más significativa por su avance tecnológico es la red canadiense CA*net 3. Por ello, se mencionarán sus principales características en el siguiente apartado.

3.2.3.1 Red Canadiense CA*net 3

Canadá está construyendo la red de investigación más rápida hasta el momento: la red CA*net 3. Fue construida por la CANARIE y el Consorcio Bell de Canadá (un grupo de vendedores que incluyen a Cisco, JDS Fitel, Newbridge Networks y Nortel) y corre a 40 Gbps.

La CANARIE fue fundada en 1993 y es un consorcio de más de 120 organizaciones públicas y privadas. Entre 1993 y 1994 la CANAIRE mejoró el backbone de Internet canadiense. En 1994 desarrolló la primera red de investigación, una red de alta-velocidad ATM denominada National Test Network (NTN). En 1997 la CANARIE lanza el proyecto CA*net II, cuyos objetivos coinciden con los del proyecto estadounidense I2. En 1998 crea CA*net 3, que corre al paralelo de CA*net II y que en un futuro la reemplazará.

De manera similar a las actuales redes de investigación de los E.U. , la red CA*net II corre sobre fibra óptica, ATM y capas SONET. La arquitectura de red CA*net 3 corre directamente sobre fibra óptica eliminando overhead de ATM y SONET. Esta topología es considerablemente más rápida y mucho menos costosa que correr IP sobre SONET (la arquitectura de Abilene de I2) o IP sobre ATM sobre SONET (la arquitectura para vBNS).

Eliminando SONET puede traer consecuencias negativas. Por ejemplo SONET puede encaminar tráfico en el caso de que la fibra óptica se cortara. Sin este campo, los investigadores de CA*net 3 necesitarán desarrollar herramientas que resuelvan estos problemas. Por esta carencia se explica el porque hasta el momento, CA*net 3 corre al paralelo de CA*net II en vez de reemplazarlo.

3.2.3.1.1 Características de CA*net 3

- Es la primera red construida sobre el principio de conducir el tráfico IP y no depende de la infraestructura de telecomunicación (la red Abilene corre sobre el proveedor de telecomunicaciones de red de fibra óptica Qwest y CA*net 3 es la primera red Internet sin estas dependencias).
- Para agregar una mayor velocidad y eficiencia, CA*net 3 usa la técnica llamada multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM), una tecnología de red avanzada que se describe más adelante. La red corre IP sobre una red de fibra óptica que emite 32 diferentes rayos coloreados. Cada uno de estos 32 rayos contiene mucho más datos que un sólo rayo, usado en la mayoría de las redes ópticas.
- CA*net 3 transmite datos a 40 Gbps. Para comparar su capacidad como ejemplo, la red Abilene puede transmitir el contenido de un libro en un minuto; CA*net 3 puede transmitir el mismo en un segundo.
- CA*net 3 es asimétrica y la transmisión de datos en las redes existentes es simétrica.
- En varios casos un circuito upstream (flujo ascendente) o down stream (flujo descendente) es saturado mientras el otro circuito se mantiene desocupado . Con la arquitectura CA*net 3, la dirección de la red puede asignar un circuito para el tráfico de entrada y 3 para el trafico de salida.
- CA*net 3 conecta a 40 universidades canadienses y organizaciones. Internacionalmente se conecta con Asia, Europa y E.U.

El desarrollo de CA*net 3 costará más de \$120 billones de dólares, de los cuales aproximadamente un 40% de los fondos provienen del gobierno canadiense; la inversión restante de los socios corporativos.

CANARIE ha establecido un trabajo conjunto con la UCAID. En 1997 las dos organizaciones firmaron el Memorandum de Entendimiento (MoU) que indica la conexión entre sus redes y la colaboración en la investigación.

3.2.3.2 Proyecto Oxígeno

Las redes de educación e investigación no son las únicas iniciativas de comunicación. Un proyecto comercial en particular parece que tendrá un impacto en la restricción del ancho de banda global, éste es el proyecto Oxígeno.

Este proyecto creará una red de fibra óptica 7 veces el tamaño del proyecto Nynexi's Fiberoptic Link Around the Globe (FLAG) que creó un red que conecta a Asia, Europa y Este Medio. Es patrocinado por el Grupo CTR, una compañía de New Jersey.

Cuando el proyecto se complete conectará a 200 naciones con fibra usando 170,000 millas de cable bajo de la superficie del mar y terrestre. En este proyecto se invertirán \$14 billones de dólares para la creación de la red más grande de fibra óptica del mundo. El proyecto Oxígeno se especializa en conexiones debajo del mar.

Utiliza red ATM y tendrá puntos de aterrizaje en cada continente excepto en Antártica. La red de éste proyecto esta siendo desarrollada en 4 Fases en un periodo aproximado de 26 meses.

Cuando la Fase I concluya, se habrá gastado aproximadamente \$10 billones de dólares y 98,000 millas de cable de fibra óptica serán usados para conectar a Rusia, Tailandia, Túnez y partes de África, Europa y Sur América. La Fase II se espera que conecte el resto de África y Asia. Los detalles exactos de la fase II y III aún no han sido revelados (ver Tabla 3.4).

A diferencia de las iniciativas de Internet de la siguiente generación, éste proyecto está recibiendo el mínimo soporte de los gobiernos, ya que los fondos provienen principalmente de empresas de telecomunicaciones e inversionistas.

Cuando los E.U. anunciaron iniciativas de la siguiente generación de Internet, originalmente limitaban sus esfuerzos a su país. Pero gradualmente la situación cambio y la cooperación e investigación conjunta internacional caracterizó a todas las iniciativas de Internet avanzada. Cada red tiene un aspecto que la caracteriza por ejemplo, Canadá tiene una red mas avanzada y Singapur esta a la punta en el desarrollo de aplicaciones, etc.

FASE	TIEMPO ESTIMADO	PUNTOS CONECTADOS
Fase 1 A	Finales del 2000	Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Brasil, Islas canarias, Cape Verde, China, Republica dominicana, Francia, Guaimas, Hawaii, Hong Kong, Indonesia, Irlanda, Japón, Malasia, Morocco, Palau, FillPinas, Portugal, Puerto Rico, Singapur, Corea del sur, España, San Vicente y Granadinas, Surinam, Taiwan, Tailandia, Trinidad y Tobago, Reino Unido, Estados Unidos, Vietnam.
Fase 1 B	1er cuarto del 2001	Bélgica, Bermuda, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Holanda, Noruega, Polonia, Rusia, España, Suecia Reino Unido, Estados Unidos.
Fase 1 C	4 cuarto del 2001	Argentina, Bahrain, Brasil, Chile, Colombia, Dibouti, Ecuador, Egipto, Francia, Gibraltar, Grecia, India, Italia, Kuwait, Líbano, Malta, Mónaco, Pakistán, Panamá, Perú, Qatar, Arabia Saudita, España, Siria, Tailandia, Trinidad y Tobago, Túnez, Turquía, Emiratos Árabes Unidos, Uruguay, Venezuela, Yemen.
Fase 1 D	1er cuarto del 2002	Australia, China, Alemania, Guaimas, Guatemala, Hawaii, México, Nueva Zelanda, Panamá, Nueva Guinea, Estados Unidos

Tabla 3.4 Puntos de enlace del Proyecto Oxígeno

Aunque E.U. y Canadá están envueltas en iniciativas de Internet avanzado, organizaciones mundiales están implementando aplicaciones de la siguiente generación y sus tecnologías asociadas.

La cooperación global y el trabajo conjunto en el desarrollo de investigaciones en éstas redes de investigación, tendrán gran importancia en el futuro de la Internet.

3.3 Tecnología de Redes

3.3.1 Tecnología ATM

3.3.1.1 ¿Qué es ATM?

El Modo de Transferencia Asíncrono es una tecnología de conmutación que usa pequeñas celdas de tamaño fijo. En 1988, el CCITT designó a ATM como el mecanismo de transporte planeado para el uso de futuros servicios de banda ancha. ATM es asíncrono porque las celdas son transmitidas a través de una red sin tener que ocupar fragmentos específicos de tiempo en alineación de paquete, como las tramas T1. Estas celdas son pequeñas (53 bytes), comparadas con los paquetes LAN de longitud variable.

Todos los tipos de información son segmentados en campos de pequeños bloques de 48 bytes, los cinco restantes corresponden a un encabezado usado por la red para mover las celdas. ATM es una tecnología orientada a conexión, en contraste con los protocolos de base LAN, que son sin conexión. Orientado a conexión significa que una conexión necesita ser establecida entre dos puntos con un protocolo de señalización antes de cualquier transferencia de datos. Una vez que la conexión está establecida, las celdas ATM se auto-encaminan porque cada celda contiene campos que identifican la conexión de la celda a la cual pertenecen.

En una red ATM las comunicaciones se establecen a través de un conjunto de dispositivos intermedios llamados switches. Transmisiones de diferentes tipos, incluyendo video, voz y datos pueden ser mezcladas en una transmisión ATM que puede tener rangos de 155 Mbps a 2.5Gbps. Esta velocidad puede ser dirigida a un usuario, grupo de trabajo o una red entera, porque ATM no reserva posiciones específicas en una celda para tipos específicos de información. Su ancho de banda puede ser optimizado identificando el ancho de banda bajo demanda.

Conmutar las celdas de tamaño fijo significa incorporar algoritmos en chips de silicón eliminando retrasos causados por software. Una ventaja de ATM es que es escalable. Varios switches pueden ser conectados en cascada para formar redes más grandes.

3.3.1.2 Hardware de ATM

1. Conmutador

El componente básico de una red ATM es un conmutador electrónico de propósito especial diseñado para transferir datos a velocidades muy altas, por ejemplo un conmutador pequeño puede conectar de 16 a 32 computadoras. Para permitir esta comunicación a alta velocidad, cada conexión entre una computadora y un conmutador ATM utiliza un par de fibras ópticas (ver Figura 3.4).

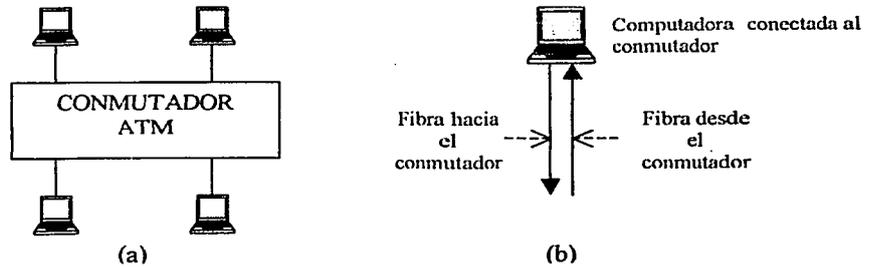


Figura 3.4 (a) Diagrama esquemático de un solo conmutador ATM con cuatro computadoras conectadas y (b) detalle de una sola conexión. Un par de fibras ópticas transporta datos hacia y desde el conmutador.

Físicamente, se conecta una tarjeta de interfaz de anfitrión dentro del bus de la computadora. El hardware de interfaz incluye un diodo emisor de luz (LED) o un láser en miniatura junto con los circuitos necesarios para convertir los datos en pulsos de luz que viajan hacia la fibra y hacia el conmutador. También contiene el hardware necesario para percibir los puntos de luz que vienen desde el conmutador y convertirlos de nuevo en bits de datos en forma electrónica y como una fibra puede transportar luz sólo en una dirección, la conexión requiere de un par de fibras para permitir a la computadora tanto el envío como la recepción de datos.

2. Tarjeta de Interfaz de red ATM.

Las NIC cuentan con un interfaz física ATM y se instalan directamente en el bus de un poderosa PC, servidor o estación de trabajo; de esta manera pueden conectarse directamente al conmutador ATM.

En la PC, servidor o estación de trabajo se requiere una API que permita la interoperabilidad entre el sistema operativo local y el sistema operativo de red con la NIC instalada en el bus. La NIC y la API, en conjunto, efectúan la función de conversión de los paquetes de datos en celdas ATM, adaptándolas para su transmisión sobre la interface física de la tarjeta de acuerdo a la recomendación UNI.[9.3].

3.3.1.3 Interfaces que permite utilizar ATM

Para formar una red extensa a pesar de que un solo conmutador tiene una capacidad finita, se pueden conectar varios conmutadores. En particular, para conectar computadoras en 2 localidades a la misma red en cada localidad puede instalarse un interruptor y pueden conectarse los dos conmutadores. Esta conexión entre dos conmutadores difiere ligeramente de una conexión entre una computadora anfitrión y un conmutador. Por ejemplo, la conexión entre conmutadores puede operar a velocidades altas y utilizar protocolos ligeramente modificados. La figura 3.5 ilustra la topología y muestra la diferencia entre una Network to Network Interface (Interfaz de Red a Red o NNI) y una User to Network Interface (Interfaz de Usuario a Red o UNI).

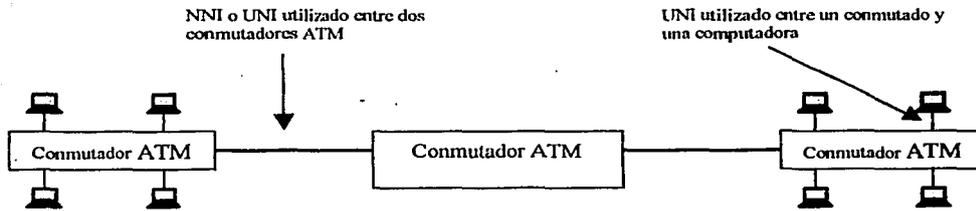


Figura 3.5 Muestra 3 conmutadores ATM combinados para formar una red extensa. Aún cuando una interfaz NNI está diseñada para utilizarse entre conmutadores, las conexiones UNI pueden utilizarse entre conmutadores ATM en una red privada.

La distinción entre UNI y NNI se debe a que las compañías de teléfonos que diseñaron la tecnología ATM utilizaron el mismo paradigma que para las redes de voz. Los diseñadores concibieron UNI como la interfaz entre el equipo en una localidad de cliente y el conmutador del propio equipo para el transporte común y NNI como la interfaz entre conmutadores operados por dos compañías telefónicas diferentes.

Para una computadora conectada con una red ATM, una instalación completa de conmutadores ATM parece ser una red homogénea, ya que oculta los detalles de hardware físico y conserva la apariencia de una sola red física con muchas computadoras conectadas. Por ello, el hardware ATM proporciona a las computadoras conectada la apariencia de una sola red física, a pesar de que tiene una arquitectura física que permite a una instalación de conmutadores contener varios conmutadores. Cualquier computadora en una red ATM puede comunicarse de manera directa con cualquier otra; las computadoras se mantienen ignorantes de la estructura de red física.

3.3.1.4 Los 2 paradigmas de conexión ATM: SVC y PVC

ATM proporciona una interfaz orientada a la conexión para conectar anfitriones. Para alcanzar un destino remoto en una red ATM, un anfitrión establece una conexión (como en una llamada telefónica). ATM ofrece dos formas de conexión:

1. Circuito Virtual Conmutado o SVC
2. Circuito Virtual Permanente o PVC

1. *Circuito Virtual Conmutado o SVC (Switching Virtual Circuit)*

Este circuito opera como una llamada telefónica de voz convencional. Un anfitrión se comunica con su conmutador ATM para solicitar que el conmutador establezca un SVC. El anfitrión especifica la dirección completa de una computadora anfitrión remota y la calidad de servicio solicitado, entonces el anfitrión espera una señal de la red ATM para crear un circuito. El sistema de señalización ATM se establece y define una trayectoria desde el anfitrión que originó la llamada, a través de la red ATM (posiblemente a través de

varios conmutadores), hacia la computadora anfitrión remota y esta debe acordar la aceptación del circuito virtual.

Durante la señalización, cada conmutador ATM, a lo largo de la trayectoria, examina la calidad de servicio solicitado para el circuito. Si se acuerda enviar los datos, un conmutador graba información sobre el circuito y envía la solicitud hacia el próximo conmutador en la trayectoria. Cada acuerdo requiere un compromiso de los recursos de hardware y software en cada conmutador. Cuando la señalización se completa, el computador local ATM reporta el éxito de la operación hacia ambos extremos del circuito virtual conmutado.

La interfaz UNI de ATM se vale de un entero de 24 bits para identificar cada circuito virtual. Cuando un anfitrión crea o acepta un circuito virtual nuevo, el conmutador ATM local asigna un identificador para el circuito. Un paquete transmitido a través de una red ATM no contiene direcciones de fuente ni de destino, de hecho, un anfitrión etiqueta cada paquete que sale y el conmutador etiqueta cada paquete que entra con un indicador de circuito.

2. Circuito Virtual Permanente o PVC (Permanent Virtual Circuit)

Aquí, un administrador interactúa con los conmutadores en una red ATM para configurar los circuitos virtuales a mano. El administrador especifica la fuente y el destino del circuito, la calidad de servicio que el circuito recibirá y los identificadores de 24 bits que cada anfitrión utilizará para acceder al circuito. Aún cuando los circuitos virtuales conmutados proporcionan accesibilidad, los circuitos virtuales permanentes son importantes porque hasta que todos los vendedores acuerden un mecanismo de señalización estándar, los conmutadores que provengan de los vendedores deberán usar PVC para operar entre sí; PVC puede emplearse en líneas arrendadas; puede utilizarse en redes para mantenimiento y depuración.

3.3.1.5 Los identificadores VPI y VCI

ATM asigna un identificador entero único para cada circuito cuando un anfitrión ha sido abierto, este utiliza el identificador cuando realiza operaciones de entrada y salida o cuando cierra el circuito(ver Figura 3.6). Sus características principales son:

1. Un identificador de circuito es corto comparado con la información necesaria para crear un circuito.
2. Se mantiene válido mientras el circuito está abierto.
3. Técnicamente, un identificador de circuito utilizado con la interfaz UNI consiste en un entero de 24 bits dividido en dos campos (el identificador de circuito usado por NNI tiene un formato ligeramente diferente y una longitud distinta). En la figura 3.6 se muestra como divide ATM los 24 bits en un identificador de circuito virtual (VPI: Virtual Path Identifier) de 8 bits y un identificador de circuito virtual (VCI: Virtual Circuit Identifier) de 16 bits. El identificador completo se conoce como par VPI/VCI.

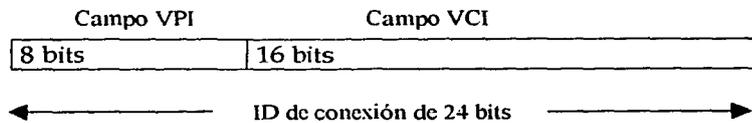


Figura 3.6 Identificador de conexión, formado por 24 bits, utilizado con un UNI. El identificador se divide en partes de ruta virtual y circuito virtual.

La dirección de la celda está contenida en los campos VPI y VCI los cuales indican la dirección hacia donde se dirige la celda. Cuando un conmutador ATM recibe una celda, el VPI y VCI dicen la procedencia de la celda, después se los cambia a la celda con base en una tabla de "conexiones" almacenada en su base de datos, y la envía por el siguiente enlace hacia el próximo nodo (conmutador o equipo de usuario). Es por ello que los VPI, VCI en ATM tienen significado "local" solamente, dado que direccionan la celda hacia el próximo nodo, pero la ruta completa se establece con base en la configuración de las tablas de conexiones de los conmutadores.

El hardware ATM usa el VPI para encaminar el tráfico de manera eficiente.

3.3.1.6 Capas de adaptación ATM

Aún cuando ATM conmuta celdas pequeñas en el nivel inferior, los programas de aplicación que transfieren datos en ATM no leen o escriben celdas. Una computadora interactúa con ATM a través de una capa de adaptación ATM, la cual es parte del estándar ATM. Esta capa realiza varias funciones incluyendo la detección y corrección de errores como los provocados por las celdas perdidas o alteradas. Comúnmente los microprogramas que implantan una capa de adaptación ATM están localizados en una interfaz de anfitrión, junto con el hardware y los microprogramas que proporcionan la transmisión y recepción de celdas.

Sólo 2 protocolos de la capa de adaptación ATM han sido definidos: uno para enviar audio y video y otro para enviar paquetes de datos convencionales. Esto es, la denominada Capa 1 (AAL1) y Capa 5 (AAL5) de adaptación ATM. Originalmente AAL3 y AAL4 se definieron para la transmisión de datos, pero se combinaron en AAL3/4 y después le siguió AAL5.

1. Capa 1 de adaptación ATM

La capa 1 de adaptación ATM acepta y envía datos a través de una red ATM en una cantidad de bits fija. Una conexión creada para enviar video utiliza AAL1 debido a que el servicio de cantidad fija es necesario para garantizar que la transmisión de video no ocasione que la imagen sea inestable o se interrumpa.

2. Capa 5 de adaptación ATM

Las computadoras utilizan la capa 5 de adaptación ATM (AAL5) para enviar paquetes de datos convencionales a través de una red ATM, aún cuando ATM utiliza celdas pequeñas de tamaño fijo en el nivel más bajo. AAL5 presenta una interfaz que acepta y entrega paquetes largos y de longitud variable. En particular, AAL5 permite que cada paquete contenga entre 1 y 65,535 octetos de datos (ver Figura 3.7).

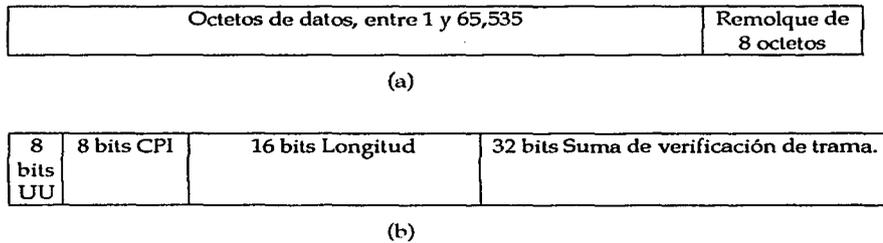


Figura 3.7 (a) Formato de paquete básico que AAL5 acepta y entrega, y (b) campo en el remolque de 8 octetos colocado después de los datos.

A diferencia de la mayor parte de las tramas de red que colocan la información de control en un encabezado, AAL5 la coloca en un registro de remolque en el extremo del paquete que contiene un campo de longitud equivalente a 16 bits, un verificador por redundancia cíclica de 32 bits (CRC), utilizado como una suma de verificación de trama, y 2 campos de 8 bits llamados UU (que puede contener cualquier valor) y CPI (debe estar puesto en cero) que actualmente no tienen uso.

Cuando una aplicación envía datos sobre una conexión ATM por medio de AAL5, el anfitrión entrega un bloque de datos a la interfaz AAL5. AAL5 genera un remolque, divide la información en bloques de 48 octetos y transfiere cada bloque a través de la red ATM en una sola celda. En el extremo de recepción de la conexión, AAL5 reensambla las celdas entrantes en el paquete, verifica el CRC para asegurarse de que el paquete llegó correctamente y transfiere el resultado al software del anfitrión. El proceso de dividir el paquete en celdas y reagruparlo se conoce como segmentación and reassembly (segmentación y reensamblado o SAR) ATM. AAL5 utiliza un bit en el encabezado de la celda para marcar la celda final de un bloque de datos dado.

En la Figura 3.8 se muestra la organización conceptual del hardware de interfaz ATM y flujo de datos a través de éste.

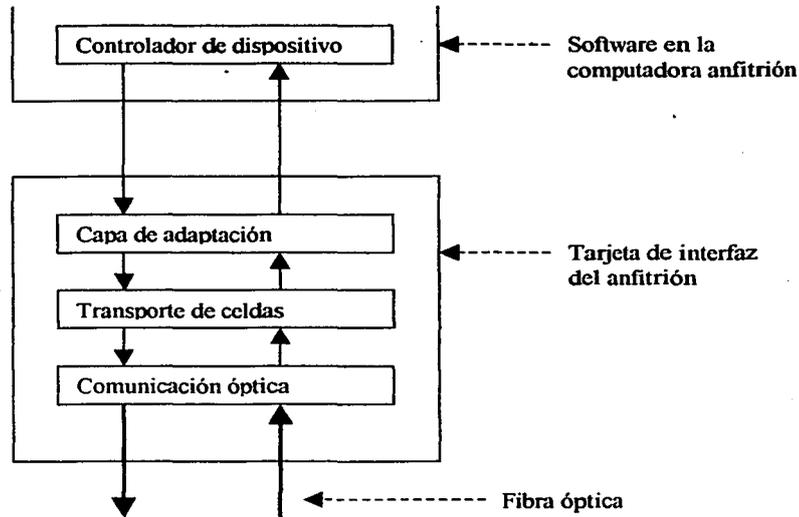


Figura 3.8 Una computadora anfitriona interactúa con un protocolo de capa de adaptación para enviar y recibir datos. La capa de adaptación convierte los datos en celdas que salen y extrae los datos de las celdas entrantes. La capa de transporte de celdas transfiere celdas hacia el conmutador ATM.

Aún cuando el hardware ATM utiliza celdas pequeñas de tamaño fijo para transportar datos, una capa superior de protocolo, llamada capa de adaptación ATM, proporciona el servicio de transferencia de datos para computadoras que emplean ATM. Cuando se crea un circuito virtual, ambos extremos del circuito deben acordar el tipo de protocolo de adaptación que será utilizado.

3.3.1.7 Prioridad de la celda

En el nivel inferior, una red ATM utiliza tramas de tamaño fijo para transportar datos llamadas celdas. ATM requiere que todas las celdas sean del mismo tamaño porque al hardware de conmutación le es posible trabajar más rápido. Cada celda ATM tiene una longitud de 53 bytes y consiste en un encabezado de 5 bytes, seguido por 48 octetos de datos.

CLP (Cell Loss Priority) es el bit de las celdas ATM que le indica al conmutador si la celda es prioritaria o no, si tiene prioridad se descartará como última instancia en caso de congestión; las celdas sin prioridad son las primeras que se descartan durante los episodios de congestión.

Cada aplicación tiene diferentes requerimientos de comunicación, por ejemplo, un enlace de voz o un enlace de video conferencia requieren que la información llegue a su destino a una velocidad fija para operar correctamente, de ahí que se consideren

aplicaciones de velocidad fija CBR (Constant Bit Rate Applications). El CBR es asignado se use o no. Si esto se cumple, no importa si se pierde uno que otro bit en el enlace ya que sólo se percibirá como una interferencia momentánea en la imagen o en la voz. En cambio una aplicación de datos, el correo electrónico por ejemplo, requiere que la información llegue completa, no es aceptable la pérdida de un solo bit en archivos de aplicaciones críticas de diseño o investigación científica, pero en este tipo de aplicación no importa si un archivo tarda 2 segundos en llegar y el siguiente tarda 10. Éstas se conocen como aplicaciones de velocidad variable VBR (Variable Bit Rate Applications).

Existen proveedores de conmutadores ATM que pueden transportar voz y video mediante VBR optimizando aún más los anchos de banda. Como ATM es una tecnología ideada para transportar cualquier tipo de información, necesita contar con mecanismos que le permitan tratar de manera diferente a cada tipo de comunicación que viaje en la red. El mecanismo con que cuenta ATM para diferenciar los tipos de información transportados es la calidad de servicio (QoS). Están definidas 4 clases de servicio denominadas A, B, C y D con las siguientes características de calidad:

- Clase A: Servicio de Velocidad Constante (CBR), orientado a conexión con señal de reloj de extremo a extremo.
- Clase B: Servicio de Velocidad Variable (VBR), orientado a conexión con señal de reloj de extremo a extremo.
- Clase C: Servicio de Velocidad Variable, orientado a conexión sin señal de reloj requerida.
- Clase D: Servicio de velocidad Variable orientado a no conexión y sin señal de reloj requerida.

En una red ATM debe definirse una clase de servicio a cada circuito virtual, permanente o conmutado, para que la aplicación que utiliza determinado circuito se asegure de recibir la clase de servicio que demanda. ATM tiene capas definidas para cada función. Estas capas se comparan con las capas del modelo OSI como se muestra en la Figura 3.9.

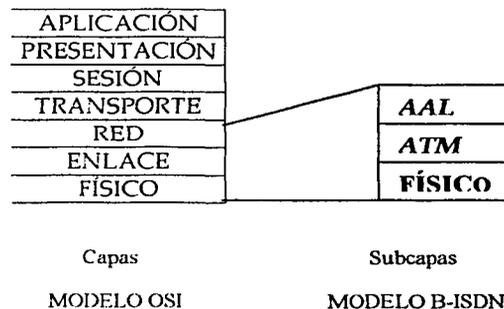


Figura 3.9 Comparación de ATM con el modelo OSI.

Como se observa, ATM funciona principalmente en las 2 primeras capas del modelo OSI, aún cuando algunas funciones de enrutamiento corresponden por sus funciones a la capa 3 del modelo de referencia. El hecho de que la conmutación de las celdas se realice en estos niveles es lo que permite que en ATM se puedan manejar tan altas velocidades de conmutación.

Nivel físico: la función en general del nivel físico de ATM es vertir celdas en el medio físico para enviarlas a otro nodo y recuperar las celdas recibidas desde otro nodo. El nivel físico se divide en 2 partes:

1. PDM (Physical Medium Dependent) : tren de bits encargado de generar la señal física inyectada al medio, también se define en este nivel el tipo de interfaz (E3, DS3, E4, etc.), así como la velocidad.
2. TC (Transmission Convergence): se encarga de convertir las celdas ATM provenientes de nivel superior, en una corriente estable de bits para entregarlo a PDM y de reagrupar en celdas ATM el tren de bits que recibe desde PDM, para entregarlas a la capa de ATM. Otra función es el desacoplamiento de velocidad según la recomendación I.321 de ITU-T; cuando se utiliza una interfaz cuya velocidad definida no es un múltiplo de 53 bytes se realiza el desacoplamiento de velocidad insertando celdas vacías y retirándolas durante la recepción.

Nivel ATM: la función básica de este nivel es mantener las rutas y canales virtuales (VPs y VCs) esto lo realiza interpretando y asignando los identificadores de ruta y de canal (VPis y VCIs) a las celdas que pasan por él.

Nivel AAL (ATM Adaptation Layer): Posiblemente se trata del nivel más importante de ATM dado que es el que le permite ofrecer las diferentes clases de servicio para soportar la conexión a la red ATM de los diferentes equipos que requieren una conexión y comunicarse con otros equipos de su especie, por ejemplo: PBXs, ruteadores, equipos de video conferencia, etc. Es en esta capa donde se reciben los datos de las capas superiores en forma de PDUs (Unidades de Datos de Protocolo).

3.3.1.8 Comportamiento de una red ATM

El comportamiento de una red ATM lo podemos resumir en los siguientes puntos:

1. ATM es una tecnología de red de alta velocidad en donde una red consiste en uno o más conmutadores interconectados para formar instalaciones de conmutación. Una instalación de conmutación ATM opera como una sola y amplia red que permite a un anfitrión comunicarse con cualquier otro.
2. Como ATM es una tecnología orientada a la conexión, 2 computadoras deben establecer el circuito virtual a través de la red antes de que puedan transferir datos. Un anfitrión puede seleccionar entre el circuito virtual de tipo permanente o

conmutado, en donde los circuitos conmutados se crean según la demanda y los circuitos permanentes requieren de la configuración manual. En cada caso, ATM asigna a cada circuito abierto un identificador entero. Cada trama que envía un anfitrión y cada trama que entrega la red contiene un identificador de circuito; una trama no contiene una dirección de fuente o destino.

3. Aún cuando el nivel inferior de ATM tiene celdas de 53 octetos para transferir información, ATM incluye un mecanismo adicional en su capa de adaptación que utiliza las aplicaciones. En particular, la capa 5 de adaptación ATM (AAL5) se utiliza para enviar datos a través de una red ATM. AAL5 ofrece una interfaz que acepta y entrega bloques de datos de tamaños variables, donde cada bloque puede ser mayor a 64K de octetos.
4. Para enviar un datagrama IP a través de una red ATM, el emisor debe formar una conexión de circuito virtual para el destino que utiliza AAL5 y enviar el datagrama hacia AAL5 como un solo bloque de datos. AAL5 añade un remolque, divide el datagrama y el remolque en celdas para su transmisión a través de la red, luego reensambla el datagrama antes de transferirlo hacia el sistema operativo en la computadora destino. Así, cuando se envía un datagrama a través de ATM, el IP no fragmenta el tamaño de la celda ATM. De hecho, el IP utiliza una MTU de 9,180 y permite a AAL5 segmentar el datagrama dentro de la celda.
5. Una subred lógica (LIS) consiste en un conjunto de computadoras que utilizan ATM en lugar de una LAN; las computadoras forman un circuito virtual entre ellas por medio del cual intercambian datagramas. Tener tanto los circuitos virtuales permanentes como los conmutados en una LIS complica el problema de la asignación de direcciones. Un protocolo ARP modificado y conocido como ATMARP maneja la asignación de direcciones para las computadoras en una LIS conectada por un circuito virtual conmutado. Las computadoras en una LIS dependen de un servidor ATMARP para asignar las direcciones IP de otras computadoras en la LIS con una dirección ATM equivalente. Cada computadora en la LIS debe registrarse en el servidor a fin de proporcionar sus direcciones IP y las direcciones ATM al servidor. Conforme sea necesario, otras computadoras pueden entonces conectarse al servidor para obtener una asignación. Como en la ARP convencional, la asignación se debe revalidar o descartar. Para ello, hay un protocolo relacionado denominado Inverse ATMARP, que se utiliza para descubrir la dirección IP y ATM de una computadora remota conectada por un circuito virtual permanente.

3.3.1.9 Beneficios en el uso de ATM

- a) ATM se ha originado por la necesidad de un estándar mundial que permita el intercambio de información, sin tener en cuenta el tipo de información transmitida. ATM es una tecnología que va creciendo y es controlada por un consenso internacional no por la simple vista o estrategia de un vendedor.

- b) ATM es un método de comunicación que se puede implantar tanto en LAN's como en WAN's. Con el tiempo, ATM intentará que las diferencias existentes entre LAN y WAN vayan desapareciendo.
- c) Actualmente se usan redes independientes para transportar voz, datos e imágenes de video debido a que necesitan un ancho de banda diferente. Por ejemplo, el tráfico de datos no necesita comunicar por un periodo extenso de tiempo sino transmitir grandes cantidades de información tan rápido como sea posible. Voz y video, por otra parte, tienden a necesitar un trafico mas uniforme siendo muy importante cuando y en el orden en que llega la información. Con ATM, redes separadas no serán necesarias. ATM es el única tecnología basada en estándar que ha sido diseñada desde el comienzo para soportar transmisiones simultaneas de datos, voz y video.
- d) ATM es un estándar para comunicaciones que esta creciendo rápidamente debido a que es capaz de transmitir a una velocidad de varios Megabits hasta llegar a Gigabits, por ello, permite la creación y expansión de nuevas aplicaciones como las generados por Internet2, debido a su alta velocidad y a la integración de tipos de tráfico.
- e) Compatibilidad, porque ATM no está basado en un tipo específico de transporte físico, es compatible con las actuales redes físicas que han sido desplegadas. ATM puede ser implementado sobre par trenzado, cable coaxial y fibra óptica.

3.3.2 Tecnología SONET/SDH

3.3.2.1 Antecedentes.

SONET es una norma ANSI que define una jerarquía digital de altas velocidades de transmisión y los formatos de multiplexaje síncrono correspondientes para uso en sistemas de transmisión de fibra óptica. Está basada en señales multiplexadas síncronas de una cadena transmitida sobre cable de fibra óptica.

Fue desarrollada por Bellcore en 1985 e introducida por primera vez a una red en 1994. Es desplegada en todos los niveles de la infraestructura telefónica, incluyendo circuitos locales, red de telefonía local y red de transporte a largas distancias.

A pesar de que SONET es un estándar norteamericano promulgado por ANSI, existe un estándar equivalente aprobado por la ITU-T (International Telecommunications Union-Telephony) llamado Jerarquía Digital Síncrona (Synchronous Digital Hierarchy (SDH)). La aceptación de este esquema SONET/SDH de multiplexaje para señalizaciones ópticas se ha escogido para aplicaciones que necesiten gran ancho de banda y tecnología de resistencia a fallas.

3.3.2.2 Velocidades de SONET/SDH

Las especificaciones de SONET/SDH designan una variedad de estándares que determinan diferentes velocidades digitales. Los dispositivos del usuario entregan y aceptan señales eléctricas que deben ser transformadas a señales ópticas para poder ser enviados sobre ésta (ver Tabla 3.5).

Velocidad (Mbps)	SONET	SDH
51.84	STS-1	-----
155.52	STS-3	STM-1
466.56	STS-9	STM-3
622.08	STS-12	STM-4
933.12	STS-18	STM-6
1244.16	STS-24	STM-8
1866.24	STS-36	STM-12
2488.32	STS-48	STM-16

Tabla 3.5 Velocidades Digitales

La jerarquía de velocidades de SONET tiene un estándar para la transmisión y multiplexaje a velocidades mucho mayores a la de los métodos tradicionales. La señal menor de SONET es llamada Señal de Transporte Síncrono de nivel 1 (STS-1), el cual tiene una velocidad de 51,840,000 bps (51.84 Mbps). Esta es la velocidad de señalización en una

conexión eléctrica de un lado de la interfaz la cual es convertida a la misma velocidad en el lado del Optical Carrier nivel 1 (OC-1) de la interfaz.



Figura 3.10 Transformación de una señal eléctrica a una señal óptica mediante un equipo de multiplexaje.

Velocidades mayores se obtienen incrementando el byte de multiplexaje de STS-1. Esta señal se denota como OC-n y STS-n, donde "n" es igual a un entero que representa los múltiplos de las velocidades OC-1. Por ejemplo OC-3 es 3×51.84 o 155.52 Mbps. El valor teórico de "n" es 255.

Diversas señales STS-1 se integran para formar señales STS-n, esto se logra sobreponiendo en forma sincronizada los octetos del STS-1. La velocidad más baja para SDH es de 155 Mbps (STM-1) que corresponde al STS-3 de SONET.

3.3.2.3 Señales ópticas en SONET.

La señal óptica que se usa actualmente en transmisiones de fibras ópticas, es una cadena serial digital la cual consiste en un recurso de luz que se enciende y apaga muy rápido para marcar la entrada de una señal eléctrica de la entrada original. La señal binaria de "on-off" se convierte en una señal óptica de "on-off".

El material de fibra consiste de un tubo cilíndrico de vidrio rodeada por una funda de vidrio llamada revestimiento. El revestimiento es reflectivo, mientras que el núcleo interior es transparente. La luz se transmite al final de la fibra a través del núcleo transparente saltando en el revestimiento reflectivo, como se muestra en la Figura 3.11. El revestimiento es como un espejo cilíndrico alrededor del núcleo así que la luz tiene un comportamiento como si fuera un "canal de luz".

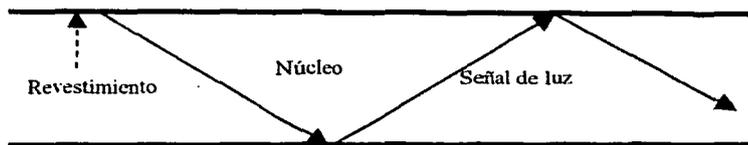


Figura 3.11 Comportamiento de la fibra óptica.

3.3.2.4 Estructura de STS-1

Como una señal digital serial es transmitida sobre cable de fibra óptica, la información es manejada de acuerdo a una estructura organizativa predefinida llamada Frame STS-1. Este frame cubre el dato de una señal óptica a 51.84 Mbps. Esta señal puede verse como 2 arreglos dimensionales que consisten en 9 renglones por 90 columnas, representando 6,480 bits por frame. La velocidad de repetición de este frame es de 8,000 frames por segundo. La duración de cada frame es de 125 microsegundos. Entonces a 6,480 bits por frame X 8,000 frames en un segundo es igual a 51,840,000 bps (ver Figura 3.12).

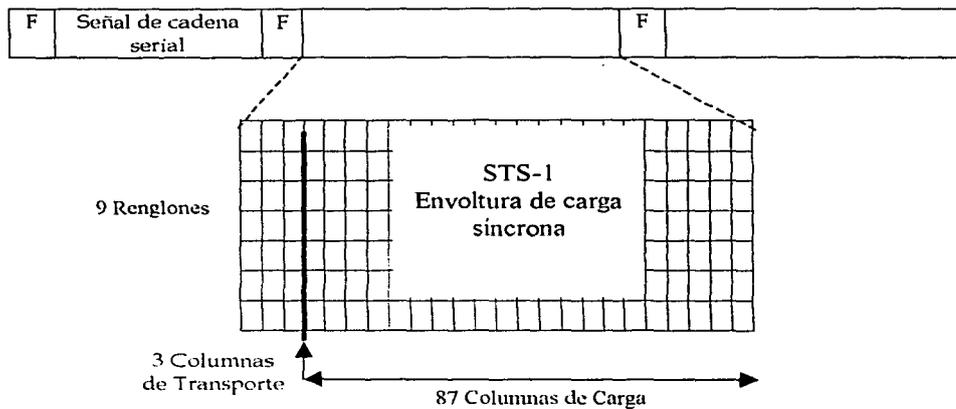


Figura 3.12 Estructura STS-1

3.3.2.5 Arquitectura anillo de SONET

El objetivo principal de SONET es la "sobrevivencia" para construir una red que pueda reconocer un corte en la fibra óptica y re encaminar tráfico antes de que ocurra una degradación en el desempeño.

Todos los carriers que despliegan SONET siguen el mismo conjunto de estándares. Pero existen diferencias en las arquitecturas de red y equipamiento que afectan significativamente el éxito de una red. Una buena arquitectura permite a una red brindar buenos servicios constantes en su nivel de servicio.

Los servicios locales SONET/SDH son entregados en 2 formas: líneas dedicadas punto a punto o anillos de doble fibra. Ambas entregan alta velocidad pero únicamente los anillos de doble fibra garantizan re encaminamiento automático.

3.3.2.5.1 Tipos de topología Anillo para SONET

Existen 2 tipos de anillo SONET. Una que conmuta rutas individuales (path switching) y los conmutadores de capacidad de línea óptica completa (line switching). La diferencia es el número de fibras que se usa. La ruta conmutada usa sólo 2 fibras mientras que la línea conmutada puede usar 2 o 4 fibras.

1. Ruta conmutada

Ruta conmutada es menos eficiente que la línea conmutada, ya que envía el tráfico en ambos sentidos a través de las dos fibras, generando redundancia. Los receptores finales monitorean ambas señales y seleccionan la mejor. Por ello, estos sistemas tienen menos capacidad fundamental que los anillos de línea conmutada.

2. Línea conmutada

En este caso cuatro líneas de fibra bi-direccionales envían tráfico solamente en la dirección requerida durante una operación normal. Cada dirección tiene una fibra de trabajo y una fibra de protección en cada dirección (ver figura 3.13). Cuando se presenta una interrupción en la fibra, el tráfico es encaminado alrededor del break en la dirección opuesta. Este método permite al anillo tener una habilidad de protección que incrementa el tráfico global obteniendo capacidad en el sistema. Estos sistemas son capaces de dar servicios de compostura y direcciones revertidas en menos de 50 milisegundos en un anillo de 1,200 kilómetros o menores.

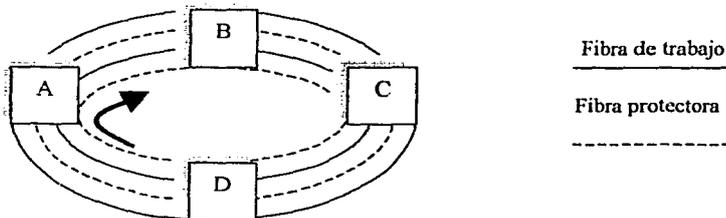


Figura 3.13 Línea conmutada

3.3.2.5.2 Despliegue Lineal contra el despliegue Anillo

SONET opera de diferentes maneras. Una mejor distinción en la operación se presenta cuando el servicio es desplegado de forma lineal o como algún tipo de anillo. Como se muestra en la Figura 3.14, un despliegue lineal es vulnerable a las interrupciones por que el cable de fibra tiene solamente una sola ruta entre los puntos finales. Los sistemas de anillo son relativamente inmunes a la interrupción porque tienen múltiples rutas de acceso implicadas en el anillo mismo.

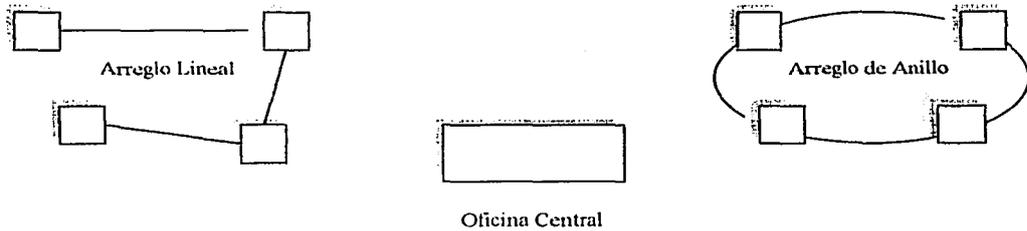


Figura 3.14 Comparación entre un arreglo lineal y un arreglo de anillo

Una arquitectura lineal SONET es configurada de una manera de punto a punto. El tráfico que se mueve del punto A al punto B tiene solo una ruta que seguir. Si existe un cable de resguardo, sigue invariablemente el mismo camino. En el evento de ruptura, la única manera de ir de A a B es direccionado el tráfico a través de alguna otra ruta en la red, si es posible. El servicio se detiene cuando la restauración es implementada.

Sorprendentemente, varios carriers han construido sus redes usando una conexión lineal. Hacen esto porque construyen SONET sobre facilidades existentes que son de naturaleza lineal.

3.3.2.6 Relaciones de SONET con el modelo OSI

SONET se encuentra en el nivel más bajo del protocolo OSI brindando una conectividad física entre las locaciones. Es un método que brinda una ruta que puede ser usada por una variedad de tráficos y protocolos. En varias maneras SONET es completamente neutral al contenido o protocolos de nivel superior de la cadena misma de tráfico. La Figura 3.15 muestra la relaciones de SONET con el protocolo OSI.

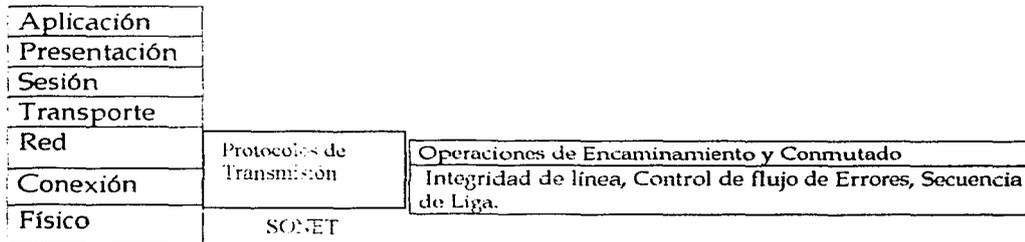


Figura 3.15 Relación de SONET con el modelo OSI

3.3.2.7 Relación de ATM y SONET con el modelo OSI

ATM se ha vuelto una solución universal para dar soporte a la ejecución de las aplicaciones del futuro, esta diseñada para trabajar en conjunto con el estándar SONET. De hecho, ha sido diseñado por el ITU-T para operar con SONET como su estándar básico de configuración. La Figura 3.16 muestra la relación de los campos de ATM asociados con SONET. Las capas de canal virtual y la ruta virtual de ATM corren encima de la capa física de SONET.

La capa física está basada en tres componentes esenciales : Ruta de transmisión, línea digital y regeneración. Estas capas corresponden a la sección , línea y operaciones de ruta descritos anteriormente.

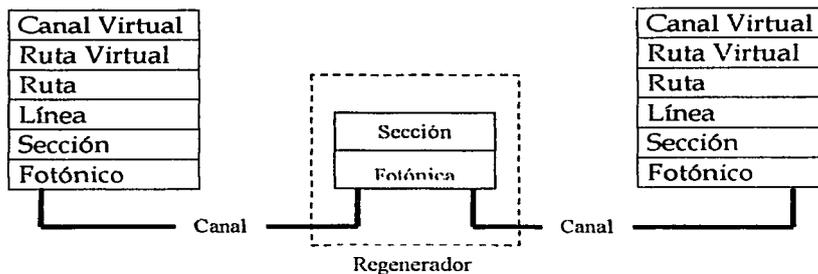


Figura 3.16 Relación de ATM y SONET con el modelo OSI.

En OSI , la capa de conexión es dividida en dos subcapas; el protocolo de control de conexión lógico (LLC : Logical Link Control protocol) y la capa de control de acceso al medio (MAC: Media Access Control). De manera similar , la capa física es dividida en dos subcapas, el protocolo físico (PHY) y la capa dependiente del medio físico (PDM: Physical Medium Dependent).

Existen dos versiones de PDM. La primera usa fibra multimodo en un rango óptico de 1325 nm, por las señales generadas por LEDs. El segundo SMF-PMD usa fibra unimodo y transmisores diodos de láser que permiten transmisiones mayores a 100 km. Secciones diferentes del camino pueden usar diversas implementaciones dependiendo de las distancias. Una sección pequeña puede usar una menor calidad mientras que secciones mayores pueden usar el estándar SMF-PDM.

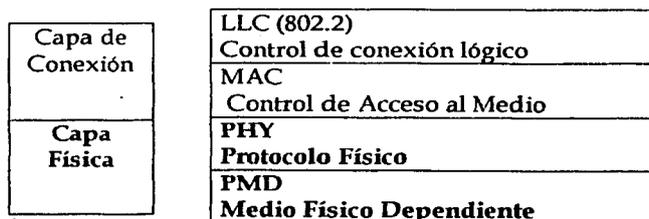


Figura 3.17 Representación de las capas de conexión y física en el modelo OSI

3.3.2.8 Beneficios en el uso de SONET/SDH

SONET/SDH son normas que definen señales ópticas estandarizadas, una estructura de trama síncrona para el tráfico digital multiplexado y los procedimientos de operación para permitir la interconexión de terminales mediante fibras ópticas, especificando para ello el tipo monomodo.

Una red síncrona es capaz de incrementar sensiblemente el ancho de banda disponible y reducir el número de equipos de red sobre el mismo soporte físico que otro tipo de tecnologías. Además la posibilidad de gestión de red dota a ésta de mayor flexibilidad.

Las facilidades de gestión avanzada que incorpora una red basada en SDH permiten un control de las redes de transmisión. La restauración de la red y las facilidades de reconfiguración mejoran la incorporación y prestación de nuevos servicios.

Algunas de las ventajas que una red SONET ofrece son:

1. Simplificación de red.

Uno de los mayores beneficios de la jerarquía SONET es la simplificación de red ya que un multiplexor SONET puede incorporar tráficos básicos en cualquier nivel de la jerarquía, sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, reduciendo las necesidades de equipo.

2. Fiabilidad.

En una red SONET los elementos de red se monitorizan extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento de la integridad de la misma. La gestión de red permite la inmediata identificación de fallo en un enlace o nodo de la red. Utilizando topologías con caminos redundantes la red se reconfigura automáticamente y reencamina el tráfico instantáneamente hasta la reparación del equipo defectuoso. Es por esto que los fallos en la red de transporte son transparentes desde el punto de vista de una comunicación extremo a extremo, garantizando la continuidad de los servicios.

3. Software de control.

La inclusión de canales de control dentro de una trama SDH posibilita un control software total de la red. Los sistemas de gestión de red no sólo incorporan funcionalidades típicas como gestión de alarmas, sino otras más avanzadas como monitorización del rendimiento, gestión de la configuración, gestión de recursos, seguridad de red, gestión del inventario, planificación y diseño de red.

La posibilidad de control remoto y mantenimiento centralizado permite disminuir el tiempo de respuesta ante fallos y el ahorro de tiempo de desplazamiento a emplazamientos remotos.

4. Estandarización.

Los estándares SONET permiten la interconexión de equipos de distintos fabricantes en el mismo enlace. La definición de nivel físico fija los parámetros de la interfaz como la velocidad de línea óptica, longitud de onda, niveles de potencia, y formas y codificación de pulsos. Asimismo se definen la estructura de trama, cabeceras y contenedores.

Esta estandarización permite a los usuarios libertad de elección de suministradores, evitando los problemas asociados a estar cautivo de una solución propietaria de un único fabricante.

Las redes de transmisión de telecomunicaciones que se desarrollan e implantan en la actualidad se basan principalmente en soluciones técnicas de jerarquía digital síncrona. Tanto las redes públicas, como empresas y organismos oficiales en sus redes privadas, están implantando SONET ya que permite una integración de todos los servicios de voz, datos y vídeo a nivel de transmisión, lo que facilita la gestión de las redes y beneficios en los niveles de protección y seguridad intrínsecos a SONET. Otra ventaja adicional de ésta tecnología es que sobre ella se pueden desarrollar otras soluciones del tipo Frame Relay o ATM.

3.3.3 Tecnología DWDM

En la década pasada, cables de fibra óptica fueron instalados por los carriers como el backbone de sus redes de oficina, convirtiéndose en el pilar de la infraestructura de telecomunicación. Usando la tecnología de multiplexaje por división de tiempo (TDM), los carriers transmitían información a 2.4 Gb/s en una sola fibra y con algún despliegue de equipo cuadruplicaron su velocidad a 10 Gb/s. La revolución en aplicaciones de gran ancho de banda y el crecimiento de Internet, ha creado demandas que exceden los límites tradicionales de TDM.

Para satisfacer las nuevas demandas de ancho de banda ha sido desarrollada la tecnología denominada Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda (DWDM), la cual multiplica la capacidad de una sola fibra. El sistema DWDM fue desarrollado para incrementar la capacidad de una sola fibra para alcanzar hasta los 40 Gb/s. Esta tecnología -cuando se combina con sistemas de gestión de redes y se agregan multiplexores- permite a los prestadores de servicio (carriers) adoptar redes de transmisión óptica que satisfacen la siguiente generación de requerimientos de ancho de banda a costo significativamente bajo en lugar de instalar una nueva fibra.

La tecnología DWDM utiliza una señal óptica compuesta que transporta múltiples cadenas de información, cada una de ellas transmitida a longitudes de onda ópticas diferentes. A pesar de que esta tecnología ya se conocía desde hace años, su aplicación fue restringida a brindar dos longitudes de onda separadas, o para manufacturar componentes que separaban más de 4 canales. Sólo recientemente las longitudes de onda pueden ser empaquetadas e integradas en un sistema de transmisión, con señales de muy alta frecuencia entre un rango de los 192 a 200 terahertz (THz). El sistema de 16 canales en esencia brinda un cable virtual de 16-fibras, con cada frecuencia de canal que sirve como un único carrier STM-10/OC-48.

Comúnmente DWDM usa un par de fibras ópticas (una para la transmisión y otra para la recepción). Existen sistemas en donde una sola fibra se utiliza para tráfico bidireccional, pero estas configuraciones sacrifican la capacidad de la fibra.

Por ejemplo, Para transmitir 40 Gb/s en 600 kms usando el sistema tradicional se requerirían 16 pares de fibras independientes con regeneradores colocados cada 35 km, teniendo un total de 272 regeneradores. Ahora bien, un sistema de 16 canales de DWDM usa sólo un par de fibras y 4 amplificadores colocados cada 120 km para un total de 600 kms.

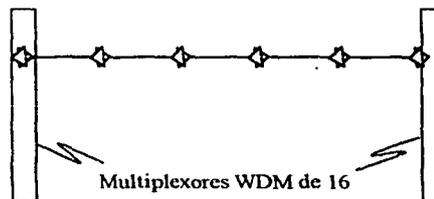


Figura 3.18 Multiplexores WDM

3.3.3.1 Demultiplexores

Las señales DWDM son muy precisas y densas, por ello, se necesita una manera de separar las señales o filtrarlas en el receptor óptico. La solución debe ser sencilla de implementar y ser libre de mantenimiento. La tecnología de filtrado fue demasiado imprecisa para DWDM que es sensible a variaciones de temperatura y polarización, restringiendo la evolución de DWDM. Para satisfacer los requerimientos de alto desempeño, se desarrolló una tecnología de filtrado que hace posible la DWDM, se conoce como in-fibra Bragg grating.

Este nuevo componente de filtrado, consiste en una componente que actúa como un reflector dependiente de longitud de onda separándola de forma precisa. En otras palabras bragg grating crea una fina selección (filtro de ancho de banda) que funciona como un espejo y selecciona la longitud de onda (ver Figura 3.19).

Este filtro de longitud de onda puede ser controlado en su fabricación a través de algunas consideraciones geométricas.

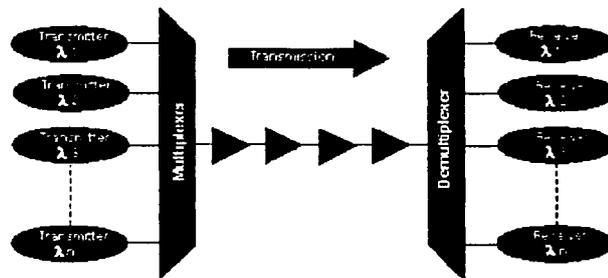


Figura 3.19 Demultiplexores WDM

3.3.3.2 Amplificadores Ópticos

La llegada de EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) ha permitido a los desarrolladores comerciales de sistemas DWDM brindar una manera de amplificar las longitudes de onda al mismo tiempo. Esta amplificación óptica se hace incorporando iones Erbium en el núcleo de una fibra especial en un proceso denominado doping. Láser ópticos son usados para transferir altos niveles de energía a esta fibra, energizando los iones los cuales lanzan señales ópticas que pasan a través de ella (ver Figura 3.20).

La estructura atómica de Erbium brinda una amplificación en el rango del espectro requerido para empaquetar densos paquetes de longitud de onda que operan en la región 1550-nm, lanzando las señales ópticas de DWDM.

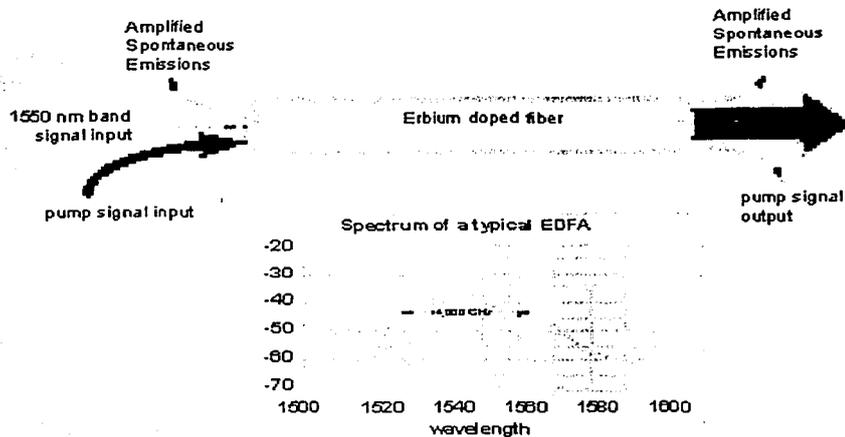


Figura 3.20 Amplificador Óptico

A pesar de que múltiples regeneradores electrónicos requieren que las señales ópticas sean convertidas en señales eléctricas y que después regresen a señales ópticas, en el EDFA directamente amplifica las señales ópticas. Por ello, las señales ópticas pueden viajar a distancias mayores de 600 kms sin ningún regenerador y a distancias de 120 kms entre los amplificadores en un sistema DWDM.

3.3.3.3 Medidas de desempeño

Existen varios aspectos que hacen al diseño del sistema DWDM único. Un espectro de canales DWDM empezarán a acumular efectos de onda como la propagación de señales a través de una cadena de amplificadores. Cada amplificador introduce emisiones amplificadas espontáneas (ASE) en el sistema, lo cual crea un decremento de la señal por el ruido que se provoca. Algunas herramientas como la fotodetección sirven para resolver este problema.

En un diseño apropiado del sistema de amplificación óptica, la probabilidad de error en la recepción de un valor binario de uno es determinado por la señal mixing con el ASE, mientras la probabilidad de error en la recepción de un valor binario de cero es determinado por solo el valor de ruido ASE.

3.3.3.4 El futuro de DWDM

Dado el rápido cambio que tenido la industria de las telecomunicaciones, es imperativo que los sistemas DWDM tengan la habilidad de adaptarse al desarrollo tecnológico del futuro y a las configuraciones de redes. DWDM con su arquitectura abierta, brinda un nivel de adaptación preparando a los proveedores de servicio tomar ventajas de la red fotónica que emerge.

Por ejemplo, los sistemas DWDM con interfaces abiertas brinda a los operadores la flexibilidad de trabajar con protocolos de SONET/SDH, ATM, Frame relay , etc. sobre la misma fibra. Los sistemas abiertos también eliminan la necesidad de agregar transmisores ópticos de alto desempeño a la red cuando se plantea una interfaz con protocolos específicos. Por ello , los sistemas abiertos permiten una rápida adaptación de nuevas tecnologías a la red óptica, a través del uso de "off-the-shelf" , relativamente barato y al alcance de los emisores.

En pocos años, DWDM ha sido reconocido como un estándar en la industria encontrando aceptación en cualquier ambiente carrier. El despliegue de DWDM permitirá que nuevos servicios se ejecuten más rápidamente. Su aceptación creará la expansión de capas ópticas a través de las redes de telecomunicaciones y permitirá a los operadores de servicio explotar la capacidad de gran ancho de banda que es inherente en la fibra óptica.

WDM reside en un campo menor del SONET, el campo físico y puede ser implementado con ATM o SONET.

WDM soporta un vasto conjunto de datos sobre un solo cable de fibra óptica (más delgado que un cabello humano) . Provee una conexión de ancho de onda dedicados, también conocidos como lambdas. Los datos son empaquetados transmitiéndose de diferente color en un haz de luz láser. Antes de WDM, la mayoría de los equipos de fibra óptica trabajaban cambiando de luz blanca prendida y apagada a muy altas velocidades. Más datos pueden ser enviados en paralelo usando diferentes colores. El equipo actual WDM divide el espectro en 16 colores. CA*net 3 está trabajando con equipo que usa 32 lambdas, pero a pesar de esto representa menos de 1% de la capacidad del cable de fibra óptica. Los vendedores están desarrollando equipos de 96 lambdas y laboratorios de investigación están experimentando con 200 y más de 1000 lambdas en las transmisiones de fibra óptica.

La mayoría de los carriers están usando WDM en sus backbones.

3.3.3.5 El protocolo Internet sobre WDM: CA*net 3

WDM impactará significativamente el futuro de las redes por la gran cantidad de datos que pueden ser empaquetados en un solo cable de fibra óptica. A pesar de que expandirá el ancho de banda considerablemente, WDM no excluye el continuar la implementación de ATM o SONET en un futuro no muy lejano, por ello, CA*net 3 es revolucionaria entre las iniciativas de la siguiente generación.

CA*net 3 representa la primer tentativa de correr IP directamente sobre fibra en una red diseñada para ese propósito.

Varias redes WDM están siendo construidas por compañías Qwest que no diseñan para tráfico IP, sino para tráfico telefónico en circuitos orientados. Esas redes no son tan eficientes como podrían ser para el carry de tráfico IP.

CA*net 3 removerá el overhead presentado al correr ATM sobre SONET. También, quitará las protecciones y servicios que éstos campos ofrecen. Los diseñadores de ésta red dicen que puede depender de las propias habilidades de IP para encaminar el tráfico alrededor de los daños, en vez de confiar en que SONET detecte los cortos de la fibra.

Otra ventaja significativa del diseño de CA*net 3, es el uso eficiente de la capacidad de la red. Corriendo IP sobre redes telefónicas, actualmente envuelven 2 conexiones: una conexión upstream y una conexión downstream. Las velocidades de líneas como OC48 son actualmente ignoradas para eliminar la exageración del ancho de banda.

Construyendo esa red para correr tráfico IP nativo sobre fibra, la CANAIRE está experimentando las posibilidades de romper la ineficiente simetría de las redes. Cuando un conducto esté congestionado una porción de la capacidad de otra cadena será invertido para auxiliar la congestión asociada con el flujo asimétrico del tráfico.

Las velocidades en el tráfico continúan y a pesar de que las velocidades DWDM continúan incrementándose otra tecnología está en el horizonte. El New York City -based Silk Road, ha anunciado recientemente su Silk Road Refractive Synchronization Communication (SRSC), el cual correrá a 93 Gbps sin amplificadores. De acuerdo con la compañía, la tecnología tiene velocidades de más de 10 Tbps, el límite teórico de la fibra. A pesar de este nuevo anuncio, la tecnología no ha sido probado en términos de implementación a pesar de que su costo es menor que el de WDM. Por ejemplo, se invirtieron \$3 millones de dólares en WDM y en esta tecnología podría requerir una inversión de sólo \$150.000.

3.4 Protocolos de comunicación

3.4.1 Protocolo IPv6

3.4.1.1. Motivos para el cambio de IPv4

El actual protocolo de Internet (IPv4) proporciona los mecanismos de comunicación básicos del conjunto TCP/IP y la red global Internet. Este, se ha mantenido sin cambio desde su inserción a finales de los años setenta, en donde las versiones de la 1 a la 3 nunca se asignaron formalmente y la versión número 5 fue asignada al protocolo ST.

La antigüedad de la versión 4 muestra que el diseño es flexible y poderoso, por las siguientes razones:

- Desde el momento en que se diseñó IPv4, el desempeño de los procesadores se ha incrementado en dos órdenes de magnitud
- El tamaño de la memoria se ha incrementado por un factor de 32
- El ancho de banda del backbone de la red Internet se ha incrementado en un factor de 800
- Las tecnologías LAN han emergido
- El número de anfitriones en Internet ha crecido hasta llegar a más de 4 millones

Pero a pesar de su diseño, el IPv4 debe ser reemplazado. Las principales motivaciones para actualizar el IP son:

1. Incrementos en el tamaño y la carga

Existe un inminente agotamiento del espacio de direcciones, ya que cuando el IP se diseñó, un espacio de 32 bits era más que suficiente. Sólo un puñado de organizaciones utilizaba LAN; pocas tenían una WAN corporativa. Ahora, sin embargo, muchas corporaciones de tamaño mediano tienen varias LAN y varias de las grandes corporaciones cuentan con una WAN corporativa. En consecuencia el espacio de direcciones que se usa actualmente no puede adaptarse al crecimiento proyectado de la red global de Internet.

El incremento en el tráfico puede atribuirse a que la población de Internet ha cambiado su composición respecto al público en general, ya que deja de estar formada sólo por académicos e investigadores. En consecuencia, la gente ahora utiliza Internet luego de sus horas de trabajo para actividades comerciales y de entretenimiento.

2. Nuevas aplicaciones

Las nuevas aplicaciones constituyen una de las fronteras de investigación y desarrollo de Internet y por lo general crean una demanda de infraestructura o servicios que los protocolos actuales no pueden proporcionar. Por ejemplo, el creciente interés en la multimedia ha creado una demanda de protocolos que puedan transferir imágenes y sonido eficientemente. De igual manera, el interés en

la comunicación en tiempo real de audio y video ha creado interés en protocolos que puedan sincronizarlos.

3. Garantizar una mayor seguridad en el envío de la información.

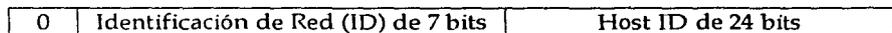
A continuación, analizaré el motivo por el cual IPv4 ya no es suficiente para mantener el incremento en el espacio de direcciones IP.

3.4.1.2 La crisis de IPv4

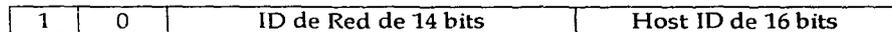
El espacio de direcciones IPv4 (Figura 3.21) está dividido en 3 clases:

- Clase A : sus bloques de direcciones han sido asignadas a pocas organizaciones ya que brindan más de 16 millones de computadoras conectadas. Solamente existen 126 bloques válidos de la Clase A.
- Clase B : brinda direcciones para organizaciones con más de 64,000 computadoras donde 164,384 de éstas existen.
- Clase C : sus bloques de direccionamiento brindan direcciones IP a más de 254 computadoras, y existen 2.1 millones de bloques de direcciones de esta clase.

Clase A



Clase B



Clase C

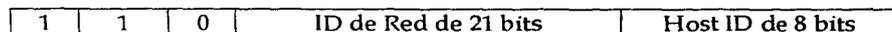


Figura 3.21 El espacio de direcciones de IPv4 está dividido en 3 clases

En este esquema se observa el problema ya que la mayoría de las organizaciones requieren más de 254 direcciones IP pero menos de 64,000. Por esto, varias organizaciones reciben el direccionamiento de la Clase B. Cuantos espacios de direcciones de la Clase B han sido desperdiciados, es desconocido.

Dos factores crearon la disminución de las direcciones IP:

Primero, las clases de encaminamiento interdominio (CIDR) permiten a los ISPs asignar múltiples direcciones Clase C a compañías que necesitan más de 254 , pero menos de 64,000. Aquí los firewalls empiezan a incorporar el Network Address Translation

(NAT), un esquema en donde las compañías pueden usar direcciones IP internas no registradas en sus redes internas. Todo el flujo de tráfico de estas redes tiene que pasar por el firewall para salir al mundo del Internet, no importa si la dirección antes del firewall era única o si a un firewall o cualquier sistema externo (como por ejemplo un servidor Web) se le asignó una dirección IP única. Este uso del NAT a pospuesto la crisis del espacio de direcciones por aproximadamente unos 10 y posiblemente 20 años.

El NAT conserva las direcciones IP, A pesar de que ésta técnica es efectiva para esconder direcciones IP en redes corporativas, NAT debe considerarse sólo como una solución interna. Agregado a esto, NAT no trabaja con IPSec.

A pesar de que la crisis de las direcciones IP no es inmediata, la migración a IPv6 debe ser investigada. Para implementar IPv6, cada computadora y ruteador debe ser actualizada para correr tanto el protocolo IPv4 como IPv6.

El aumentar el espacio de direcciones no sólo permitirá el aumento de usuarios de Internet, también lo hará con los dispositivos conectados como copiadoras, impresoras, asistentes digitales personales (PDAs), teléfonos móviles, etc. los cuales serán capaces de tener una dirección IP única y así conectarse a Internet, esto gracias al aumento del espacio de direcciones IPv6.

3.4.1.3 Orígenes de IPv6

En 1995, parecía que con el rápido crecimiento de Internet el espacio de direcciones de Internet se agotarían (porque cada sistema en Internet requiere una única dirección IP para permitir sus servicios) pero IPv6 parece ser el único camino para solucionar este problema.

En la actualidad, varias soluciones temporales técnicas se han encontrado para la crisis del espacio de direcciones trabajando con la versión actual de IP (IPv4). IPv4 ha sido usada desde 1981, pero éste no ha soportado el crecimiento de Internet por lo que necesita actualizarse.

Este protocolo fue inicialmente discutido en 1991. El criterio para el protocolo fue definido en 1992 y en 1994 IPv6 se convirtió en el estándar oficial (su primer nombre fue IP next generation: IPng). Como en todos los estándares de Internet, el IETF llevó a cabo ésta tarea. Como el objetivo era producir un estándar abierto, el IETF invitó a toda la comunidad a participar en este proceso de estandarización incluyendo a investigadores, fabricantes de computadoras, vendedores de hardware y software de red, programadores, administradores, usuarios, compañías telefónicas y televisoras por cable.

3.4.1.4 Características de IPv6

Los cambios introducidos para el IPv6 pueden agruparse en cinco categorías:

- **Direcciones más largas.** IPv6 se caracteriza por tener una dirección de 128 bits, mayor que la dirección del protocolo IPv4 que es de 32 bits. Este incremento, expande el número de direcciones exponencialmente ya que es 2^{128} , un aumento significativo en consideración con el actual protocolo. La saturación del espacio de direcciones ocurrió prematuramente porque muchas de ellas no fueron usadas.
- **Formato de encabezados flexibles.** El IPv6 utiliza un formato de datagrama completamente nuevo. A diferencia de IPv4, que utiliza un encabezado de datagrama de formato fijo en el que todos los campos ocupan un número fijo de octetos en un desplazamiento fijo, el IPv6 utiliza un conjunto de encabezados opcionales.
- **Opciones mejoradas.** Como el IPv4, el IPv6 permite que un datagrama incluya información de control opcional. El IPv6 incluye nuevas opciones que proporcionan capacidades adicionales no disponibles en el IPv4.
- **Soporte para asignación de recursos.** El IPv6 reemplaza la especificación del tipo de servicio del IPv4 con un mecanismo que permite la preasignación de recursos de red. En particular, el nuevo mecanismo soporta aplicaciones como video en tiempo real que requieren de una garantía de ancho de banda y retardo.
- **Provisión para extensión del protocolo.** El cambio más significativo en el IPv6 es el de un protocolo que especifica completamente todos los detalles a un protocolo que puede permitir características adicionales. La capacidad de extensión tiene la posibilidad de permitir que el IETF se adapte a los protocolos para cambiar al hardware de red subyacente o a nuevas aplicaciones.

3.4.1.5 Forma general de un datagrama IPv6

Un datagrama IPv6 (Figura 3.22) tiene un encabezado base de tamaño fijo, seguido por cero o más encabezados de extensión, seguidos a su vez por datos. Solo el encabezado base es indispensable, los encabezados de extensión son opcionales.

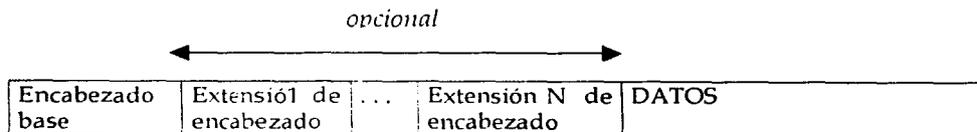


Figura 3.22 Forma general de un datagrama IPv6 con varios encabezados.

Los encabezados de extensión IPv6 son similares a las opciones IPv4. Cada datagrama incluye encabezados de extensión sólo para los recursos que el datagrama utilice.

3.4.1.6 Comparación en el formato de encabezado entre IPv4 e IPv6

A parte de aumentar el espacio de direcciones, parte del objetivo del proyecto IPv6 es simplificar los encabezados IP y su estructura de direccionamiento.

El formato de simplificación de cabeceras de IPv6 está diseñado para aliviar los problemas que causa el tener una cabecera con varios campos no usados y de longitud irregular. IPv6 simplifica este formato a través de su Formato de Simplificación de Cabeceras (Header Simplification Format). A través de IPv6 las direcciones son 4 veces más largas que las de IPv4 (ver Figura 3.23).

La longitud variable de la estructura de la cabecera del IPv4 representa algunos problemas. En IPv6, todas las cabeceras son de 40 bytes. Mientras IPv4 requiere 14 campos en la cabecera, IPv6 requiere 8. A pesar de que este problema de las cabeceras ha sido arreglado, IPv6 es diseñado para ser extensible permitiendo que características que se presenten sean agregados cuando se necesite.

IPv4

Versión	Tipo de Servicio	Longitud Total	
Identificación		Indicadores	Desplazamiento fragmento
Tiempo de vida	Protocolo	Suma de comprobación cabecera	
Dirección IP de origen			
Dirección IP de destino			
Opciones		Relleno	

IPv6

Versión	Etiqueta de flujo		
Longitud útil	Siguiente cabecera	Límite saltos	
Dirección Origen			
Dirección destino			

Figura 3.23 Comparación entre las cabeceras de IPv4 e IPv6

Un encabezado base IPv6 contiene menos información que un encabezado de datagrama IPv4. Las opciones y algunos de los campos fijos que aparecen en un encabezado de datagrama del IPv4 se han cambiado por encabezados de extensión en el IPv6. En general, el cambio en los encabezados en los datagramas refleja los cambios en el protocolo:

- La alineación se ha cambiado de múltiplo de 32 bits a múltiplos de 64 bits.
- Los campos de longitud de encabezado se han eliminado y el campo de longitud de datagrama ha sido reemplazado por el campo Payload Length (Longitud Payload).
- El tamaño de los campos de dirección de fuente y destino se ha incrementado en 16 octetos cada uno.
- La información de fragmentación se ha movido de los campos fijos en el encabezado base, hacia un encabezado de extensión.
- El campo Time-to-live (Límite de salto) ha sido reemplazado por el Hop Limit.
- El campo Service Type ha sido reemplazado por el campo Flow Label (Etiqueta de Flujo).
- El campo Protocol ha sido reemplazado por un campo que especifica el tipo del próximo encabezado.

Un nuevo mecanismo en el IPv6 soporta reservación de recursos y permite a un ruteador asociar cada datagrama con una asignación de recursos dados. Un flujo, consiste en una trayectoria a través de una red de redes a lo largo de la cual ruteadores intermedios garantizan una calidad de servicio específica. Por ejemplo, dos aplicaciones que necesitan enviar video pueden establecer un flujo en el que el retardo y el ancho de banda estén garantizados. Un flujo puede también utilizarse dentro de una organización determinada para administrar recursos de red y asegurar que todas las aplicaciones puedan compartir recursos de manera justa.

El campo Flow Label en el encabezado base contiene información que los ruteadores utilizan para asociar un datagrama con una prioridad y un flujo específicos.

En resumen, cada datagrama IPv6 comienza con un encabezado base de 40 octetos que incluye campos para las direcciones de fuente y destino, el límite máximo de saltos, la etiqueta de flujo y el tipo del próximo encabezado. Así un datagrama IPv6 debe contener cuando menos 40 octetos además de los datos.

3.4.1.7 Encaminamiento en IPv6

IPv6 presenta nuevos y eficientes métodos de encaminamiento que impactarán a Internet. En nuestros días los backbones de encaminamiento incluyen más de 40,000 rutas, haciendo el encaminamiento extremadamente molesto y no siempre de confianza.

Como en IPv4, IPv6 prepara el destino final para realizar el reensamblaje de datagramas. Sin embargo, los diseñadores tomaron una decisión poco usual respecto a la fragmentación. El IPv4 requiere un ruteador intermedio para fragmentar cualquier

datagrama que sea demasiado largo para la MTU (Maximum Transfer Unit) de la red en la que viaja. En el IPv6, la fragmentación está restringida a la fuente original. Antes de enviar tráfico de información, una fuente debe realizar una técnica de Path MTU Discovery (descubrir la MTU de la ruta) para identificar la MTU mínima a lo largo de la trayectoria hasta el destino. Antes de enviar un datagrama, la fuente fragmenta el datagrama de manera que cada fragmento sea menor que el Path MTU. Así la fragmentación es de extremo a extremo; no son necesarias fragmentaciones adicionales en ruteadores intermedios.

El encabezado base IPv6 no contiene campos análogos a los campos utilizados para la fragmentación en un encabezado IPv4. Por el contrario, cuando la fragmentación es necesaria, la fuente inserta un pequeño encabezado de extensión luego del encabezado base en cada fragmento.

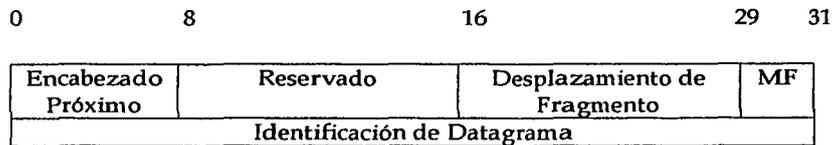


Figura 3.24 Formato de un encabezado de extensión de fragmento

La motivación para utilizar fragmentación de extremo a extremo radica en su capacidad de reducir la sobrecarga en los ruteadores y permitir que cada ruteador maneje más datagramas por unidad de tiempo.

Un protocolo que utilice la fragmentación de extremo a extremo requiere que el emisor descubra el Path MTU para cada destino y que fragmente cualquier datagrama que salga si es mayor que el Path MTU. La fragmentación de extremo a extremo no se adapta al cambio de rutas.

Para resolver el problema de los cambios de ruta que afectan al Path MTU, el IPv6 permite a los ruteadores intermedios hacer un túnel del IPv6 a través del IPv6. Cuando un ruteador intermedio necesita fragmentar un datagrama, el ruteador no inserta un encabezado de extensión de fragmento ni cambia los campos en el encabezado base. En lugar de ello, el ruteador intermedio crea un datagrama completamente nuevo que encapsula el datagrama original como dato. El ruteador divide el nuevo datagrama en fragmentos reproduciendo el encabezado base e insertando un encabezado de extensión de fragmento en cada uno. Finalmente, el ruteador envía cada fragmento hacia el destino final. En el destino final, el datagrama original puede formarse recolectando los fragmentos entrantes en un datagrama y luego extrayendo la porción de datos.

En general, IPv6 conserva la capacidad de un emisor para especificar una ruta fuente. A diferencia del IPv4, en el que el encaminamiento de fuente se proporciona mediante opciones, el IPv6 utiliza un encabezado de extensión separado. El encabezado contiene una lista de direcciones que especifica ruteadores intermedios a través de los cuales debe pasar el datagrama.

Próximo Encabezado	Tipo de Encaminamiento	Número de Dirección	Próxima Dirección
RESERVADO			
PRIMERA DIRECCIÓN			
SEGUNDA DIRECCIÓN			
.			
.			
.			

Figura 3.25 Formato de un encabezado de encaminamiento IPv6.

3.4.1.8 Tipos básicos de dirección IPv6

IPv6 asocia una dirección con una conexión de red específica (como IPv4), no con una computadora específica. Así un ruteador IPv6 tiene dos o más direcciones y un anfitrión IPv6, con una conexión de red, necesita sólo una dirección. IPv6 permite que varios prefijos sean asignados a una red dada y que una computadora tenga varias direcciones simultáneas asignadas hacia una interfaz determinada. En general, una dirección de destino en un datagrama cae dentro de una de las siguientes categorías:

- Unidifusión:* La dirección de destino especifica una sola computadora (anfitrión o ruteador); el datagrama deberá rutearse hacia el destino a lo largo de la trayectoria más corta.
- Grupo:* El destino es un conjunto de computadoras en el que todas comparten un solo prefijo de dirección (por ejemplo, si están conectadas a la misma red física); el datagrama deberá rutearse hacia el grupo a través de la trayectoria más corta y, después, entregarse exactamente aun miembro del grupo (por ejemplo, el miembro más cercano).
- Multidifusión:* El destino es un conjunto de computadoras, posiblemente en múltiples localidades. Una copia del datagrama deberá entregarse a cada miembro del grupo que emplee hardware de multidifusión o de difusión si están disponibles.

3.4.1.9 Notación hexadecimal del IPv6

Para los administradores de redes se les plantea un problema nuevo al leer, introducir y manipular las nuevas direcciones que brinda IPv6. Obviamente la notación binaria no es práctica: sin embargo la notación decimal con puntos utilizada por IPv4 tampoco hace las direcciones lo suficientemente compactas. Por ejemplo, un número de 128 bits expresado en notación decimal con puntos sería el siguiente:

104.230.140.100.255.255.255.255.0.0.17.128.150.10.255.255

Para ayudar a hacer la dirección más compacta, los diseñadores de IPv6 proponen utilizar una notación hexadecimal con dos puntos (:) en la cual el valor de cada cantidad de 16 bits se representa en forma hexadecimal separado por dos puntos. Por ejemplo, la notación hexadecimal del ejemplo anterior sería:

68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:96A:FFFF

Esta notación tiene la ventaja de requerir menos dígitos y caracteres separadores que la notación decimal con puntos. Además la notación hexadecimal incluye dos técnicas que la hacen muy útil :

1. Permite la compresión 0 mediante la cual una cadena de ceros repetidos se reemplaza por un par de puntos, por ejemplo la dirección :

FF05:0:0:0:0:0:0:B3

puede escribirse:

FF05::B3

2. Incorpora sufijos decimales con punto. Esta combinación tiene el propósito de utilizarse durante la transición del IPv4 al IPv6. Por ejemplo, la siguiente cadena es una notación hexadecimal válida:

0:0:0:0:0:128.10.2.1

aquí cada número separado por los dos puntos especifica una cantidad de 16 bits y los números de la porción decimal especifican el valor de octeto y se puede escribir de la siguiente manera:

::128.10.2.1

3.4.1.10 Jerarquía de direcciones

Para permitir que cada proveedor de Internet asigne direcciones, la autoridad de Internet asigna a cada proveedor un identificador único. El proveedor puede entonces asignar a un identificador único a cada suscriptor y el suscriptor (cliente) asigna entonces un ID único para cada red física y a cada computadora en una red un ID de nodo único.

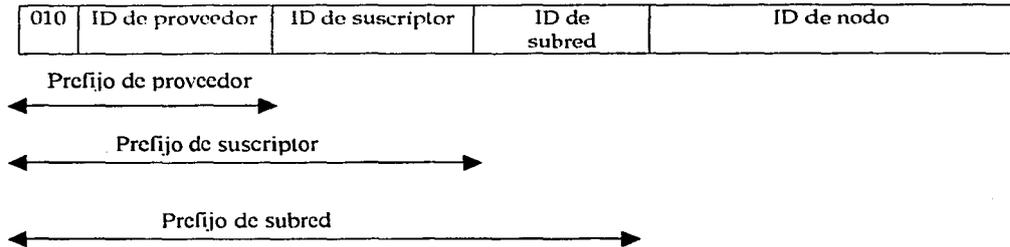


Figura 3.26 Jerarquía de direcciones IPv6 para una dirección asignada por un proveedor de acceso a red.

Como se observa en la figura 3.26, cada prefijo tiene un nombre sucesivamente más largo. La cadena inicial 010 identifica la dirección así como el tipo de asignación del proveedor. Para cada dirección, el prefijo de proveedor incluye el tipo de dirección más el ID del proveedor. El prefijo de suscriptor cubre el prefijo del proveedor más el ID del suscriptor. Por último, el prefijo de subred incluye el prefijo de suscriptor más la información de subred.

Los prefijos que aparecen en la figura sólo ocupan 3 de 128 bits. Los diseñadores recomiendan que el campo ID del nodo contenga por lo menos 48 bits para permitir que se utilice el direccionamiento de tipo 802 de IEEE. Así un nodo IPv6 puede usar su dirección Ethernet como su ID de nodo.

3.4.1.11 Autoconfiguración de los dispositivos

Uno de los problemas que tienen los administradores de redes es el de reenumerar las redes. El protocolo dinámico de configuración de host (DHCP: dynamic host configuratios protocol), es una configuración en donde los servidores asignan direcciones IP dinámicamente a sistemas cliente simplificando la tarea en los servidores en donde ha sido implementado. Pero el reenumerar redes mantiene a las compañías comprometidas con su ISP.

A pesar de que una versión del DHCP estará disponible en IPv6, este también incluye una nueva característica: autoconfiguración en donde un sistema cliente o ruteador busca y localiza su propia dirección IP en lo que dura su sesión. Un servidor DHCP no es requerido. Con autoconfiguración, cambiar a los proveedores de red no será difícil.

3.4.1.12 Experimentando con IPv6 : el 6bone

Antes de ser implementado este protocolo se necesitan hacer evaluaciones de su comportamiento, para ello existe un subred virtual de Internet denominada 6bone. Consiste en aproximadamente 327 ISPs, vendedores de redes, instituciones académicas y consorcios de investigación que se comunican usando IPv6. Varias iniciativas de la siguiente generación son participantes de 6bone, incluyendo vBNS, Signaren y TANet.

La idea de crear 6bone resultó de la discusión en la reunión 35 del IETF en marzo de 1996. Los sitios conectados a 6bone usan IPv6 para comunicarse si están cerca. En otro caso, IPv6 debe pasar a través de IPv4 para conectar otras porciones del 6bone.

En 1999 ya eran 38 países los que participan. Para participar, una organización debe correr stacks duales en sus ruteadores y ser capaz de encapsular IPv6, configurar su DNS correctamente para soportar los esquemas de direccionamiento 6bone e incorporarse en el registro de encaminamiento de 6bone.

Hasta el momento esta subred sólo se usa para evaluación y experimentación.

3.4.1.13 Seguridad en IPv6 : IPSec

¿Por qué la seguridad es un problema para el actual Internet? Porque simplemente ni el Internet ni los protocolos fueron diseñados para ser seguros, siendo un gran problema para el desarrollo , por ejemplo del comercio electrónico.

La arquitectura de seguridad de IPv6 es denominada IPSec. IPSec puede ser integrada con IPv4 y los VPNs pueden proveer esta integración. VPNs de diferentes proveedores se pueden comunicar usando el estándar IPSec.

A pesar de que IPv4 puede ser auxiliado con seguridad, IPv6 verdaderamente hace a Internet un ambiente seguro. IPSec incluye un sistema de autenticación y encriptación.

Hoy en día la encriptación es implementada en la capa de Aplicación, como en el caso, por ejemplo, de la capa de seguridad de sockets (SSL: Secure Sockets Layer) y el software de seguridad de e-mail Pret Good Privacy (PGP). IPv6 lo que hace es una encriptación en la capa IP brindando seguridad a las aplicaciones sin tener que modificarlas. Una seguridad adicional puede ser implementada en la capa de aplicación para fortalecer la infraestructura de seguridad. El resultado es una buena seguridad a nivel industrial para el comercio electrónico.

Aunque en IPSec la autenticación y encriptación pueden usarse juntas (o sólo se puede usar la autenticación sola) la encriptación está sujeta a leyes locales, las medidas autenticación (aunque incluyan criptografía) tienden a tener un soporte universal.

El encabezado de autenticación (AH) autentifica servidores a clientes, estaciones de trabajo al firewall y así sucesivamente y no lo hace con passwords o smartcards. El AH usa certificación digital para asegurar la identidad del otro sistema. Inherente a este sistema de seguridad es la idea de crear una única mezcla para cada paquete, una función matemática que corre en la máquina fuente que envía, y el resultado de ésta es incluida en el AH. La misma función matemática es ejecutada en el receptor, asegurando que el paquete no fue modificado en su transcurso.

IPSec requiere soporte tanto del algoritmo RSA's Message Digest 5 (MD5) o el algoritmo de seguridad del gobierno de los E.U. 1 (SHA-1). A parte de estos requerimientos otros algoritmos pueden ser integrados, incluyendo el código de autenticación de mensajes mezclados truncados (HMAC: truncated hashed message authentication code), otro nuevo y poderoso algoritmo.

Encriptación es opcional con IP6 y ocurre a través del payload de seguridad encapsulada (ESP: encapsulated security payload) en la extensión de la cabecera. (payload es un término técnico para el contenido del paquete). El método de encriptación es negociado entre el cliente y el servidor, asegurando que la mejor encriptación sea usada.

Un común denominador para la encriptación es el estándar de encriptación de datos de 56 bits (DES) que será soportado. Otra vez, el protocolo no especifica un algoritmo, permitiendo una poderosa encriptación usando algoritmos actuales o aquellos que todavía no son inventados.

El intercambio clave en IPSec ocurre usando el key exchange de Internet (IKE). Este protocolo no solamente mantiene el key exchange, también negocia la encriptación, autenticación y los métodos de compresión.

La encriptación puede ser mantenida de 2 maneras:

1. Cuando se encripta en modo túnel, el paquete entero (incluyendo las cabeceras) son encriptadas. Después a este paquete se le antepone una cabecera IP. Este método incrementa la privacidad, pero crea paquetes muy grandes. Los paquetes más largos que el sistema receptor pueden ser acomodados (1,518 bytes para Ethernet), fragmentados o no ser procesados por completo. Algunas de las implementaciones de IPSec compensan estos paquetes de gran tamaño usando compresión.
2. Se encripta antes o después de la autenticación. Si el paquete es encriptado antes de la autenticación, esta ocurre pero no lleva ninguna verificación consigo. Si la encriptación se da después de la autenticación el registro es automáticamente conservado (retenido). La encriptación después de la autenticación es usada sólo por el modo túnel.

Como hemos visto el protocolo IPSec brinda seguridad a las aplicaciones que trabajan sobre IPv6 y es usado hoy en día en VPNs como una extensión de IPv4.

3.4.1.14 La transición entre IPv4 a IPv6

El actualizar Internet pasando de IPv4 a IPv6 no es una tarea fácil, ya que la mayoría de los host usan Windows y éste no soporta IPv6, por ello las corporaciones no van a emigrar a IPv6 inmediatamente. El plan de transición es diseñado para permitir que tanto IPv4 e IPv6 coexistan, pasando IPv6 a través de un túnel por IPv4 donde sea necesario (ver Figura 3.27).

Para que IPv6 se convierta en el protocolo estándar de Internet, el primer paso es mejorar a los servidores DNS para que soporten el direccionamiento de IPv6. Los servidores DNS acomodan sus direcciones de 128 bits a través de un tipo de registro especial AAAA. Primero un host hace una petición a un servidor DNS; si recibe una dirección de 32 bits usa IPv4 y si recibe una dirección de 128 bits usa el protocolo IPv6.

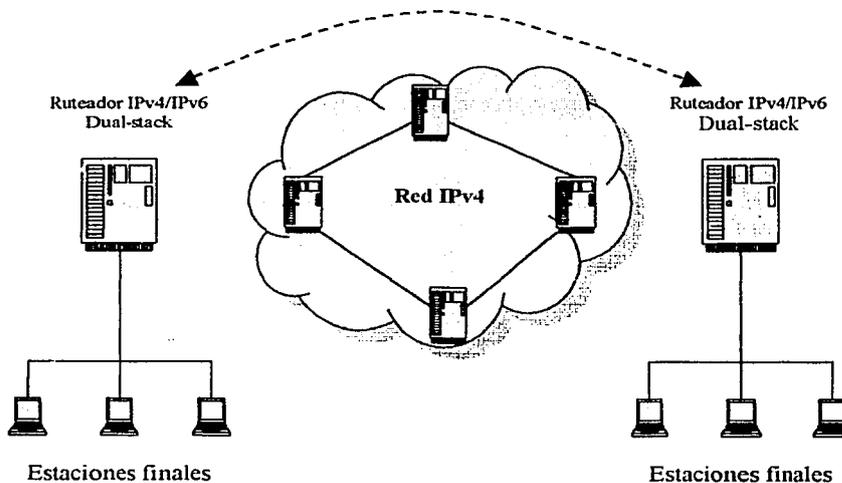


Figura 3.27 Túnel a través de IPv4

Como hemos visto IPv6 nos brinda beneficios significativos que incluyen seguridad en correo electrónico, transacciones, acceso a bases de datos remotas y protección contra ataques de diversa índole.

3.4.2 Protocolo Multidifusión

El video es sumamente importante para propósitos educativos. El enviar video a través de Internet usando las técnicas actuales hace uso ineficiente del ancho de banda. Con unicast (el método actual) una larga cadena de video es generada por cada usuario, incrementando así el número de usuarios consumiendo rápidamente el ancho de banda disponible.

Por ejemplo, en la televisión se envían señales que llegan a todo aquel que quiera recibirlas. La transmisión sobre ondas aéreas es apropiada para la televisión y el radio pero en una red IP enviar señales a todo el mundo generaría un tremendo tráfico, siendo simplemente imposible.

Existen una serie de métodos de distribución los cuales se muestran en la Tabla 3.6.

MÉTODO DE COMUNICACIÓN	CONEXIÓN	APLICACIONES
Unicast	Uno-a-uno	<ul style="list-style-type: none"> • e-mail • webcasting
Multidifusión	Uno-a-muchos	<ul style="list-style-type: none"> • Envío de video • Grandes transferencias de archivos
	Muchos -a-muchos	<ul style="list-style-type: none"> • Video conferencia • Aplicaciones de pizarrón
Broadcast	Uno-a-muchos	<ul style="list-style-type: none"> • TV • En redes IP, se envían mensajes a todos los clientes de una subred(apropiado para mensajes de interés general)
Anycast	Uno-a-cualquiera de un grupo	Balance de carga

Tabla 3.6 Comparación entre los diversos métodos de transmisión.

Comúnmente una dirección IP se refiere a un host individual en una red particular. IP también aloja direcciones que se refieren a un grupo de computadoras en una o más redes. A esas direcciones se les conoce como direcciones multidifusión y la acción de enviar un paquete a los miembros de este grupo multidifusión se denomina multidifusión (multidifusión). El IP multidifusión fue inventado por el Dr. Steve Deering en la década de los 80s.

Multidifusión tiene varias aplicaciones prácticas, por ejemplo:

- *Multimedia:* donde un número de usuarios utilizan transmisiones de audio y video desde una estación multimedia origen.
- *Teleconferencia:* Un grupo de estaciones de trabajo forman un grupo multidifusión donde una transmisión de cualquier miembro es recibida por todo el conjunto de miembros.

- *Base de Datos:* Todas las copias de un archivo replicado o base de datos son actualizados al mismo tiempo.
- *Computación Distribuida:* Resultados intermedios son enviados a todos los participantes.
- *Grupos de trabajo en tiempo real:* Archivos, gráficos y mensajes son intercambiados a través de un grupo activo en tiempo real.

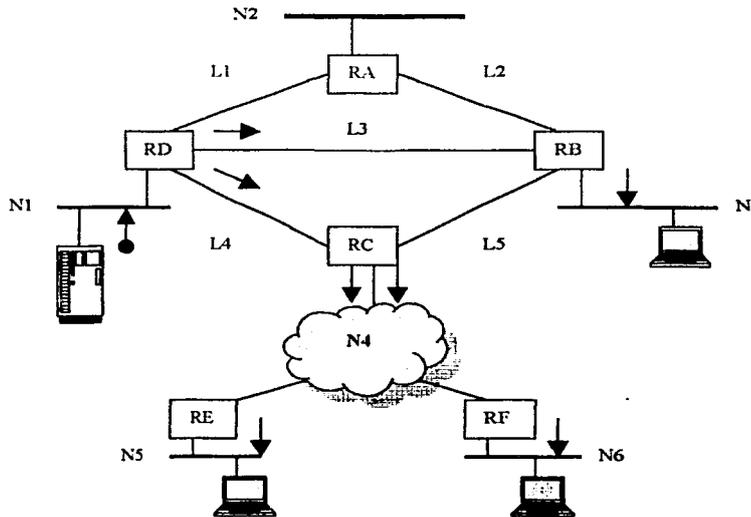
Multidifusión en un segmento de LAN es relativamente sencillo, ya que cuando un paquete con dirección multidifusión es transmitido en un segmento de LAN aquellas estaciones que son miembros del correspondiente grupo multidifusión reconocen esta dirección y aceptan el paquete. En este caso, solo una copia del paquete es transmitido. Esta técnica trabaja por la naturaleza de transmisión de la LAN.

En un ambiente de Internet, la multidifusión es mucho más complicada ya que transmite un sólo mensaje para un conjunto de destinatarios. Este mensaje viaja a través del mismo trayecto si es posible; cuando alcanza un punto en el camino donde el mensaje diverge es repetido, incrementando así la eficiencia (ver Figura 3.28).

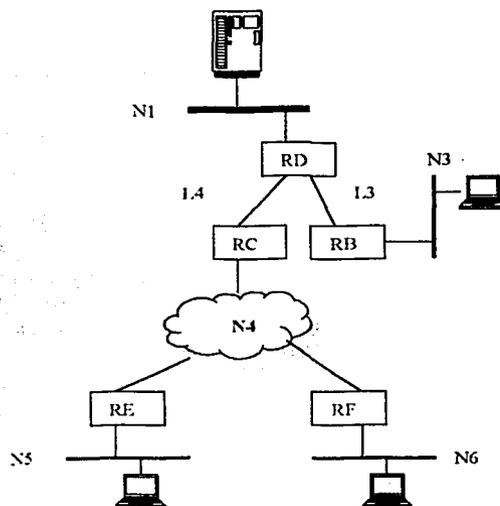
El método que se utiliza es el siguiente:

- La ruta más corta de cada red que incluye a un miembro del grupo multidifusión es determinado. El resultado es un árbol de configuración el cual incluye solamente aquellas redes a las que pertenecen los miembros del grupo.
- La fuente transmite un solo paquete a través del árbol.
- El paquete es replicado por ruteadores solamente en puntos que se ubiquen en las ramas del árbol.

Figura 3.28 Ejemplo de una transmisión multidifusión



(a) Muestra el árbol para la transmisión de una fuente al grupo multidifusión.



(b) Paquetes generados por una transmisión multidifusión.

3.4.2.1 Requerimientos para la Multidifusión

En una transmisión unicast ordinaria sobre internet, donde un datagrama tiene un único destino en la red, la tarea de cada ruteador es enviar el datagrama a través de la ruta más corta desde ese ruteador a la red destino. En la transmisión multidifusión, el ruteador es requerido para enviar dos o más copias de un datagrama de entrada. Por ello un encaminamiento multidifusión es más complejo que uno unicast. Las funciones que se requieren para lograrlo son las siguientes:

1. Se necesita una convención para identificar una dirección multidifusión. En IPv4 la dirección del tipo de la Clase D está reservada para este propósito. Para recibir una transmisión multidifusión, los individuos tienen que pertenecer a un grupo receptor teniendo un direccionamiento IP de una Clase D especializada (El direccionamiento de las clases A, B y C son usadas para el encaminamiento típico; la clase D es reservada para aplicaciones IP multidifusión). Estos son 32-bits de dirección con 1110 como su mayor orden de 4 bits, seguido de un grupo identificador de 28 bits. En IPv6, una dirección multidifusión es de 128 bits y consiste de un prefijo de 8-bits, un campo bandera de 4-bits, un campo scope (de acción) de 4-bits y un grupo de identificación de 112-bits. Este campo de bandera actualmente solo indica cuando esta dirección tiene asignación permanente o no.
2. Cada nodo (ruteador o participante fuente en el algoritmo de encaminamiento) debe obtener la dirección IP multidifusión y una lista de las redes que contienen a los miembros de ese grupo. Ésta información permite al nodo construir la ruta más corta de todas las redes a las que pertenecen los miembros del grupo a través del árbol.

3. Un ruteador debe traducir entre una dirección IP multidifusión y una dirección de subred multidifusión para así entregar un datagrama IP multidifusión a la red destino.
4. A pesar de que algunas de las direcciones multidifusión deberían ser asignadas permanentemente, el caso más usado es que las direcciones multidifusión sean generadas dinámicamente y las computadoras (host) individuales puedan ingresar y salirse de un grupo multidifusión dinámicamente. Por ello, es necesario un mecanismo en el cual un host individual informe al ruteador de la misma red por sí mismo de su inclusión o exclusión del grupo multidifusión.
5. Los ruteadores deben intercambiar dos tipos de información. Primero, los necesitan saber qué subredes incluyen a miembros del grupo, en segundo lugar necesitan información suficiente para calcular la ruta más corta de cada red que contiene a los miembros del grupo. Estos requerimientos implican la necesidad de un protocolo de encaminamiento.
6. También se necesita un algoritmo de encaminamiento que calcule la ruta más corta a todos los miembros del grupo.
7. Cada ruteador debe determinar una ruta multidifusión de la dirección fuente a la dirección destino.

Ahora bien, existen tres protocolos importantes relacionados con el encaminamiento multidifusión, estos son IGMP, el cual permite a un host ingresar y salir de un grupo multidifusión, PIM, un protocolo para un encaminamiento multidifusión interdominio y MBGP que brinda un método que distingue las rutas que se usarán para la evaluación del desempeño multidifusión.

3.4.2.2 Protocolo de Gestión de Grupo de Internet (IGMP: Internet Group Management Protocol)

IGMP es usado para registrar dinámicamente host individuales en un grupo multicast sobre una LAN particular. El host identifica el grupo de miembros enviando mensajes IGMP a su ruteador local multidifusión. Sobre IGMP, los ruteadores ponen atención a los mensajes IGMP y periódicamente envían peticiones para descubrir los grupos que se encuentran activos o inactivos en una subred particular. Todos los mensajes IGMP son transmitidos en datagramas IP. Hasta el momento existen 2 versiones de este protocolo las cuales se explican a continuación.

1. Formato del mensaje de un datagrama IGMP versión 1

Todos los mensajes IGMP son transmitidos en datagramas IP y tienen el formato mostrado en la Figura 3.29 y sus campos son los siguientes:

- Versión: La versión del protocolo, igual a 1.
- Tipo: Existen dos tipos: El tipo 1 especifica una petición enviada por un ruteador multidifusión. El tipo 0 especifica un reporte enviado por el host.
- Checksum: Es un código de detección de error. Este campo es inicializado con el valor de cero y utiliza el mismo algoritmo checksum de IPv4.
- Grupo de dirección: es cero en un mensaje de petición y un grupo de dirección válida en un mensaje de reporte.

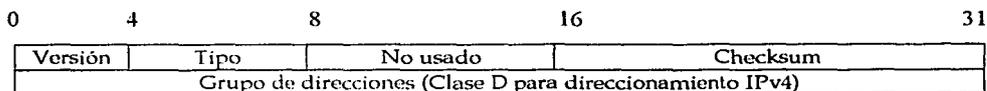


Figura 3.29 Formato de mensaje IGMP

El objetivo de que un host use IGMP es para que sepa por sí mismo que es miembro de un grupo con una dirección multidifusión dada. Para participar en un grupo, el host envía un mensaje de reporte IGMP en donde el campo de grupo de direcciones es la dirección multidifusión del grupo. Este mensaje es enviado en un datagrama IP con la misma dirección multidifusión destino. En otras palabras, el campo de dirección de grupo del mensaje IGMP y el campo de dirección destino de la cabecera IP encapsulada son las mismas.

Todos los host que actualmente son miembros de este grupo recibirán el mensaje y tendrán conocimiento de un nuevo miembro del grupo. Cada ruteador de la LAN debe poner atención a todas las direcciones IP multidifusión para así saber (escuchar) todos los reportes. El ruteador multidifusión no necesita saber la identificación de cada host de un grupo. Solo necesita saber que hay como mínimo un grupo activo.

En la versión 1, existen dos diferentes tipos de mensajes IGMP:

- Miembros por Petición
- Miembros por Reporte

Un host envía un reporte de membresía a un grupo multidifusión en particular para indicar que está interesado en participar en el grupo. El ruteador periódicamente envía una membresía de petición IGMP para verificar que mínimo un host de la subred está todavía interesado en recibir tráfico proveniente de ese grupo. Cuando no existe respuesta a la tercera vez que se realiza la Petición el ruteador parará el envío de tráfico hacia ese grupo.

2. IGMP versión 2

El RFC 2236 define la especificación para IGMAP versión 2. El formato de paquete se muestra en la Figura 3.30.

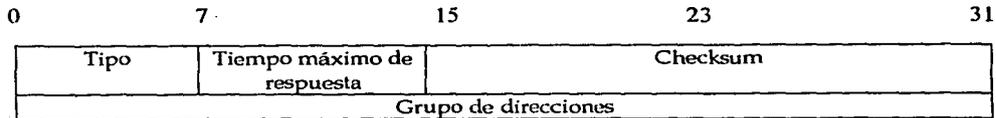


Figura 3.30 Formato de mensaje IGMP

En la versión 2, existen cuatro tipos de mensajes:

- Petición de miembro
- Reporte de miembro Versión1
- Reporte de miembro Versión2
- Salida del grupo.

Básicamente la versión 2 de IGMP trabaja de la misma manera que la versión 1. La deferencia principal es que existe un mensaje de Salida de grupo. Ahora el host puede abandonarse activamente con el ruteador multidifusión local con la intención de abandonar el grupo. Este método reduce la latencia de salida en comparación con IGMP versión 1, ya que tráfico no requerido e innecesario se puede detener.

3.4.2.2.1 Miembros de un grupo con IPv6

IGMP fue definido para trabajar con IPv4 usando una dirección de 32-bits. Ésta misma funcionalidad se necesita en IPv6. Lejos de generar una versión diferente de IGMP para IPv6, su función a sido incorporada en la nueva versión del Protocolo de Control de Mensajes de Internet (ICMPv6). ICMPv6 incluye toda la funcionalidad de ICMPv4 e IGMP.

Para soporte multidifusión ICMPv6 incluye una petición de grupo de miembros y un mensaje de reporte de grupo. Que son usados de la misma manera que en IGMP. Agregándose un grupo de finalización de mensaje, el cual permite a un host anunciar que deja el grupo.

3.4.2.3 Protocolo Multidifusión Independiente (PIM: Protocol Independent Multicasting)

Para brindar una solución general al encaminamiento multidifusión un nuevo protocolo ha sido desarrollado, llamado Protocolo Independiente Multidifusión (PIM). PIM es un protocolo independiente de cualquier protocolo de encaminamiento unicast. PIM puede tomar ventaja de protocolos de encaminamiento unicast que son usados para poblar una tabla de encaminamiento unicast. PIM usa esta información para ejecutar la función multidifusión, por ello se le denomina protocolo independiente. A pesar de que a

PIM se le toma como protocolo multidifusión realmente usa la tabla de encaminamiento unicast para realizar un Envío de Ruta Inversa (RPF: reverse Path Forwarding) que checa la función en lugar de construir una tabla nueva de encaminamiento multidifusión.

3.4.2.3.1 La estrategia de PIM

El diseño de PIM reconoce que se necesitan diferentes propuestas en el encaminamiento multidifusión dependiendo de la concentración de miembros de un grupo multidifusión. Cuando existen varios miembros y subredes dentro de una configuración que tienen miembros del grupo, entonces existe un intercambio frecuente de información. En cada ambiente es deseado que exista un árbol de ruta, en donde el caso de paquetes repetidos no se de con frecuencia. Cuando existen pocos miembros en un grupo se tienen dos consideraciones. Primero, el flujo de información del grupo multidifusión hacia los ruteadores es ineficiente, porque la mayoría de ellos no estará a lo largo de la ruta de algún miembro de un grupo multidifusión dado. En segundo lugar, tendrán poca oportunidad de usar los árboles de ruta y por ello se centrarán en brindar múltiples rutas unicast del camino más corto.

Para acomodar estos diferentes requerimientos. PIM define dos modos de operación: el modo-denso y el modo-esparcido, los cuales son de hecho dos protocolos separados.

1. PIM Modo Denso (PIM-DM)

PIM-DM usa un modelo de entrada para el flujo de tráfico multidifusión en cada borde (corner) de la red. Este es un método para la entrega de datos a los receptores. Inicialmente inunda tráfico multidifusión a través de la red. Los ruteadores que no tienen algún vecino reduce el tráfico y si no lo quiere, lo rechaza. Este proceso se repite cada tres minutos.

Este método de inundación y reducción de tráfico permite a los ruteadores acumular un estado de información recibiendo estas cadenas de datos, los cuales contienen la información del grupo para que así los ruteadores downstream puedan construir su tabla de envío multidifusión.

2. PIM de Modo Esparcido (PIM-SM)

PIM-SM es un modelo de tracción para el envío de tráfico multidifusión. Solamente los segmentos de red que tienen receptores activos (los cuales tienen peticiones explícitas) se le enviará el dato. PIM-SM usa un árbol de correspondencia para distribuir la información a los recursos activos. Dependiendo de las opciones de configuración el tráfico puede permanecer en el árbol de distribución o conmutarse hacia un árbol de distribución optimizado.

El tráfico empieza en el flujo descendente del árbol, después hacia los ruteadores y a través del camino determinan si es la mejor ruta. Si lo es, enviará un mensaje de "participación" y después re-encaminará el tráfico a través de esta ruta.

PIM-SM escala bien las redes de cualquier tamaño incluyendo aquellas con conexiones WAN. Su mecanismo explícito de participación prevendrá tráfico no deseado de las conexiones WAN.

3.4.2.4 Protocolo Border Gateway (MBGP)

MBGP brinda un método para los proveedores el cual distingue que rutas usarán para la evaluación del desempeño RPF multidifusión. La evaluación RPF es un mecanismo fundamental que usan los ruteadores para determinar los caminos que los árboles de distribución multidifusión seguirán.

MBGP es una extensión del protocolo BGP, brinda un mecanismo de administración parecido al ambiente de encaminamiento Inter.-dominio de los proveedores y consumidores. Incluye las herramientas necesarias para filtrar y controlar el encaminamiento (mapas de encaminamiento). Usando MBGP, cualquier red que utilice BGP interno o externo puede aplicar las múltiples normas de control para especificar normas de encaminamiento para multidifusión.

La ventaja principal de MBGP, es que Internet puede soportar topologías tanto unicast como multidifusión. Cuando las topologías unicast y multidifusión son congruentes MBGP puede soportar diferentes normas para cada uno. MBGP brinda normas escalables basadas en protocolos de encaminamiento inter-dominio.

3.4.2.5 La red experimental para Multidifusión (MBone)

En 1993, la IETF creó Mbone, una red virtual sobre Internet. Mbone sirve para las pruebas de IP multidifusión en donde se transmite video y audio en tiempo real. A pesar de que Mbone ha pavimentado el camino para el Internet multidifusión, es experimental y no se tiene la intención de escalarla para la Internet actual.

A pesar de que IP multidifusión es un trabajo estándar en el Internet, en redes corporativas privadas y en todas las iniciativas de Internet de la siguiente generación, todavía no se pretende usar en la Internet actual porque requiere de cambios y actualizaciones tanto en hardware como en software, como se muestra en la siguiente tabla.

El protocolo multidifusión de Internet necesita soporte en :

- Ruteadores
- Conmutadores
- Tarjetas de interfaz de red (NICs)
- Sistemas operativos
- Aplicaciones
- Firewalls

Tabla 3.7 Cambios que se necesitan para soportar IP Multidifusión.

Los firewalls son un problema en particular, ya que IP multidifusión está basado en UDP porque pueden abrir redes con buenas tareas de seguridad. Mientras Mbone habilita porciones de Internet y recibe sitios que han tenido cambios en su estructura, Internet consiste de una variedad de componentes de hardware, por eso se tienen que hacer cambios para soportar IP multidifusión.

Con los paradigmas actuales, trabajar con multimedia en la Internet comercial es insostenible. Aunque en corporaciones intranet donde el ancho de banda es mayor que en la propia Internet, la información unicast y las aplicaciones de cada usuario consumen mucho ancho de banda.

La multidifusión es usada en iniciativas de la siguiente generación, particularmente para transmitir video eficientemente.

3.4.3 Calidad de Servicio (Quality of Service: QoS)

3.4.3.1 ¿Qué es QoS?

Hoy toda la información que circula por la red recibe la misma prioridad. La implantación de QoS permitirá a las aplicaciones solicitar por sí mismas una cantidad determinada de ancho de banda o una prioridad específica.

Para entender el concepto de QoS, primero debemos saber lo que significa calidad y servicio en el área de redes de computadoras.

- Calidad:

Calidad envuelve varias propiedades en redes, pero la gente generalmente usa la palabra calidad para describir el proceso de entrega de datos confiada. Este método incluye el aspecto de pérdida de datos, mínimo retraso inducido o latencia, características constantes de retraso (también llamado jitter) y la capacidad de determinar el uso eficiente de los recursos de la red (como la distancia más corta entre dos puntos finales o la máxima eficiencia de un circuito de ancho de banda). Calidad también puede significar la distinción de propiedades, para definir características particulares de una aplicación de red específica o de protocolos.

- Servicio:

El término servicio también es un poco ambiguo, ya que depende en como la organización o el negocio está estructurado. Comúnmente usamos la palabra servicio para describir algo que se ofrece a los usuarios finales en cualquier red, como por ejemplo la comunicación de extremo-a-extremo o aplicaciones cliente servidor. Los servicios pueden cubrir un gran rango de ofrecimientos, desde el envío de un correo electrónico hasta una videoconferencia. Se tiene otro esquema más complicado para clasificar el servicio, en el cual clasificamos el servicio por el tipo de protocolo que se usa.

De lo anterior podemos definir QoS como cualquier mecanismo que brinda una distinción entre tipos de tráfico, los cuales pueden ser clasificados y administrados de diferente manera a través de la red. Es la habilidad de un elemento de una red (p.e. una aplicación, host o ruteador) de tener un nivel de seguridad de que su tráfico y requerimientos de servicio pueden ser satisfechos. Para tener QoS se requiere de la cooperación de todas las capas de red, así como de cada elemento de red de extremo-a-extremo.

QoS no crea ancho de banda, sólo la dirige (gestiona) de acuerdo a las demandas de la aplicación y la administración de la red. En sentido figurado agrega cierta "inteligencia" a la red.

3.4.3.2 ¿Porqué necesitamos QoS?

El tráfico de la red se ha incrementado por el aumento en el número de usuarios y por las aplicaciones que utilizan. Se podría pensar en primera instancia que el incrementar el ancho de banda (la capacidad de acarreo de datos de la red) podría solucionar este problema de incremento en las demandas de los usuarios. Pero es incorrecto. Nuevas aplicaciones tienen nuevos requerimientos de servicio, y como resultado Internet debe cambiar.

El protocolo de Internet (IP) ha permitido la creación de una red global en donde intervienen una variedad de sistemas y medios de transmisión. Una de las razones por las que IP tuvo tanto éxito es por su simplicidad. Pero como resultado del gran crecimiento de Internet, IP está mostrando sus debilidades. En primera instancia podemos pensar que aumentar el ancho de banda podría ser la solución, pero no es así. El problema es que el tráfico no sólo está aumentando en volumen, también ha cambiado su naturaleza. Ahora existen varios tipos de tráfico para diversas aplicaciones nuevas basadas en IP, las cuales varían en sus requerimientos operacionales.

Una de las nuevas aplicaciones de Internet es la multimedia, la cual requiere un ancho de banda significativo. Otros requieren un estricto tiempo de respuesta o una funcionalidad de uno-a-muchos o de muchos-a-muchos (multidifusión).

3.4.3.3 Garantías de servicio

Tradicionalmente los proveedores de servicios de red han usado una variedad de métodos para brindar garantías de servicio a sus suscriptores, donde muchos de ellos son contractuales. Por ejemplo, la disponibilidad de una red es una de las tradicionales medidas del Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA: Service Level Agreement) entre un proveedor y un suscriptor. Aquí acceder a la red es el servicio básico y la falla en este servicio es una falla en el cumplimiento de la obligación contractual. Si la red es inaccesible en aspecto de la calidad del servicio es cuestionable.

En ocasiones los proveedores de servicio usan un criterio adicional para definir la calidad de entrega de un servicio, tomando en cuenta el tráfico enviado, esto es, si el proveedor solo envía el 98% de su tráfico, se puede decir que el servicio está bajo en calidad. El ofrecer garantía de servicio implica que no sólo no habrán pérdidas, también el desempeño de la red debe ser consistente y predecible.

3.4.3.4 Tipos de QoS

Como se mencionó anteriormente QoS no crea ancho de banda, pero la administra para que así sea utilizada de una manera efectiva al conocer los requerimientos de la aplicación. El objetivo de QoS es brindar un nivel de predicción y control más allá del servicio del actual IP.

Algunas aplicaciones son más exigentes que otras con respecto a sus requerimientos de Calidad de Servicio. Por esta razón se tienen dos tipos básicos de QoS:

1. Reservación de recursos (Resource reservation) (servicios integrados): los recursos de la red son asignados de acuerdo a la petición de QoS de la aplicación y sometido a la norma de gestión de ancho de banda.
2. Prioridad (Prioritization) (servicios diferenciados): el tráfico de la red es clasificado y se asignan recursos de acuerdo con el criterio de la norma de gestión de ancho de banda. Para habilitar QoS, los elementos de la red dan un trato preferencial a las clasificaciones identificadas que demandan mayores requerimientos.

Estos tipos de QoS pueden ser aplicados a "flujos" de aplicaciones individuales o a flujos agregados, por ello existen otras maneras para caracterizar los tipos de QoS:

1. Por flujo : Un "flujo" es definido como una cadena de datos individual, unidireccional entre dos aplicaciones (el que envía y el receptor), únicamente identificado por un 5- tuple (protocolo de transporte, dirección de origen, número de puerto de origen, dirección destino y número de puerto destino).
2. Por agregación: Una agregación es simplemente dos o más flujos. Comúnmente los flujos tendrán algo en común , por ejemplo, uno o más de los 5-tuple parámetros , una etiqueta o número de prioridad o quizás alguna información de autenticación.

Las Aplicaciones, la topología de red y las normas, dictaminan que tipo de QoS es el más apropiado para flujos individuales o agregados. Para adaptarse a las necesidades de estos diferentes tipos de QoS existen una serie de protocolos y algoritmos, estos son:

a) *Protocolo de Reservación (RSVP: ReSerVation Protocol)*

Brinda la señalización para habilitar la reservación de recurso de la red (conocido también como Servicios Integrados). A pesar de que se usa comúnmente en base por-flujo, RSVP es también usado para reservar recursos en flujos agregados. RSVP es el protocolo mas complejo de toda la tecnología de QoS para aplicaciones (host) y para elementos de red (ruteadores y conmutadores). Como resultado, representa el mayor punto de partida del servicio estándar IP, brindando un alto nivel de QoS en términos de garantías de servicio, asignación de recursos y retroalimentación.

b) Servicios Diferenciados (DiffServ: Differentiated Services)

Brinda un camino simple para categorizar y dar prioridad al tráfico de la red (flujo) agregado. Diff-Serv es visto como un implemento simple, escalable y fácil. Esta especificación es simple por que no retiene información detallada en cada flujo de tráfico en cada ruteador. Es escalable porque agrega varios flujos para recibir mejor calidad de servicio.

Diff-Serv también es fácil de implementar porque usa las cabeceras existentes. Este usa la cabecera ToS en los paquetes IPv4 o la clase octeto para tráfico (renombrada Diff-Serv byte) en paquetes IPv6. Como Diff-Serv usa cabeceras existentes, su implementación puede pasar rápidamente a ser un estándar.

Los Servicios Diferenciados (DiffServ) brindan un método sencillo de clasificación de servicios para varias aplicaciones.

c) Multi-Protocolo de Conmutación por Etiquetas (MPLS: Multi Protocol Labeling Switching)

Brinda gestión de ancho de banda para flujo agregado por medio de un control de encaminamiento de red según las etiquetas en paquetes de encabezados (encapsulados). MPLS, es similar a DiffServ en varios aspectos, ya que este también marca el tráfico con límites de ingreso en una red y desmarca puntos de egreso. A diferencia de DiffServ que usa una marca para determinar la prioridad en un ruteador, las marca (con una etiqueta de 20-bits) son principalmente diseñadas para determinar el salto al siguiente ruteador.

MPLS no es una aplicación controlada (no existen APIs) ni tiene un componente final-host. MPLS reside únicamente en ruteadores, es un protocolo independiente, por lo que puede usarse en protocolos de redes diferentes a IP como IPx, ATM, Frame Relay o directamente sobre la capa de liga-de-datos.

El encaminamiento MPLS es usado para establecer "canales de compostura de ancho de banda" análogo a los circuitos virtuales de ATM o Frame Relay. MPLS simplifica el proceso de encaminamiento e incrementa la flexibilidad con una capa de indirección.

d) Gestión del Ancho de banda de Subnet (SBM: Subnet bandwidth Management)

Permite categorizar y dar prioridad en la capa2 (el campo de liga de dato del modelo OSI) en redes IEEE 802 compartidas (shared) y conmutadas. SBM es un protocolo de señalamiento que permite la comunicación y coordinación entre nodos de red y conmutadores en la estructura SBM [SBM Framework]y permite el mapeo a protocolos de QoS de niveles(capas) mayores [SBM Mapping].

La Tabla 3.8 compara los protocolos de QoS en término del nivel de QoS que brinda y cuando el servicio y el control son implementados en la aplicación o en la red.

Estos protocolos no son mutuamente excluyentes, al contrario se complementan entre sí. Existe una variedad de arquitecturas en donde estos protocolos trabajan juntos para brindar QoS de extremo-a-extremo a través de múltiples proveedores de servicio.

Red	Aplicación	Descripción
X		Suministra recursos E2E (privados, tráfico bajo)
X	X	Servicio RSVP [IntServ Garantizado] brinda a la aplicación retroalimentación
X	X	Servicio RSVP [IntServ Controlado] brinda a la aplicación retroalimentación
X		MPLS
X	X	DiffServ aplicado a la red principal que ingresa un nivel de servicio de reservación RSVP apropiado para ese flujo.
X	X	DiffServ o SBM aplicada a flujo base por la aplicación fuente.
X		DiffServ aplicada a una red de ingreso principal.
X		Cola (fair queuing) aplicada por los elementos de la red.

Tabla 3.8 Comparación de los protocolos de QoS en término del nivel de QoS que brinda y cuando el servicio y el control son implementados en la aplicación o en la red.

3.4.3.5 Arquitecturas de QoS

La Descripción de los protocolos que involucran a la calidad de servicio se presentaron de manera independiente del trayecto extremo-a-extremo del transmisor al receptor, pero en el mundo real estos protocolos no pueden ser usados independientes, de hecho están diseñados para usarse con otras tecnologías de QoS para brindar una calidad de "arriba hacia abajo" y de extremo a extremo entre el que transmite y el que recibe.

La mayoría de las especificaciones para "pegar" todas las piezas de QoS todavía no se ha estandarizado, pero se han definido varias arquitecturas que son posibles y necesarias para brindar una calidad de servicio de extremo-a-extremo. La que abarca una representación general del comportamiento de QoS se muestra en la Figura 3.31.

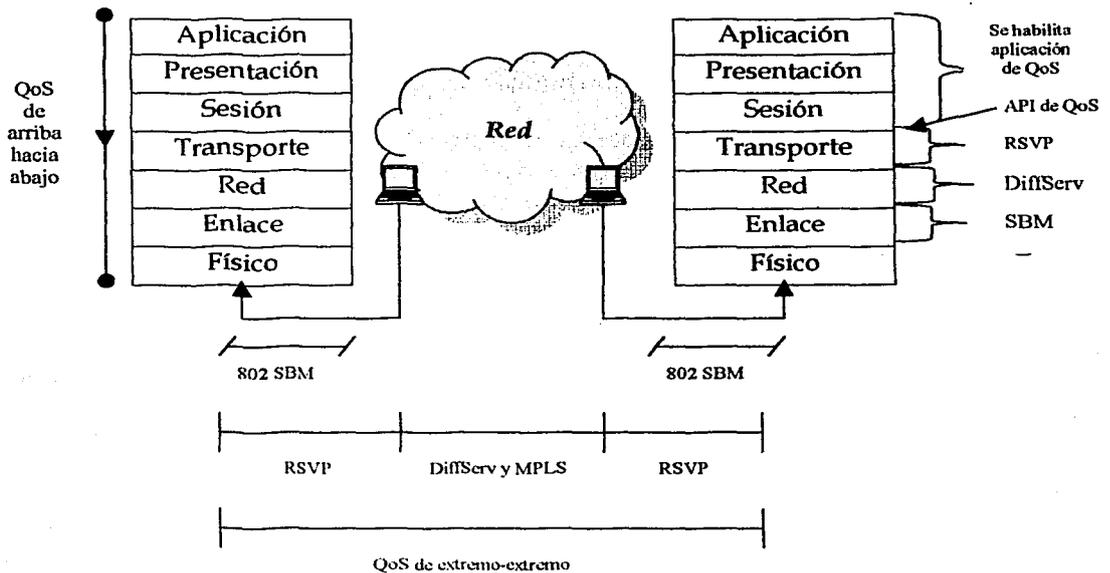


Figura 3.31 El "extremo-a-extremo" y de "arriba hacia abajo" en el mundo real significa tener heterogeneidad y eso incluye a la tecnología de QoS, el cual está hecho para complementar otros puntos de extremo a extremo.

3.4.3.6 Investigación de QoS en las iniciativas de la siguiente generación de Internet (QBone)

Tanto el comercio como las iniciativas de NGI están de acuerdo en introducir QoS en la red, ya que trabajar en esta área beneficiará tanto a aplicaciones comerciales como de investigación con necesidades de gran ancho de banda.

Iniciativas como la europea TEN-155 ha escogido usar ATM para QoS. Una investigación en combinar Diff-Serv y MPLS la está llevando a cabo CA*net 3. Internet2 se enfoca en Diff-Serv.

QoS es una de las prioridades de I2 y tiene un grupo de trabajo para QoS el cual está creando una red de prueba denominada Qbone, correrá sobre un segmento de red de I2 y se usará para probar Diff-Serv a través de múltiples arquitecturas de "nube", incluyendo IP sobre ATM e IP sobre SONET.

En conclusión estas tecnologías - redes ópticas, IPv6, multidifusión y QoS- son los fundamentos en donde las aplicaciones de la NGI se están construyendo.

C APÍTULO IV

Aplicaciones de Internet2 y su marco de desarrollo

4.1 Categorías de aplicaciones

Cuando las limitaciones de ancho de banda son eliminadas, diferentes tipos de aplicaciones se vuelven posibles, ya que grandes conjuntos de datos pueden ser manipulados de manera remota.

Las iniciativas de la siguiente generación de Internet además de usar de manera inteligente el ancho de banda, tienen la capacidad de manipular datos a distancia permitiendo el desarrollo de un amplio rango de nuevas aplicaciones que no podrían ser desarrolladas e implementadas en la Internet actual.

Las aplicaciones que describiré a continuación, requieren el uso de tecnología de redes y protocolos avanzados, así como del ancho de banda que sólo éstas redes podrían ofrecer. Otras aplicaciones no requieren gran ancho de banda pero sí un tiempo de respuesta instantáneo.

Existen tres tipos de interacción que se pueden presentar en el uso tanto de la Internet comercial como en la siguiente generación de Internet, éstas son:

1. Interacción de humano a humano.

Ejemplos de este tipo de interacción son videoconferencia, chat y voz telefónica. En términos de aplicaciones avanzadas la colaboración permitida por la Teleinmersión (en donde dos personas geográficamente distribuidas interactúan con modelos tridimensionales en un ambiente virtual en tiempo real) también es ejemplo de este tipo de interacción.

2. Interacción de humano a máquina.

Como ejemplo de este tipo de interacción se encuentran las consultas de usuarios. Los servidores de Web usan servicios de navegación, voz, video, protocolos de transferencia de archivos (FTP) y Telnet, los cuales permiten la transferencia de información en computadoras remotas.

3. Interacción de computadora a computadora.

Ejemplos de este tipo de interacción son el correo electrónico, envío de mensajes usando voz, multicasting, etc. Arquitecturas de objetos distribuidos usan comunicación de computadora a computadora, permitiendo consultas remotas y manipulación de datos. Como aplicaciones avanzadas, se incluye el mapeo de bases de datos, cálculos complejos astronómicos y climáticos, etc.

4.2 Estrategias en el desarrollo de aplicaciones

Una estrategia en la decisión de cuales serán las aplicaciones a las que se le dedicará una mayor atención, son aquellas que requieran los servicios avanzados previstos en las conversaciones mantenidas con el grupo de ingeniería de Internet2, esto incluye la reserva de protocolos para el ancho de banda y garantías de calidad de servicio (QoS) que mitiguen el retardo en las aplicaciones sensibles al tiempo.

Esos protocolos y garantías deben permitir resultados por encima de las capacidades actuales para alcanzar el objetivo de un nuevo WWW para la educación, el entretenimiento y los negocios. De la misma forma, la incorporación de video clips al software educativo distribuido por la red, ayudaría al cumplimiento del objetivo de una educación distribuida.

Entre las aplicaciones que están hoy más allá del campo de investigación de la Internet actual, está la teleinmersión y diversos proyectos de laboratorio virtual. Un ejemplo de proyecto de laboratorio virtual podría enfocarse hacia el desarrollo de un nano-manipulador (interfaz natural de realidad virtual conectada en red a microscopios de barrido, incluyendo microscopios de efecto túnel y microscopios de fuerzas atómicas). La teleinmersión podría ir más lejos al permitir a sus participantes compartir un entorno común virtual realista que les permitiera además de la comunicación humana de forma natural dentro de un entorno virtual, la interacción dentro de una aplicación común.

Una segunda estrategia clave es identificar las aplicaciones que tienen más probabilidades de proliferar en un entorno rico en herramientas de desarrollo. Probablemente esas herramientas serán descubiertas en el propio contexto de desarrollo de aplicaciones para Internet2.

Los servidores Web y los navegadores son ejemplos de herramientas que han permitido el desarrollo de cientos de aplicaciones de la tecnología Internet. En el contexto de Internet2 la aparición de buenas herramientas genéricas puede hacer que veamos un nuevo horizonte en el desarrollo de programas.

Será importante identificar aquellas áreas de desarrollo de aplicaciones hacia las que se está dirigiendo (o se dirigirá pronto) el sector comercial. El objetivo en esos casos será prever la participación de las instituciones de Internet2 en el diseño y ejecución de las herramientas necesarias para generar este tipo de aplicaciones, por ejemplo, el comercio electrónico.

De forma similar, será importante identificar áreas de desarrollo de aplicaciones clave donde no se dirigirá el sector comercial, desarrollando estrategias para avanzar en estas áreas incluyendo las de financiación y dirección de cualquier proyecto de desarrollo concurrente.

4.3 Gestión de aplicaciones

Las instituciones miembros deben decidir a quién extender el proyecto a fin de identificar las áreas de desarrollo de aplicaciones clave y proveer de fondos a las mismas. Los grupos regionales de las instituciones participantes y sus socios regionales, se constituyen para implementar la arquitectura distribuida GigaPop prevista por el grupo de ingeniería de Internet2. Estas coaliciones regionales invierten en el desarrollo de aplicaciones. Por ello, es importante identificar las herramientas de desarrollo y sus áreas de aplicación las cuales no deben dejarse a los caprichos de los esfuerzos regionales, y reservarlas como prioridades nacionales merecedoras de inversiones por parte del proyecto Internet2 y sus socios nacionales.

En el caso de proyectos de desarrollo nacionales y regionales, la iniciativa Internet2 debe coordinarlos y, cuando se necesiten inversiones, dirigir estos esfuerzos de desarrollo. Con este fin, el proyecto empleará, personal de aplicaciones que facilitará la coordinación y dirección del mismo.

4.4 El Grupo de Aplicaciones de Internet2

El objetivo del Grupo de Aplicaciones de Internet2¹ es facilitar y coordinar la creación de una arquitectura y herramientas de desarrollo de aplicaciones que se beneficien de los servicios avanzados de red de Internet2. Estas herramientas aparecen en el proceso de desarrollo de aplicaciones específicas a través de todo un rango de áreas de aplicación, pero su valor fundamental es el de poner los cimientos para el desarrollo de aplicaciones distribuidas que contribuyan al objetivo general de servir a la educación superior, enseñanza, investigación y servicio público.

4.4.1 Iniciativa de desarrollo E2E de Internet2.

La experiencia que la comunidad de I2 ha demostrado, es que tanto los investigadores, profesores y estudiantes no ven en este momento una buena herramienta para el desarrollo de aplicaciones, como por ejemplo la video conferencia. Tanto ingenieros como especialistas en el desarrollo de aplicaciones han encontrado cuellos de botella y diversos problemas a través del camino de la red extremo a extremo (E2E: End to End) entre el despliegue local y el recurso al final de la otra conexión.

A finales del año 2000, Internet2 anunció una nueva iniciativa dirigida a mejorar el desarrollo de la infraestructura E2E de la red que investigue y facilite el uso y desarrollo de aplicaciones avanzadas².

¹ http://www.internet2.edu/html/working_groups.html

² <http://www.internet2.edu/e2eperf>

El 9 de enero del 2001 , cuarenta y tres miembros de la comunidad de Internet2 realizaron una reunión con representantes corporativos (incluidos Cisco, Qwest y Microsoft) y profesionistas del área de ingeniería de la NSF. El propósito de la reunión fue planear el campo de acción , tiempos y procedimientos para definir la métrica de esta nueva iniciativa.

Es reconocido que este trabajo requerirá un periodo largo de tiempo para llevar a cabo un estudio confiado de redes.

4.4.2 Objetivo de la iniciativa E2E

El objetivo de la Iniciativa de desarrollo de I2 E2E es brindarle al usuario final la capacidad de obtener un aprovechamiento óptimo de la actual infraestructura de red, creando un ambiente previsible y bien soportado en donde los usuarios tengan experiencias satisfactorias en el desarrollo y uso de aplicaciones avanzadas de Internet enfocando sus recursos y esfuerzos en detectar y solucionar problemas alrededor de los centros universitarios tanto regionales como nacionales.

Para lograr esto, la iniciativa identificará problemas comunes, herramientas y técnicas para detectar y resolver estos problemas definiendo e implementando un ambiente operacional donde un investigador pueda tener uso de toda la capacidad de la red .

Avances en el despliegue operacional , uso de mediciones activas y pasivas, el mejoramiento de host finales y aplicaciones, son metas a alcanzar como resultado de la iniciativa.

La iniciativa incluye mayores esfuerzos en la comunicación para la difusión de eventos en tiempo real, árboles de decisión y otros recursos para permitir al usuario final y personal de soporte resolver problemas. Dicho proyecto está estructurado por miembros de los centros universitarios, operadores e investigadores de redes, vendedores de equipos de cómputo y redes y los miembros principales de Internet2.

La iniciativa E2E pretende resolver los problemas que se presentan en las diferentes áreas de desarrollo, éstas son :

1. Aplicaciones E2E

El problema que se pretende solucionar, es que las aplicaciones no sean los causantes de que el tiempo de respuesta sea lento. Para lograr que las aplicaciones cumplan con las expectativas deseadas se debe trabajar en las áreas de diseño de aplicaciones, implementación y operación.

2. La computadora anfitrión (host) y el Sistema Operativo (Host/OS)

Se ha observado que las aplicaciones son afectadas por los componentes de software y hardware del sistema del usuario final. El Host/OS está ligado a el NIC

(Network Interface Card) en un extremo y a la API/Library de propósito general usada para acceder a la red por medio de la aplicación por el otro extremo. Existen un número de "sub-capas" entre estos dos puntos finales y cada uno tiene su propia forma de ejecución y optimización de recursos. Los elementos básicos de hardware (CPU, memoria, disco y buses) y su ejecución, también son incluidos en esta área de investigación.

El problema a resolver es identificar cualquier sub-capa que limite el trabajo de la red, determinar si esa capa puede ser optimizada y si se puede, hacerlo.

3. La red

Actualmente, el evaluar de un punto final a otro punto final nos indica la latencia, pérdidas, etc. pero no nos indica la ubicación de un problema, cuando existe.

El objetivo aquí, es habilitar un segmento del E2E de una manera sistemática para monitorearlo y analizar la infraestructura de la red la cual acarrea una serie de protocolos basados en IP (UDP, TCP, etc.) y una serie de ligas (locales, del centro universitario, gigaPoP y WAN).

4. Soporte operacional

Los procedimientos y operaciones logísticas son necesarios para permitir a varios dominios comunicarse y coordinarse en un trayecto E2E. Esto incluye no sólo la solución del problema, importa también el estado de la red en tiempo real y sus capacidades.

Actualmente, cada dominio de red opera de manera independiente, con poco intercambio de información operacional. Los administradores de sistemas de cómputo no tienen comunicación con otros administradores. Así, nadie es capaz de tener una visión completa de algún trayecto E2E.

Idealmente, un conjunto estándar de procedimientos e información estará a la mano (organizado por áreas) para que así cualquiera sea capaz de determinar la solución del problema de la red entre dos puntos.

Cuando los problemas ocurran, existirán protocolos de comunicación para ayudar a los usuarios, administradores de sistemas de cómputo y operadores de red a alertar el problema y resolverlo.

5. Iniciativa de soporte

El éxito de la iniciativa de E2E se deberá a la buena organización y difusión de la información, herramientas, un buen soporte, actividades de retroalimentación, buena dirección y una efectiva evaluación de las actividades.

Se ha propuesto que los miembros de Internet2 tomen la coordinación central y soporte de estos esfuerzos creando una estructura para la difusión de esta información y la comunicación entre otras partes de la iniciativa.

UCAID, la entidad corporativa de Internet2, ha brindado \$1.5 millones de dólares para soportar la iniciativa, aunque se prevee que se necesitará más que eso. Los elementos que se involucran en ésta área son la comunicación entre las bases de conocimiento, capacitación, dirección y evaluación estructural.

4.5 Educación a distancia

Actualmente, para la generación de aplicaciones en el área de educación a distancia, existen herramientas de desarrollo orientado a objetos y arquitecturas distribuidas de objetos, por ejemplo Java, Active-X, etc. Estas herramientas genéricas y "estándar" no proporcionarán todos los bloques elementales necesarios para crear un entorno distribuido en la enseñanza y la investigación a pesar de que, probablemente, resolverán muchos problemas como la autenticación, autorización y seguridad, por poner algunos ejemplos.

Los nuevos modelos y herramientas, sin embargo, pueden extenderse para incluir las funcionalidades requeridas. Crear materiales para la enseñanza en red, por ejemplo, puede ser mucho más fácil si los desarrolladores cuentan con protocolos genéricos y multiplataformas. Por ejemplo, una aplicación diseñada para permitir al estudiante recoger y analizar datos provenientes de instrumentos científicos en Internet, debería tener acceso a una herramienta de muestreo en red que fuera capaz de manipular varios protocolos de datos en una ventana inteligente de trazado que dispusiera, además, de una variedad de dispositivos de escalado y representación y, por supuesto, una herramienta que permitiera pasar los datos del muestreo a dicha ventana de trazado.

Con tales herramientas, el desarrollador podría concentrarse en la creación de un entorno de aprendizaje en red que incorpore obtención y análisis de datos de forma interactiva. De forma más general, los bloques elementales interoperativos requeridos por los desarrolladores de contenidos, podrían incluir modelos gráficos en dos y tres dimensiones, esquemas de modelado matemático, mecanismos de computación y manipulación simbólica, un lenguaje matemático de guiones (scripting), esquemas de modelado molecular, tablas periódicas inteligentes y herramientas atómicas de enlaces, esquemas para desarrollar estudios de práctica judicial basados en video clips, herramientas de glosario de textos, herramientas para la sincronización de datos temporales (como la música) con texto e imágenes relacionadas (partituras musicales), bases de datos léxicas bilingües y herramientas de búsqueda para el desarrollo de aplicaciones de aprendizaje de una segunda lengua, así como otras muchas funcionalidades genéricas. Estas son las clases de bloques elementales que pueden formar la base de los contenidos del "Instructional Management System" descrito a continuación.

4.5.1 El IMS (Instructional Management System)

Cualquier proceso educativo, ya sea de enseñanza primaria o media, universitaria o técnica incorpora, de forma típica, las siguientes acciones:

- Establecer los objetivos de enseñanza.
- Localizar y revisar (o crear) los materiales educativos (p.e. instrumentos de diagnosis, libros de texto, software educativo, instrumentos de valoración, pruebas de maestría).
- Determinar el nivel de destreza o conocimiento del estudiante.
- Asignar los materiales apropiados al estudiante.
- Proporcionar acceso al estudiante a los módulos y componentes educativos.
- Revisar y seguir la trayectoria de los progresos académicos del alumnado, interviniendo directamente cuando sea necesario.
- Proporcionar y dirigir las comunicaciones estudiante-tutor y estudiante-estudiante, tanto de forma síncrona como asíncrona.
- Evaluar el aprendizaje del alumno.
- Informar los logros en el aprendizaje.

En el entorno educativo tradicional, este proceso de enseñanza es diseñado, controlado y llevado a cabo por los profesores. En un entorno educativo distribuido en red, este proceso es diseñado por los mismos profesores, pero manejado por un software, compartido por alumnos, profesores y por otras entidades como editores y proveedores de información. A este sistema de dirección educativa basada en red se la denomina IMS³.

El IMS se compone de servicios y estándares. Los estándares permitirán a los módulos educativos distribuidos interoperar en lo que respecta a aspectos tales como el seguimiento del progreso de los alumnos, incorporación automática de los módulos en marcos más amplios, interacción colaborativa y flujos entre los módulos. Los estándares crearán también un mecanismo común para la organización y recuperación de los objetos educativos basados en red al reflejar la relación entre los módulos educativos individuales y los objetivos específicos de aprendizaje. Mientras algunas de las tecnologías de IMS podrían ser desarrolladas en el entorno de la Internet actual, los componentes síncronos de comunicación y las tecnologías para enlazar y proporcionar materiales multimedia de aprendizaje requerirán servicios de red todavía no disponibles.

La Iniciativa de Infraestructura para la Enseñanza Nacional de EDUCOM creará y publicará los estándares del IMS. La intención de dichos estándares es hacerlos disponibles de forma amplia, para que de esta manera, los desarrolladores comerciales puedan crear sistemas IMS propios basados en estándares genéricos y de alguna manera, paralelos al desarrollo y adopción de los estándares URL, HTML y HTTP en el contexto de la Web.

³ <http://www.internet2.edu/html/learningware.html>

Los desarrolladores de módulos educativos podrán usar los estándares como un medio para asegurarse de que los módulos de software están de acuerdo con el IMS, cualquiera que sea la implementación específica del IMS que se use para dirigirlos. Los estándares definirán los elementos de datos que se incorporarán en los objetivos relacionados tales como, estilos de aprendizaje, apuntes, información de estado de herramientas de colaboración, etc.

Los módulos educativos proporcionarán informes de estado con la frecuencia especificada por el instructor o en respuesta a cualquier acontecimiento dentro del sistema, como la finalización de un módulo por parte del alumno. Los módulos recogerán una variedad de información incluyendo resultados de los exámenes, tiempo de permanencia en el centro e información sobre apuntes. Los módulos operarán de varias formas:

- El control remoto permitirá al profesor pasar información al módulo como respuesta a una pregunta por parte del alumno.
- El modo previo permite al profesor estudiar previamente un módulo. De esta forma, se puede acceder a las notas originales y comentarios del autor.
- El modo de instrucción es para el uso normal del alumno.
- El modo de revisión es para uso del alumno y le permitirá la revisión de los módulos una vez completados. Este modo afectará al módulo de informes si el sistema de administración recoge estos datos.

Los módulos podrán también recibir instrucciones de la dirección: por ejemplo, aceptar instrucciones remotas de control e instrucciones de interacción colaborativa y acudir a otros módulos o utilidades que permitan al módulo primario cumplir los objetivos educativos y del sistema.

4.51.1 ¿Quién usará el IMS?

El IMSS será usado por:

- a) Los estudiantes. que podrán aprender en cualquier lugar y a cualquier hora, y ser capaces de controlar el proceso de aprendizaje hasta un grado inalcanzable hoy en día, usando los medios tradicionales educativos. El IMS proporcionará un híbrido entre la típica experiencia de aula altamente estructurada y la falta total de organización asociada, normalmente, con navegar por la red.
- b) Los profesores. que podrán acceder fácilmente a un amplio abanico de materiales educativos. Desde el punto de vista del profesor, el IMS abrirá la posibilidad de explorar la red a la búsqueda de materiales educativos potenciales de una forma coherente y productiva, revisando con anterioridad estos materiales, incorporándolos a los cursos, y poniéndolos a disposición de los alumnos.
- c) Los autores, que conseguirán una mayor difusión de sus trabajos y se asegurarán la interoperación con otros objetos. Una ventaja particular del IMS es que les permite la publicación de módulos relativamente pequeños, tanto si los usuarios tienen que pagar una tarifa como si no; y ser usados en conjunción con módulos de otras

fuentes, creando así grandes ofertas educativas. Una analogía similar sería el caso de los apuntes de clase frente a los libros de texto. La mayor parte de los instructores no tienen el tiempo o la inclinación a escribir y publicar manuales, pero preparan guiones para sus clases y apuntes. El IMS permitirá publicar el equivalente electrónico a esos guiones, que podrán ser incorporadas por otros en sus trabajos.

- d) Los editores, que actuarán como recolectores de contenidos y controladores de la calidad de los materiales incluidos en el IMS. Existen oportunidades específicas en este aspecto que van desde la recolección y desarrollo de listas de objetivos educativos hasta el ensamblaje en cursos completos de colecciones de módulos individuales producidos por diversos autores. Con la publicación de los estándares se asegura a los editores un amplio mercado para sus productos, promocionándose así el desarrollo y distribución de software educativo.

4.5.1.2 ¿Qué se ha hecho hasta la fecha en el IMS?

El Instructional Management System (IMS) fue diseñado para superar los principales impedimentos al crecimiento de la enseñanza distribuida basada en Internet2 por medio de un proyecto nacional emprendidos como parte de la Iniciativa de Infraestructura de Enseñanza Nacional de EDUCOM.

EDUCOM continúa siendo el punto focal del consorcio para las actividades del IMS. La Universidad del Estado de California (CSU, también conocida como Cal State), el "Miami-Dale Community College", la Universidad de Míchigan y la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill (UNC) se han responsabilizado del diseño y puesta en marcha del IMS y continuarán colaborando con Cal State, que ha asumido la jefatura del proyecto. Las instituciones miembro de Internet2 pueden contribuir a este esfuerzo bajo la dirección de la propia Cal State.

4.5.2 Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA)

4.5.2.1 Elementos conceptuales del EVA (Entorno Virtual de Aprendizaje)

Un entorno virtual de enseñanza/aprendizaje es un conjunto de facilidades informáticas y telemáticas para la comunicación y el intercambio de información en el que se desarrollan procesos de enseñanza/aprendizaje. En un EVA interactúan, fundamentalmente, profesores y estudiantes. Sin embargo, la naturaleza del medio impone la participación en momentos clave del proceso de otros roles: administrador del sistema informático, expertos en multimedia, personal de apoyo, etc.

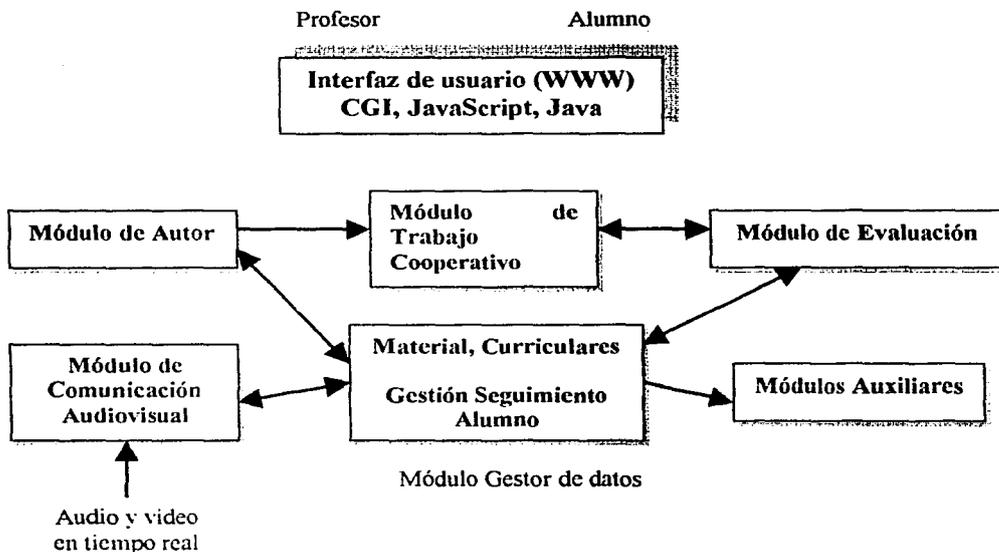


Figura 4.1 Representación gráfica de las especificaciones del EVA

En la Figura 4.1 se observa la representación gráfica de las especificaciones de un Entorno Virtual de Aprendizaje, en el cual se describen sus elementos básicos, estos son:

- Modulo Gestor de Datos.

Está basado en un gestor de datos (relacional u orientado a objetos) que permitirá organizar la información con la que trabaja el EVA.

- Sistema Gestor de Materiales Educativos/ Formativos.

Es el encargado de organizar los materiales que componen las distintas unidades curriculares: hiperdocumentos, imágenes, audio, vídeo, etc:

- Sistema de Gestión y Seguimiento del Alumno.

Su misión consiste en realizar las tareas administrativas correspondientes a la gestión de los alumnos (acceso a cursos, bajas, etc.) y al seguimiento de las actividades del alumno durante la realización de un curso (mapas de navegación, listado de actividades, etc.)

- Módulo de Autor.

Permite al profesor la creación de unidades curriculares de forma sencilla. Entre sus funciones básicas cabe destacar:

- Edición de documentos html.
- Creación de materiales audiovisuales para uso bajo demanda. (mediante el módulo de comunicación audiovisual)
- Creación de protocolos de evaluación del alumno. (mediante el módulo de evaluación).
- Creación de canales de comunicación (síncronos y asíncronos).
- Creación de espacios de trabajo en grupo. (mediante el módulo de Trabajo Cooperativo)

- Módulo de Comunicación Audiovisual.

Facilita la creación de canales y/o materiales de comunicación audiovisual, para su uso en tiempo real (videoconferencias) o bajo demanda.

- Módulo de Trabajo Cooperativo.

Permite la creación de espacios de trabajo virtuales compartidos (tanto para profesores como para alumnos) que facilitan los procesos de aprendizaje cooperativo.

- Módulo de Evaluación.

Facilita las tareas del profesor/instructor en el proceso de evaluación de los alumnos, creando diagnósticos basados en los datos recogidos por el módulo de seguimiento y las evaluaciones diseñadas mediante el módulo de autor.

- Módulo de Recursos Auxiliares.

Incluirá todos aquellos recursos que se consideren necesarios como herramientas auxiliares en el EVA, por ejemplo:

- Correo electrónico y listas de distribución.
- IRC
- Biblioteca virtual
- Buscadores, etc.

4.5.2.2 Aspectos pedagógico-didácticos

La utilización de espacios virtuales para la educación ha generado nuevos tipos de espacios de enseñanza y también de aprendizaje en los que ni el profesor ni los alumnos necesitan las sesiones cara a cara . Por tanto es necesario cambiar la concepción clásica de "profesores de aula".

Por ello, es necesario revisar los roles clásicos del profesor y los alumnos. En primer lugar, es necesario determinar cuáles son las estrategias que permitirán desarrollar sus funciones en un entorno con estas características. También es necesario revisar los elementos clave de la preparación del personal docente en entornos de formación presencial. Además, el profesor, para poder desarrollar su función docente en un entorno tecnológico deberá contar necesariamente con un buen dominio de la tecnología a nivel de usuario (como mínimo) y será tanto más creativo e innovador .

Del mismo modo, también cambia el rol de los alumnos. Los alumnos tendrán una parte activa en el proceso de enseñanza/aprendizaje y no sólo pasiva (de meros receptores) como suele ocurrir con frecuencia en los entornos presenciales. La retroalimentación que ellos puedan generar dentro del sistema serán fundamentales para que el sistema sea capaz de adaptarse a las necesidades de los usuarios.

El uso de sistemas de hipermedia distribuida favorece claramente el desarrollo de materiales curriculares dinámicos, no sólo ricos en contenidos sino también motivadores y fáciles de usar para los alumnos. La parte más compleja de este tipo de material es la que afecta al profesor pues el proceso de diseño y desarrollo de éstos es mucho más complejo que el diseño y desarrollo de materiales escritos (en formato clásico). El hecho de diseñar unos materiales sin tener unos buenos referentes de los potenciales usuarios, ni una concepción clara de los objetivos que se pretenden conseguir pueden generar procesos de aprendizaje en los alumnos muy caóticos a la vez que disminuir y restar efectividad al proceso de formación.

4.5.2.3 Aspectos tecnológicos

Simplicidad, independencia de plataformas y flexibilidad son los principales objetivos en el diseño de aplicaciones basadas en Internet y orientadas a la educación y a la formación. Es fundamental separar la interfaz de usuario del funcionamiento lógico de las aplicaciones a nivel técnico pues éste debe ser flexible y extensible en función de las necesidades que se vayan generando tanto en el propio entorno como en cada uno de sus usuarios.

Es fundamental basar el EVA en dos tipos de componentes:

- Un servidor http que soporte aplicaciones en Java.
- Un sistema de gestión de datos con soporte SQL/OODB.

La integración de audio-video en el EVA requiere el uso de técnicas *multicast* para la optimización del consumo del ancho de banda si se transmiten eventos en directo.

Ahora bien, para que el diseño de un entorno de estas características resulte operativo a nivel pedagógico es fundamental conformar un equipo interdisciplinario en el que tanto los componentes que provienen del campo tecnológico como los que provienen del educativo intenten integrar y compartir unos objetivos comunes con el correspondiente esfuerzo, teniendo en cuenta que a nivel conceptual se generan muchas dudas y problemas derivados, a veces del desconocimiento y a veces de la falta de dominio de los contenidos tanto tecnológicos como educativos, dependiendo desde donde se enfoque el tema.

Los problemas fundamentales que debe afrontar un EVA se resumen en un término: *heterogeneidad*. En primer lugar, heterogeneidad del ancho de banda del canal (entornos intranet/internet), de los tipos de media (texto, hipertexto, gráficos, audio, vídeo, aplicaciones informáticas, interacciones con sistemas informáticos, navegación por bibliotecas virtuales, etc.), de los estudiantes, de los distintos papeles que es necesario desempeñar de manera coordinada (profesores, tutores, diseñadores del currículum, administrador de sistemas, expertos en media, expertos en la elaboración de contenidos, etc.). Finalmente, la heterogeneidad de las plataformas hardware/software desde las que se debe poder acceder al sistema implica adoptar protocolos estandarizados y abiertos para los cuales existan aplicaciones suficientemente experimentadas.

4.5.3 Diseño de Entornos Virtuales de Enseñanza/Aprendizaje

A nivel conceptual se plantea el diseño de un EVA desde dos niveles diferentes:

1. Interfaz del Usuario (o "front-end")

Teniendo en cuenta que los usuarios serán básicamente de tres tipos: profesores, alumnos y administradores del sistema, considerándolos, si es posible, de un modo independiente tanto a nivel de hardware como de software.

2. El Módulo de Enseñanza-Aprendizaje (o "back-end")

Se han de poder implementar en este entorno todos los servicios que se requieren para el óptimo desarrollo de los procesos de enseñanza/aprendizaje.

Tanto en el diseño como en el proceso de implementación de entornos de formación a distancia y de trabajo colaborativo se han utilizado aplicaciones de Internet y herramientas para la presentación de los materiales en formato multimedia. Desde el punto de vista de su uso podemos clasificar estas aplicaciones en dos apartados:

a) Herramientas de comunicación/colaboración

Orientadas a facilitar la comunicación y el uso de la información tanto a nivel individual como a nivel grupal. Principalmente, se distinguen 2 tipos de herramientas:

- Herramientas para la Comunicación Asíncrona: pensadas para la comunicación en tiempo no real (correo-e, news).
- Herramientas para la Comunicación Síncrona: pensadas para los procesos de comunicación en tiempo real (IRC, audio-videoconferencia).

b) Herramientas de navegación y búsqueda

Orientadas a facilitar al usuario la búsqueda y recuperación de la información en función de sus necesidades. La interacción con el usuario se consigue a partir de formularios en HTML (utilizando el protocolo CGI), JavaScript y JAVA. El módulo de E-A de la aplicación integra los siguientes servicios:

- Base de datos.
- Comunicación asíncrona básica (correo-e, listas de discusión, servicio de news).
- Comunicación asíncrona avanzada o multimedia (vídeo "on-demand").
- Comunicación síncrona básica (Chat).
- Comunicación síncrona avanzada (video conferencia).
- Apoyo al trabajo colaborativo y en grupo.
- Materiales curriculares en formato electrónico.
- Herramientas de apoyo a la orientación, la tutoría y seguimiento de los alumnos.
- Herramientas de apoyo al diseño y desarrollo de materiales y para la integración de los ya existentes.

Gráficamente, en cuanto a los componentes del entorno y las relaciones que se establecen entre ellos, podríamos representarlo como lo muestra la Figura 4.2.

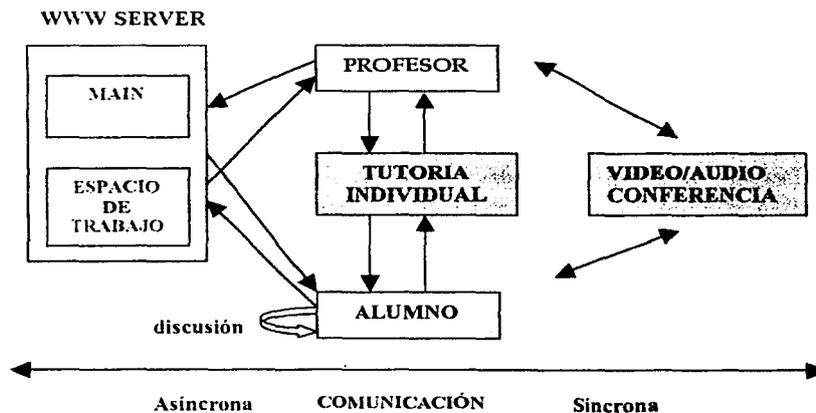


Figura 4.2 Relaciones de comunicación que se establecen en el EVA

Someramente, en la Tabla 4.1 se describen las características de los aspectos preliminares a la construcción de un Modelo de Entorno.

Fase	Finalidad	Características
1. Sustento Teórico del Curso o Entorno y Selección de Componentes Básicos.	Definición de Objetivos y Población Destinataria. Establecer software de diseño que mejor se adapte a la incorporación de contenidos.	Análisis de la representación, tipo de metáfora que se le asignará. Búsqueda de Analogías. Estos aspectos son de fuerte peso en lo que posteriormente constituirá la interfaz con el usuario.
2. Análisis de Factibilidad Material.	Puesta a prueba de un Prototipo compuesto por partes del entorno. Se analiza la capacidad operativa del Software.	Se realizan ajustes en torno a factores y variables que afectan la interactividad y toma de decisiones por parte de los usuarios.
3. Tratamiento del contenido.	Jerarquía y/o Lógica que se asignará a Módulos y Páginas. Funcionamiento de Links, Base de Datos, Sistema de Navegación.	En esta fase lo primordial es la organización y planificación de la estructura del contenido de las páginas y sus enlaces.
4. Ajustes y Lanzamiento	Recopilación y Análisis de la Información proporcionada por el Prototipo.	Si bien de antemano se tiene conocimiento de dónde se ubicará el curso, el hecho de que el mismo forme parte de la oferta de una institución (Privada o Pública) influye en la Planificación de las estrategias de lanzamiento.

Tabla 4.1 Características de los aspectos preliminares a la construcción de un Modelo de Entorno.

4.5.3.1 Modelos y Estructura

Los tipos de Modelos que se presentan, constituyen sólo un recorte entre una amplia gama de posibilidades y combinaciones. Cabe señalar que en el diseño de Modelos encontramos dos corrientes: por un lado, los diseños basados en los Sistemas de Navegación y, por otro, los diseños basados en la Interacción entre usuarios y organizadores del curso. Una estructura de diseño consistente y bien planeada es la que se adapta a una gran variedad de usuarios, con diferente grado de experticia tecnológica, habilidades y estilos de aprendizaje.

La habilidad de los diseñadores para presentar materiales de múltiples formas (usando un buen sistema de navegación) vuelve, de alguna manera, a los cursos, " entornos on-line " conductores de variadas experiencias educativas.

El perfeccionamiento del diseño de los cursos on- line se viene dando paralelamente con la evolución de nueva tecnología y con las características que están adoptando los participantes de estos entornos.

1. Modelo WEB

En este Modelo, las conexiones dentro de las áreas del curso se realizan bajo un complejo sistema de navegación. Si el curso es muy extenso en cuanto a contenidos, la estructura se quiebra y desorienta al usuario, sumergiéndolo en un mar de información, tal es el ejemplo de cursos diseñados para múltiples niveles de usuarios, bajo esta estructura. Por tanto, se aconseja diseñar en él sistemas de navegación primarios que posibiliten conexiones entre los diferentes niveles, en diferentes páginas.

Los sistemas de navegación secundarios que se diseñen serán los propios de cada módulo, nivel y página. En este Modelo de curso, todos los materiales se encuentran interrelacionados, pero no suponen una específica secuencia en la presentación de los mismos. En este sentido, el diseño favorece una comprensión general, global, pero no garantiza una secuencia de los aprendizajes. Este tipo de modelo es apropiado para usuarios que habitualmente se contactan con Internet y que buscan no ser dirigidos en el proceso de aprendizaje. Está compuesto por un fuerte y potente soporte Tutorial, que permite al usuario consultar sobre cada una de las acciones requeridas.

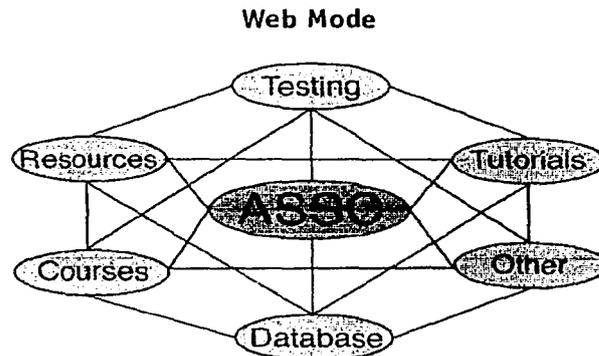


Figura 4.3 Esquema del Modelo Web.

La Base de Datos de este Modelo es uno de los aspectos estructurales al que se le asigna un alto valor, ya que el usuario depende de ella para la resolución de las actividades prefijadas en los módulos.

2. Modelo Jerárquico

La estructura de navegación de este modelo está limitada, generalmente, por los movimientos de avance y retroceso que puede realizar el usuario. La página principal es el centro de navegación. Este tipo de modelo afecta el desempeño del usuario a lo largo del curso y limita sus movimientos, ya que el acceso a diferentes áreas del curso se logra solamente a través de las páginas consideradas de alto nivel dentro de una jerarquía. Por tanto, el curso queda desglosado en cantidades de páginas de diferentes niveles.

El uso de este modelo es aconsejable cuando los módulos son relativamente independientes. Provee al usuario de una estructura predefinida que lo guía y orienta a través de los materiales. Este modelo es sugerido para cursos en los cuales el aspecto secuencial del aprendizaje es una cuestión primordial.

En términos de adecuación, el usuario se adapta rápidamente a este tipo de modelo, que suministra secuencia además de permitir una comprensión global y posibilitar el acceso a gran cantidad de materiales. Este modelo está equipado con una estructura de navegación sencilla para que los usuarios inexpertos accedan fácilmente a los materiales.

3. Modelos lineales, con nodos de información adjunta

Los Modelos lineales mantienen un orden lógico dado por las ideas principales sugeridas para cada módulo. Proveen una estructura poco formal de diseño para cada módulo, permitiendo a los usuarios observar el orden fijado para el curso y elegir el Módulo por el que comenzar. Los usuarios pueden pasar de un Módulo a otro, según su interés y capacidad (ver Figura 4.4).

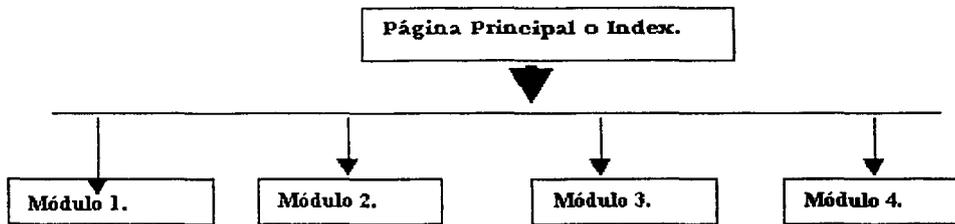


Figura 4.4 Esquema de un modelo Lineal.

Este diseño es apropiado cuando se diseñan módulos totalmente independientes o remotamente relacionados. Los módulos, si bien presentan ideas de alto nivel en forma secuencial, éstas no se integran a la estructura global del curso, y pueden no permitir la libertad de movimientos durante la navegación, ya que cada módulo tiene su propio estilo en cuanto al requerimiento de recursos.

Este soporte de diseño facilita la comprensión general más que la secuencial. En este modelo, los contenidos de cada módulo pueden ser enviados periódicamente a los usuarios, ampliando los recursos de materiales.

El índice del curso es, en este modelo, un recurso muy valorado por los usuarios. El índice da una visión total de la estructura y requerimientos del curso.

4. Modelo Learning to Learn (Aprender a Aprender)

Este modelo incorpora muchas de las consideraciones mencionadas en los modelos anteriores. El objetivo básico de este diseño es el de construir un entorno de aprendizaje que se adapte efectivamente a una multiplicidad de usuarios. Los entornos de este tipo incorporan diseños Web Mode, Lineales y Jerárquicos, lo que implicaría una facilidad en el acceso a las diferentes componentes del curso (Módulos, Páginas, Recursos, Base de Datos, Comunicaciones, etc.).

Esta estructura está pensada para estudiantes que desarrollan un Estilo Global de aprendizaje: cada página es organizada a partir de una secuencia lógica, donde el material es ordenado desde el principio al fin. Está pensado para usuarios que no necesitan ser guiados a través del material, ya que están habituados a observar las relaciones entre las diferentes partes del mismo. Varios sistemas de navegación están disponibles en este tipo de entorno:

- El primero es la Barra Gráfica en la parte superior de la página, estableciendo el acceso a las diferentes paginas del entorno.
- Un segundo sistema de navegación son los links, contenidos en el anterior (se reproduce la Barra Gráfica).
- El tercer sistema incluye los botones next - last , los que permiten que el usuario navegue dentro de una secuencia lógica de presentaciones.
- El cuarto sistema es un sistema en el que se presentan ordenados los módulos del curso y cada página a modo de Index (conjunto de links que permiten acceder a las páginas que el usuario desee). Además, el sistema ubica al usuario en el lugar de la jerarquía en que se encuentra y, de esa manera, registrar sus movimientos.
- Finalmente se diagrama un mapa del entorno, que es presentado en formato de texto y que es construido en forma jerárquica, presentando en forma organizada las relaciones entre las páginas y la totalidad del entorno.

4.6 Bibliotecas Digitales

Los esfuerzos actuales en el campo de la investigación han demostrado que la Internet comercial puede ser un entorno efectivo para el desarrollo de los sistemas de bibliotecas digitales. El esfuerzo de Digital Libraris patrocinado por DARPA/NASA/NSF ya permite ofrecer catálogos en línea, resúmenes, indexación, y contenidos en forma electrónica.

A pesar de que estos sistemas sufren hoy los problemas de seguridad y prestaciones provenientes de los defectos de Internet, no requieren sin embargo, un gran ancho de banda dedicado a sus aplicaciones, ni reserva de dicho ancho de banda dedicado a sus aplicaciones, requieren únicamente que las funciones existentes en Internet se mantengan con un cierto grado de fiabilidad dentro de los parámetros actuales de diseño. No obstante, muchos de los problemas más importantes (derechos de propiedad intelectual, administración de derechos y modelos viables económicamente para la publicación escolar en el siglo XXI) quedan fuera de las competencias de cualquier programa de infraestructura de red.

Las nuevas capacidades de Internet2 ofrecen oportunidades para extender los programas de bibliotecas digitales⁴ a nuevas áreas. Un ancho de banda amplio permitirá la difusión de videos y audio digital en forma continua. Se permitirá además un acceso de todos estos materiales por canales dedicados actualmente en forma casi exclusiva a materiales textuales. La recuperación inteligente será una prioridad para acceder a estos materiales. Internet 2 proveerá el medio adecuado para que las computadoras de cualquier usuario tengan acceso a las nuevas tecnologías de visualización de la información (restringida casi exclusivamente a texto en la actualidad) y las consultas en tiempo real o consultas por medio de video conferencias incorporadas a la interfaz del usuario.

Dado que las bibliotecas digitales operativas hoy en día contienen, sobre todo, materiales textuales, la interfaz de los sistemas de recuperación de la información continúa siendo textual. Incluso en un entorno Web, las interfaces son textuales, quizás mejoradas, con modestos materiales gráficos o tabulares. Mientras el lenguaje, y por tanto el texto, continúa siendo la base central de las herramientas de recuperación de la información, ha aparecido, en la última década, un corpus substancial de investigación en el campo de la visualización de la información, proveniente de organizaciones como Xerox PARC. Estas investigaciones prometen ayuda substancial a los usuarios para la organización, exploración y comprensión de amplios espacios de información compleja.

Estas técnicas usan gráficos complejos de alta resolución, así como animación, para proporcionar una representación visual de grandes cantidades de información textual, de forma muy parecida a la visualización basada en la supercomputación que ha ayudado a los científicos, en la pasada década, a obtener nuevas perspectivas en los grandes conjuntos de datos junto a una simulación de salidas.

⁴ http://www.internet2.edu/html/digital_libraries.html

Internet2 proveerá el rendimiento suficiente a la computadora, para permitir que las tecnologías de visualización de la información sean evaluadas dentro de amplias aplicaciones de recuperación de la información. Otras capacidades de Internet2, como la posibilidad de ayuda en tiempo real o las consultas a los expertos por medio de audio o video-conferencias incorporadas a la interfaz de usuario, ofrecerán también la oportunidad de enriquecer y extender lo más nuevo en el campo de acceso a la información y sistemas de recuperación.

4.7 El Laboratorio virtual

Un laboratorio virtual⁵ es un entorno distribuido heterogéneo de resolución de problemas que permite a un grupo de investigadores esparcidos por todo el mundo trabajar juntos en un conjunto común de proyectos. Como en cualquier otro laboratorio, las herramientas y técnicas son específicas del dominio de investigación, pero los requisitos de infraestructura básica se comparten entre las distintas disciplinas. Aunque próximas a algunas aplicaciones de teleinmersión, el laboratorio virtual no supone a priori la necesidad de compartir un entorno tal de inmersión

4.7.1 El potencial del laboratorio virtual

Existe una gran cantidad de ejemplos que podrían demostrar el potencial que tiene la aplicación de un laboratorio virtual, entre ellos están los siguientes:

- 1) El trabajo que precisa de simulaciones masivas por medio de múltiples supercomputadores que funcionan simultáneamente, grandes bases de datos con los resultados de la simulación, visualizaciones extensas que muestran la evolución de estrellas y galaxias y un amplio paquete de software compartido que hace posible todo lo anterior. Si bien algunos experimentos se realizan de forma aislada, la mayor parte de los mismos requiere una estrecha colaboración entre equipos de personas distribuidos por múltiples zonas. Cada miembro de un equipo debe ser un experto en un componente particular de la heterogénea mezcla formada por la simulación, el análisis de los datos y la visualización. El equipo debe poder compartir una visión común de la simulación y participar de forma interactiva en la computación colectiva.
- 2) Como otros posibles ejemplos considérese el diseño multidisciplinar y la fabricación. En este caso una compañía involucrada en la fabricación de un producto grande y complejo como un avión puede dirigir el proceso de simulación e interactuar con las bases de datos de diseño que contienen las especificaciones técnicas y de fabricación. El diseño y simulación pueden requerir el acceso simultáneo a cientos de sub computadoras, que son proporcionadas por

⁵ http://www.internet2.edu/html/virtual_laboratory.html

subcontratistas en diferentes localidades. El resultado es una "optimización multidisciplinar" mediante la cual puede fabricarse un producto más rentable y seguro de acuerdo con las especificaciones del cliente.

- 3) Un tercer ejemplo puede ser un sistema de predicción meteorológica que incorpore datos de satélites, gran número de entradas provenientes de los sensores y simulaciones masivas para las predicciones meteorológicas a corto y medio plazo. Una variación sobre lo anterior consiste en predecir la calidad del aire a través de un laboratorio virtual que acople los modelos meteorológicos con los modelos de las corrientes oceanográficas y la química de la polución, todo ello basado en sensores especializados tanto terrestres como aéreos. En un laboratorio semejante, los científicos medioambientales podrían sugerir, a partir de las condiciones presentes, cuándo se podrían clausurar temporalmente ciertos tipos de fabricación a fin de evitar una crisis potencial en la calidad del aire. Se han propuesto laboratorios virtuales para otras muchas disciplinas, incluyendo la biología computacional, la radioastronomía, el diseño de medicinas y las ciencias de los materiales.

4.7.2 Elementos necesarios para desarrollar un Laboratorio virtual

Los componentes de un laboratorio virtual son:

- Servidores de cómputo capaces de manejar reducciones de datos y simulaciones a gran escala. (Los ejemplos incluyen los centros de súper computación regional de la NSF, las vastas redes de amplia capacidad; así como los sistemas de altas prestaciones de los centros universitarios y de los laboratorios empresariales y gubernamentales de Investigación y Desarrollo).
- Bases de datos que contengan información específica para aplicaciones, tales como simulación inicial y condiciones límite, observaciones experimentales, requerimientos de clientes, constreñimientos de fabricación; así como recursos distribuidos específicos de las aplicaciones, tales como las bases de datos del genoma humano. (Estas bases de datos tienen la característica de ser dinámicas y distribuidas; también pueden ser muy grandes).
- Instrumentos científicos conectados a la red. (Por ejemplo, satélites de datos, sensores de movimientos de la tierra y de la calidad de aire; instrumentos astronómicos, como los equipos de radioastronomía distribuida del Observatorio Nacional Radioastronómico).
- Herramientas de colaboración, que a veces incluyen la teleinmersión
- Activos de software. (Cada laboratorio virtual está basado en un software especializado para simulación, análisis de datos, descubrimiento, reducción y visualización. La mayor parte de este software fue diseñado, originalmente, de

forma "autónoma", usando una sola máquina. Comenzamos ahora la tarea de comprender cómo pueden integrarse todas estas herramientas en redes de programas activos y heterogéneas que pueden redimensionarse a escala para resolver los problemas del mañana).

- Fuertemente acopladas, los cálculos multidisciplinarios presionan fuertemente sobre el ancho de banda de las redes. Un retardo bajo es crítico y la planificación de los recursos del sistema de computación debe ser acoplada a servicios de reserva de ancho de banda. Los protocolos multidifusión y la tecnología son críticos para la naturaleza colaborativa de un experimento en un laboratorio virtual, donde las personas, los recursos y las computaciones están ampliamente diseminados. Los flujos de información en estos experimentos podrán combinar voz, video, y flujos de datos en tiempo real provenientes de los instrumentos, con amplias ráfagas de datos provenientes de simulaciones y fuentes de visualización.

4.7.3 ¿Qué se ha hecho hasta la fecha?

Los experimentos I-Way de Supercomputación-95 proporcionaron el primer ensayo a escala nacional de los E.U de una infraestructura para soporte de los laboratorios virtuales. Los resultados de esta actividad probaron que la idea es realizable y que es posible llegar a objetivos reales científicos en un entorno semejante. Sin embargo, la red I-Way era muy frágil y los experimentos simples mostraron también la debilidad de la infraestructura básica de software para la construcción de aplicaciones distribuidas.

Como resultado del trabajo en I-Way algunos nuevos proyectos han comenzado a afrontar el problema de la infraestructura de software a nivel de aplicaciones. Estos proyectos incluyen el ARPA Globus, la DOE Legion y el trabajo Gigabit CORBA. También están desarrollándose un número de herramientas de programación que usan las infraestructuras que están surgiendo para ayudar a los programadores a diseñar y construir las aplicaciones que se ejecutarán bajo Internet2. Estas herramientas van desde la administración de recursos de red y planificadores de sistemas operativos a sistemas de objetos distribuidos, permitiendo a los actuales modelos cliente-servidor ser redimensionados a escala hasta alcanzar el nivel necesario para las computaciones descritas más arriba.

A través de una serie de colaboraciones planificadas entre los laboratorios gubernamentales, los programas de la NSF y los proyectos de investigación de la industria y la universidad, la infraestructura de software para la construcción de laboratorios virtuales podría evolucionar a la par de Internet2.

4.8 Teleinmersión

Teleinmersión, es la combinación eficaz de sistemas avanzados de telecomunicaciones que permiten aplicaciones colaborativas de manera fluida, así como la ampliación de la tecnología de "cavernas informáticas" para reconocer la presencia y el movimiento de individuos dentro de ellas, rastrear su presencia y movimientos, permitiendo su proyección en entornos de inmersión múltiple y geográficamente distribuidos, en los cuales los individuos pueden interactuar con modelos generados por computadora.

La teleinmersión puede cambiar los paradigmas científicos y de fabricación, así como la colaboración y comunicación humana. Los individuos pueden manipular datos, compartir simulaciones y experiencias (como si estuvieran en el mismo cuarto), participar juntos en simulaciones, diseños o procesos (ver Figura 4.5).

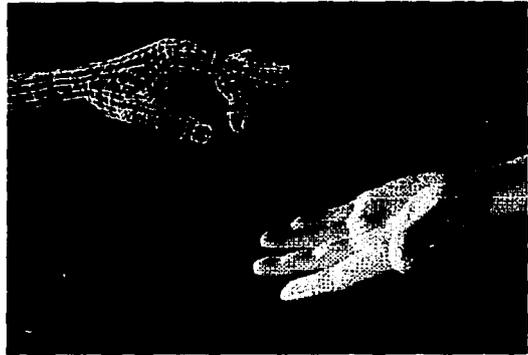


Figura 4.5 Ejemplo de teleinmersión

Para crear un ambiente de teleinmersión, una síntesis de medios tecnológicos que se necesitan son ⁶:

- Escaneo de ambiente 3D,
- tecnologías de proyección y despliegue,
- tecnología de rastreo,
- tecnología de audio,
- robótica y un poderoso trabajo en red.

Los considerables requerimientos para un sistema de tele-inmersión, como el ancho de banda, bajo retardo y bajas variaciones de retraso (jitter), la hacen una de las aplicaciones en red más desafiantes. Por ello, es considerado como uno de los más importantes en las agendas de desarrollo de la comunidad investigadora de Internet2.

⁶ <http://www.internet2.edu/html/tele-immersion.html>

4.8.1 El potencial de la teleinmersión

La teleinmersión tiene el potencial de cambiar significativamente los paradigmas educativos, científicos y de fabricación. Un sistema de teleinmersión permitiría a personas situadas en distintos lugares compartir el mismo entorno virtual. Por ejemplo, un grupo de diseñadores serán capaces de colaborar desde sitios geográficamente remotos en un proceso de diseño interactivo. Serán capaces de manipular un modelo virtual comenzando desde el diseño conceptual, revisándolo y discutiendo lo necesario para su futura evaluación y simulación.

En el caso de aplicaciones en el área de la medicina, como lo es la tele-radiología y los diagnósticos urgentes, la presencia de sistemas virtuales que reemplacen a equipos inaccesibles físicamente, se convertirán en una herramienta de los especialistas para los salvar vidas.

Los individuos podrían compartir y manipular datos, simulaciones y modelos moleculares, construcciones físicas o económicas y participar juntos en la simulación revisión de diseños o procesos de evaluación. Como ejemplo, piénsese en alumnos de ingeniería mecánica o industrial trabajando juntos para diseñar un nuevo puente o brazo de robot mediante la teleinmersión. Los miembros del grupo podrían interactuar con otros miembros del grupo mientras comparten el objeto virtual que está siendo modelado.

4.8.2 ¿Qué es un tele-cubículo?

El tele-cubículo representa una interfaz de la siguiente generación de aplicaciones. También puede ser vista como un subconjunto de todas las posibles interfaces de inmersión. Por ejemplo, una oficina aparece en un cuadrante dentro de otra oficina en una espacio virtual.

La Figura 4.6 muestra una impresión artística de lo que en un futuro será un tele-cubículo o una oficina.

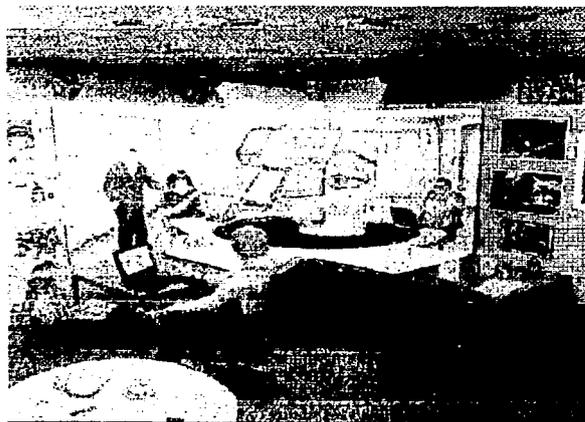


Figura 4.6 Impresión de un Tele-cubículo

Este sistema representa la unificación entre la Realidad Virtual (RV) y la videoconferencia, brindando una gran oportunidad para una plena integración de la RV en el trabajo cotidiano. Los ambientes físicos y virtuales aparecerán unidos por sus entradas y el resultado desplegado. Esta combinación ofrece un nuevo paradigma para la comunicación y colaboración humanas.

4.8.3 Elementos necesarios para el desarrollo de la Teleinmersión

La teleinmersión requiere avances en la infraestructura de Internet, debido a las características de gran ancho de banda, bajo retardo y comunicaciones síncronas, dependientes del tiempo. Sin redes de alta velocidad que incorporen protocolos avanzados como el RSVP y multidifusión, el potencial de las aplicaciones de teleinmersión para la futura enseñanza, el avance de la ciencia y la reducción de los ciclos de diseño en muchas aplicaciones de fabricación nunca saldrán a la luz.

En un buen número de áreas son necesarias una investigación y un esfuerzo de desarrollo bien coordinados. Las aplicaciones de teleinmersión requerirán cambios significativos a la actual tecnología, en las áreas de rastreo, interpretación e interfaces humanas, que mejoren la presencia compartida y la experiencia en la manipulación; así como herramientas compartidas de trabajo para la comunicación y colaboración. Tendrá suma importancia la integración de imágenes reales en entornos virtuales para permitir la simulación de la presencia real compartida.

Se requerirá invertir esfuerzo en áreas como la construcción/proceso de imágenes, simulación sensorial (por ejemplo, táctil) y sincronización de las entradas y respuestas humanas desde todas los lugares participantes, distribuidos geográficamente. Estas áreas requerirán redes con muy poco retardo y capaces de controlar otros parámetros de las mismas. Además, si no se diseñan con cuidado desde el principio para que tengan la mejor computación, almacenamiento y comunicaciones, las aplicaciones de teleinmersión podrían consumir demasiado ancho de banda y, por lo tanto, tener una utilidad limitada.

4.8.4 ¿Qué se ha hecho hasta la fecha?

El grupo de trabajo de Internet2 para el desarrollo de aplicaciones de teleinmersión se ha dividido en dos grupos⁷:

- I. El grupo de Medios Tecnológicos de teleinmersión: Son tecnologías de reconstrucción tridimensionales, despliegue y proyección, tecnologías de rastreo.

⁷ <http://www.advanced.org/tele-immersion/publications.html>

II. El grupo SOFT (Software Framework for Tele-immersion: Estructura de Software para la Teleinmersión): Sistemas de software que soportan aplicaciones de teleinmersión.

Los avances más significativos realizados como resultado de estos dos grupos de trabajo son los siguientes:

- Sistema con equipo de 2 y 3 cámaras para reconstrucción tridimensional,
- Prototipos de la "oficina del futuro", "oficina actual" y "Oficina tridimensional",
- Prototipo del tele-cubículo, usado para tele-colaboraciones de tres estilos,
- Las primeras cámaras embebidas en una superficie plana de exhibición,
- cámara compacta de gran precisión con vista panorámica,
- proyectores usados para capturar modelos de imágenes dinámicas con la técnica de Luz Imperceptible Estructurada (Imperceptible Structured Light) y despliegue de imágenes de alta resolución en superficies de despliegue designadas,
- SOFT: programa que soporta aplicaciones gráficas distribuidas en ambientes virtuales de pequeña escala,
- BAMBOO: una plataforma y mecanismo de lenguaje independiente que brinda reconfiguración de aplicaciones dinámicamente. Es un ambiente que permite tanto el desarrollo como la ejecución de aplicaciones, otorgando el soporte de red que se necesita para aplicaciones de teleinmersión.

Finalmente, la disponibilidad de las capacidades de multidifusión en Internet2, combinadas con la alta fiabilidad y la posibilidad de administrar la calidad de servicio de grandes cantidades de conexiones a baja velocidad, tendrán implicaciones importantes en la distribución de la información y en la administración de bases de datos distribuidas.

En Internet2 debería ser posible hacer fluir la información de cualquier tipo (actualizaciones de bases de datos, anuncios de publicaciones, telemetría, lectura de sensores) hacia las comunidades de receptores interesados, en vez de que estos últimos tuvieran que ir periódicamente a las bases de datos centralizadas en busca de la última información.

Para el despliegue de este tipo de aplicaciones, es necesario un esfuerzo considerable para traducir todo el trabajo de investigación en protocolos viables de multidifusión dentro de la operativa común de Internet2.

4.9 El proyecto ARENA

ARENA (Advanced Research and Education Network Atlas)⁸ es un proyecto de la NSF que prepara y mantiene en línea los mapas Atlas de las Redes para la Educación y la Investigación (R&E) para el uso de los miembros de I2 y cualquier otra comunidad de R&E.

ARENA incluirá los Backbones de I2 (vBNS y Abilene), redes de agencias federales, gigaPoPs y Redes Nacionales de Investigación (NRN) fuera de los estados unidos.

4.9.1 La necesidad de un Atlas en la red

Actualmente, la topología y cualquier otra información acerca de la academia avanzada y redes de investigación son inconsistentes e incompletas.

ARENA servirá para los investigadores e ingenieros en redes. Los investigadores la usarán para determinar si existe un camino de alto desempeño disponible entre su institución y aquellas con las que colabora. También será capaz de determinar el ancho de banda y las capacidades de la ruta lo cual le dará una idea del posible desempeño de la red disponible, inspirando así la colaboración entre investigadores.

Los ingenieros en redes, la usarán para optimizar el diseño de sus propias redes backbone. Esto servirá para acelerar una velocidad de conexión a través de las múltiples redes, disminuyendo las conexiones redundantes. También podrá ser usada como un recurso en el diseño de ideas ingenieriles, esto es, los ingenieros podrán usarla para diseñar backbones o gigaPoPs.

4.9.2 Descripciones de los mapas de red ARENA

Muchos tipos de mapas podrían ser incluidos en ARENA. Cada entrada consistirá en un descripción de la red, sus reglas y contactos técnicos, el número telefónico y mail de su NOC y un apuntador a su página web. Los mapas que aparezcan para cada red incluirán:

- Mapas lógicos: que muestren la topología de la red backbone y la institución a la que pertenece.
- Mapas Backbone: que muestren las redes Backbone desde el punto de vista hardware de la capa 3 (ruteadores IP) y la capa 2 (conmutadores ATM, si se puede).
- Mapas Multidifusión: por ejemplo MSDP y MBGP, si la red soporta multidifusión.
- Mapas de Ipv6: si la red soporta Ipv6.

⁸ <http://www.internet2.edu/arena>

4.10 Comercio electrónico e Internet2

4.10.1 Antecedentes

Es posible afirmar que desde 1997, es desarrollo exponencial que ha experimentado el comercio electrónico en realidad se ha derivado de Internet, y ha incidido en la transformación misma del orden económico internacional, introduciendo la llamada "economía digital".

Pero ¿qué se entiende por comercio electrónico?. A continuación mencionaré varias definiciones dadas por empresarios importantes en los Estados Unidos.

1. El comercio electrónico , es cualquier transacción entre compradores y vendedores a través de medios electrónicos ⁹.
2. Es un emergente ambiente de negocios derivado de la convergencia de las computadoras y las comunicaciones ¹⁰.
3. Es un envolvente conjunto de herramientas de tecnologías de información, así como estrategias de negocios destinadas a favorecer la realización de prácticas comerciales de forma electrónica ¹¹.

Con lo anterior, podemos definir al comercio electrónico como la aplicación de las nuevas tecnologías de información y el uso de las redes de computadoras como Intranet, Extranet e Internet, con el propósito de realizar las operaciones comerciales de una organización. Hoy en día, el término "comercio electrónico" suele utilizarse para designar las operaciones en línea que personas, empresas , organizaciones e inclusive gobiernos, realizan a través de tiendas virtuales o portales electrónicos.

El comercio en línea de ninguna manera se restringe a las operaciones comerciales que realizan empresas con empresas (business to business), o empresas con consumidores finales (business to consumer). También el comercio electrónico comprende imaginativas formas de trueque entre consumidores (consumer to consumer), así como transacciones comerciales de empresas con gobiernos (business to government), de gobiernos con ciudadanos (government to citizen) y de gobiernos a gobiernos (government to government). Dichas relaciones comerciales se explican a continuación.

- *Negocio a negocio (B2B)*: Permite vender y comprar a otro negocio a través de Extranet e Internet. Los negocios pueden comunicarse entre sí para hacer operaciones de intercambio comercial, colocar pedidos, verificar el estado de los

⁹ Moira Jacobs. "Internacional E-Business Opportunities and Challenges: A Small Business Perspective". Ponencia presentada en la Universidad de Montana, Estados Unidos, 2-5 de agosto de 1999.

¹⁰ Martin, Greg. "Internet Banking in Exploding e-Space : Customer Compliant or Customer Complacent". Ponencia presentada en la Universidad de Missoula, Estados Unidos, 2-5 de agosto de 1999.

¹¹ Vadim Levitin, consultor de eCRX.com

inventarios, planificar su producción de acuerdo con los tiempos más adecuados para cada uno de los negocios involucrados es estas operaciones.

Además se puede trabajar de manera vertical: conectando dos negocios en línea, o de forma horizontal: con todos los negocios que están involucrados en una operación comercial. También permite concentrar las transacciones, utilizar sistemas de pagos electrónicos de nómina; efectuar relaciones que impliquen transacciones entre organizaciones; solicitar pedidos entre empresas; intercambiar datos electrónicamente y, el factor primordial, el volumen.

Los sectores que en México ya operan a través de los modelos de comercio electrónico B2B son las industrias farmacéutica, química, del vestido y de la computación, así como el sector automotriz y el de electrodomésticos.

- *Negocio a Consumidor (B2C)*: Comprende ventas en línea a los consumidores. Entre los principales atributos de este sistema destacan el facilitar el ciclo de compra; contribuir al establecimiento de un mercado abierto; trabajar en un sistema híbrido y establecer relaciones que conllevan transacciones directas con el cliente.

Los sectores que en México ya operan a través de modelos de comercio electrónico B2C son las empresas que tienen la infraestructura para ingresar en este ambiente de negocios y comercializan software, información electrónica y gráfica, entre otros. Como ejemplos están : la compra en Ticketmaster, de libros en Amazons, Todito.com, etc.

- *Consumidor a negocio (C2B)*: Permite a los consumidores ofertar productos y servicios en línea a los negocios. Entre las principales características de este modelo destacan: los servicios especializados como la contribución de desarrollo a un mercado abierto y el desarrollo de transacciones en donde la persona ofrece sus productos y servicios a la empresa.

El sector que en México ya opera a través de modelos de comercio electrónico C2B es cada profesional independiente, con creatividad e iniciativa.

- *Consumidor a consumidor (C2C)*: Facilita el intercambio de productos y servicios entre consumidores. Sus principales características son : realizar transacciones directas entre personas físicas, contribuir al desarrollo de un mercado abierto, utilizar tecnología avanzada a bajos costos, así el consumidor puede ofrecer sus servicios o productos y hacer transacciones directas entre clientes.

Los sectores que en México ya operan a través de modelos de comercio electrónico C2C son: empresas que organizan remates virtuales (mercadolibre.com, deremate.com) y que manejan directorios de oportunidades de trabajo o servicios.

- *Negocio a gobierno. (B2G)*: Permite la venta en línea de productos y servicios al gobierno. Sus principales características son : la transparencia en el desarrollo de convocatorias y licitaciones; la mayor rapidez en el desarrollo de los trámites, para que el gobierno encuentre los mejores precios y condiciones de pago.

- *Gobierno a consumidor (G2C)*: Permite que el gobierno desarrolle en línea una serie de útiles servicios para la ciudadanía . Entre los principales atributos de este modelo destacan : facilitar trámites administrativos a la ciudadanía y abrir nuevos canales para la recaudación fiscal. Un ejemplo es el Sistema de Declaración de Impuestos en línea de la Secretaría de Hacienda.

De acuerdo con Stan Davis y Christopher Meyer, investigadores del Ernest & Young Center for Business Innovation de Estados Unidos, tres factores han incidido directamente en el desarrollo de la economía digital: la velocidad, la conectividad y la revalorización de lo intangible.

Davis y Meyer afirman que, como consecuencia del incremento en la velocidad del mundo de los negocios, las organizaciones competitivas, se verán en la necesidad de cambiar frecuentemente su forma de operar en “tiempo real”, si desean ajustarse a las exigencias que les impondrá el entorno.

La conectividad supone la integración de productos, personas, compañías y naciones (también, por supuesto, este proceso supone la integración de distintos medios de difusión colectiva en Internet).

4.10.2 Importancia del comercio electrónico en el ambiente económico mundial

La tecnología de la información y las nuevas comunicaciones basadas en Internet constituyen herramientas para eliminar los obstáculos que se oponen a las oportunidades económicas, incluso en los países en vías de desarrollo.

El informe sobre el desarrollo humano 2001 realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD)¹², señala que pese a la reciente caída de las acciones tecnológicas y la desaparición de firmas *punto.com* (relacionadas con la informática e Internet) la tecnología de la información , las comunicaciones y las industrias conexas se encuentran entre los sectores más dinámicos de la economía mundial.

A esta nueva forma de hacer negocios y generar ganancias el PNUD lo denomina “nueva economía”. Esta revolución tecnológica ha creado un nuevo paradigma de crecimiento que permitirá a un país como Estados Unidos (la principal economía del mundo) que su producto interno bruto continúe aumentando.

Las nuevas tecnologías de la información y de las telecomunicaciones, ofrecen a los países desarrollados y en vías de desarrollo la posibilidad de aumentar sus exportaciones, crear empleos y diversificar sus economías.

¹² “Informe de organismo de Naciones Unidas”. La Jornada. Sección Economía, 29 de julio de 2001, p.p.22

Por otro lado, se estima que el volumen mundial de comercio electrónico directamente al consumidor crecerá de 25 mil millones de dólares en 1999 a 233 mil millones de dólares para el 2004.

Los pronósticos relativos al comercio electrónico directo entre empresas oscilan entre 1.2 billones de dólares y 10 billones de dólares.

Un país se puede quedar al margen del desarrollo tecnológico, según la posibilidad que tengan sus habitantes de acceder a la nueva tecnología y disfrutar de sus beneficios.

4.10.3 Importancia de Internet2 en el despliegue del comercio electrónico

Como hemos visto, el comercio electrónico plantea un nuevo modelo económico mundial que vislumbra buenas oportunidades para el desarrollo de un país. Pero el proceso se ha visto lento, ¿por qué no se han observado cambios significativos en el comercio de C2B, B2C o C2C?

Algunos de las razones que no han permitido un despliegue completo del comercio electrónico a nivel mundial son:

- Desigualdad en cuanto a infraestructura tecnológica se refiere,
- Desigualdad social (el número de personas que tienen acceso a un computadora todavía es mínima en comparación con el total de las poblaciones),
- El nivel de la cultura informática en la mayoría de los países es bajo, presentándose desconfianza en cuanto al uso "serio" que las redes existentes pueden brindar.

Como se ha descrito a lo largo de este trabajo de investigación, la iniciativa Internet2 (y todas aquellas iniciativas internacionales que convergen en sus objetivos) brinda un nuevo panorama para el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías de redes, las cuales permitirán la implementación de aplicaciones avanzadas para el área de la educación e investigación, sin descartar que en un futuro, no muy lejano, este avance pueda ser migrado a lo que conocemos como la Internet comercial.

Por supuesto, existen importantes aplicaciones que involucran diversas áreas de la ciencia (como se describe en los puntos anteriores del presente capítulo), pero ahora nos enfocamos al área comercial cuya aplicación principal es el comercio electrónico.

Por lo anterior, todas las ventajas que la iniciativa de Internet2 brinde al campo de la tecnología informática, serán aplicados al comercio electrónico, éstas son:

- Mayor rapidez en la ejecución de transacciones (usando tecnología de redes de alta velocidad, así como sus respectivos protocolos)
- Seguridad
- Confiabilidad
- Eficiencia
- Funcionalidad

Todas aquellas herramientas que incrementen la seguridad y eficiencia en servicios que involucren transacciones, afectarán directamente el despliegue del comercio electrónico a nivel mundial.

C APÍTULO V

El impacto social de Internet2

5.1 Impacto de las Nuevas Tecnologías en la sociedad

En las sociedades industriales la presencia de las denominadas *nuevas tecnologías* (NT) en las transacciones económicas y comerciales, en el ocio y el tiempo libre, en la gestión interna de empresas e instituciones, en las actividades profesionales, en la educación e investigación, etc., comienza a ser un hecho evidente e imparable.

Podemos definir a la NT como sistemas y recursos para la elaboración, almacenamiento y difusión digitalizada de información basados en la utilización de tecnología informática, están provocando profundos cambios y transformaciones de naturaleza económica, social y cultural. Las sociedades están tomando conciencia de que la tecnología en sí misma es generadora de procesos de influencia "sociocultural" sobre los usuarios individuales y sobre el conjunto de la sociedad.

La tecnología en general, y especialmente las denominadas nuevas tecnologías (redes avanzadas de computadoras (Abilene, vBNS, CA*net3, por ejemplo), satélites, televisión por cable, multimedia, telefonía móvil, etc.) afectan no sólo a la modificación y transformación de las tareas que realizamos con ellas, sino también tienen consecuencias sobre nuestra forma de percibir el mundo, sobre nuestras creencias y sobre la manera de relacionarnos, transformando sustantivamente nuestra forma de vida.

De forma similar podemos afirmar que estas tecnologías también afectan a los procesos educativos generados en el seno de nuestra sociedad. Por una parte, cada vez hay más educación fuera de las aulas escolares, utilizando medios alternativos como son: el soporte multimedia, software didáctico, televisión digital, programas de formación a distancia, redes telemáticas, etc.

Desde un punto de vista específicamente instructivo, es indudable que las experiencias de enseñanza desarrolladas con estas nuevas tecnologías, han demostrado que resultan altamente motivadores para los estudiantes y son, en gran medida, eficaces en el logro de ciertos aprendizajes si las comparamos con los procesos tradicionales de enseñanza basados en la tecnología impresa.

Un análisis global del impacto de las nuevas tecnologías en la educación no puede reducirse a explorar el potencial de las mismas en relación a los procesos individuales de aprendizaje; requiere, también, analizar las nuevas tecnologías en relación a los cambios sociales, políticos y culturales que las mismas promueven en el interior de nuestras sociedades y en consecuencia, identificar las responsabilidades y retos educativos implicados para promover una mayor justicia social y progreso democrático.

El objetivo del presente capítulo es analizar el impacto que Internet2 (parte fundamental de lo que se denominó en un principio como "nuevas tecnologías") tendrá en la sociedad en general. Por ello, es importante hacernos las siguientes preguntas:

1. ¿Qué papel juegan las nuevas tecnologías en el desarrollo de una sociedad?
2. ¿Son las nuevas tecnologías un factor de desigualdad social?.

5.2 Las nuevas tecnologías como factor de desigualdad social

El desarrollo de nuevas tecnologías de la información, entre ellas Internet2, se han convertido en un factor de desigualdad social, debido a que empiezan a provocar una mayor separación y distancia cultural entre aquellos sectores de la población que tienen acceso a las mismas y quienes no.

El punto de partida para el análisis de la problemática sociocultural de las NT, es que la sociedad con la que se inicia el nuevo milenio, entre otros rasgos, se caracteriza por la globalización a nivel mundial de la economía de libre mercado, lo que conlleva considerar la rentabilidad económica como el criterio casi exclusivo para la toma de decisiones políticas, sociales y culturales. Se observan aquí dos aspectos importantes que caracterizan a la sociedad:

- El comercio de la información (producción y venta de elementos culturales como los libros, audiovisuales, discos, etc.) representa un sector creciente y de gran peso económico en el conjunto de la sociedad. La cultura, hoy en día, es una industria que mueve grandes cantidades de dinero. Por lo que las empresas que comercializan con la cultura son cada vez más poderosas.
- Se observa un fenómeno social que acontece en nuestros días: los individuos, son dependientes de las máquinas y tecnologías.

El desarrollo de la industria y mercado de la cultura junto con el progreso y expansión de las tecnologías de la información, configuran dos grandes redes o sistemas de comercio y difusión de la cultura: la red representada por los medios tradicionales de comunicación de masas y la red representada por las llamadas nuevas tecnologías.

Unas y otras se diferencian no sólo por el contenido de la información que transmiten, sino sobre todo, por la forma de acceso y manipulación de la información lo que conlleva, inevitablemente, a provocar diferencias culturales entre los ciudadanos que son usuarios de una u otra red.

Estos dos tipos de redes de comunicación son:

1. *Los medios tradicionales de comunicación de masas (libros, cine, prensa, radio, televisión).*

Este sistema de mercantilización de la información está dirigido y es accesible a gran parte de la población. Estos medios se caracterizan por la relación unidireccional entre emisor y receptor. Los propietarios de los medios son los que controlan qué información se transmite a través de los mismos. Algunos de los efectos socioculturales de los mismos son:

- La manipulación y saturación de información.
- La cultura como espectáculo.
- La audiencia como mercancía.

- La uniformidad de los patrones y valores culturales.
- El consumismo como estilo de vida.

2. *Las nuevas tecnologías de la comunicación (Internet , Internet2 (con el desarrollo de aplicaciones avanzadas), televisión digital, multimedia, etc.).*

Estos nuevos medios son accesibles, en estos momentos, a una pequeña parte de la ciudadanía. Para su utilización se requiere que el usuario posea un alto nivel formativo y de conocimiento en el manejo de la tecnología, así como el recurso económico necesario para obtenerlo. Son medios que se caracterizan por desarrollar una comunicación más horizontal entre los emisores de información y los usuarios.

Estos medios, permiten el acceso a una gran cantidad de información, brindando la posibilidad de interactuar con las mismas accediendo a las redes de difusión e intercambio del conocimiento.

Estas tecnologías presentan una serie de rasgos que las diferencian netamente de las tradicionales (libros, fichas, enciclopedias, vídeos, etc.), por ejemplo:

- Se almacena una gran cantidad de información sobre un mismo tema evitando su dispersión en distintos medios y en diferentes lugares. De este modo, cualquier usuario accede a la información que busca sin necesidad de desplazarse físicamente ni invertir gran cantidad de tiempo en buscarla.
- La información se presenta con el uso de multimedia, en el sentido de que integran las modalidades de los distintos lenguajes de comunicación: textos, imágenes, sonido, gráficos. Lo que redundará en el aumento de la motivación de los usuarios ya que el formato de presentación de la información es atractivo y placentero.
- El formato de acceso y manipulación de la información es mediante *hipertexto*. Frente a las formas tradicionales de acceso a la información que son secuenciales (p.e. la visualización de una película, o la lectura de un libro) las llamadas nuevas tecnologías almacenan la información de modo tal que no existe una única secuencia de acceso a la misma, sino que las distintas unidades o segmentos de información están ligados a través de nodos similares a una red.

El ciudadano al acceder sólo al primer tipo de red de comunicación se ve limitado y, por ende, alejado de los beneficios culturales y educativos que la red de tecnología informática le puede ofrecer.

5.2.1 El despliegue de tecnología avanzada dentro de la sociedad

Ahora bien, es previsible considerar que el acceso y uso de estas nuevas tecnologías de la información no estará a disposición de la inmensa mayoría de la población sino sólo de aquellos que posean el nivel económico para adquirirlas y el conocimiento adecuado para comprenderlas y usarlas.

Por el contrario, y en comparación, los medios de masas tradicionales (sobre todo la televisión) son precisamente eso, medios de comunicación para la gran masa de una sociedad.

Ambas redes representan por consiguiente dos modelos diferenciados en el acceso a la información y en la cultura por ellas transmitidos. Por lo que ser solamente usuario de una determinada red comunicativa (por ejemplo aquellos que sean meros consumidores de televisión) pueden encontrarse en un futuro inmediato en una situación de marginalidad cultural respecto a los grupos sociales que dominen y utilicen ambos tipos de redes.

Por consiguiente, las distancias culturales entre una población que acceda a las nuevas tecnologías y aquella otra que sólo dispone de la información presentada en los medios de masas representará en el futuro próximo un factor más de desigualdad social.

5.3 El Estado, factor primordial en el avance y despliegue de las Nuevas Tecnologías

Al Estado generalmente se le define como "la sociedad civil jurídica y políticamente organizada. El Estado consiste en la institucionalización jurídica y política de la sociedad. Es justamente por esto que Kelsen, uno de los grandes teóricos del Estado moderno afirma que "... el Estado tiene como elementos constitutivos esenciales el poder público (gobierno), el territorio (espacio geográfico) y el pueblo (población)"¹.

Ahora bien, y dado que el Estado "es la institucionalización jurídico-política de la sociedad civil dado que ésta se expresa y se concreta en la existencia de una autoridad, se llega a identificar casi exclusivamente al Estado con el Poder Político.

Desde todas estas perspectivas, la función que el Estado cumple en el campo de la educación tiene un significado muy importante. A la educación se le atribuyen funciones tales como las de integración de los distintos grupos sociales, culturales y étnicos, la creación de una identidad nacional y la legitimación del poder del Estado. Se trata, en definitiva, de conseguir el consenso, de manera que el Estado no se reduzca a ser un aparato de mando e incluso de represión, sino que, mediante una compleja red de

¹ <http://www.oci.es>

funciones que llevan a efecto la dirección cultural e ideológica de la sociedad, consiga el consenso entre los diversos sectores de la sociedad.

La educación, es el principal motor para el desarrollo económico, político y social de una nación. Esto lo vemos reflejado en los países que denominamos "del primer mundo o desarrollados", ya que tienen un avance significativo en su nivel educativo en comparación con los países en vías de desarrollo. Por ello, la educación es uno de los factores más importantes que determinan la competitividad internacional de un país.

Ahora bien, el impacto que generará el despliegue de nuevas tecnologías, como lo es Internet2, podemos medirlo en cuanto al interés y apoyo económico que el Estado brinde al área de Investigación y Desarrollo de la ciencia en general.

En la Tabla 5.1 se observa un comparativo entre países desarrollados y países latinoamericanos en su inversión en investigación y desarrollo tecnológico.

País	% PIB	Por las empresas (% del total)	Científicos (x 100 mil hab.)
Suecia	3.8	62.9	3,826
Japón	2.8	81.7	4,909
Estados Unidos	2.6	59.4	3,676
Alemania	2.4	61.4	2,831
Francia	2.3	48.7	2,659
Reino Unido	2.0	51.9	2,448
Brasil	0.8	40.0	168
India	0.7	24.0	149
Chile	0.7	15.2	445
Argentina	0.4	11.3	660
México	0.3	17.6	214

Tabla 5.1 Gasto en investigación y desarrollo ²

De la tabla anterior, podemos observar la baja inversión de México en investigación y desarrollo tecnológico (0.3% del PIB), así como la limitada participación de las empresas privadas en ese gasto (17.6%). También se aprecia la escasa disponibilidad de científicos e ingenieros de Investigación y Desarrollo respecto a los países avanzados.

En general, desde hace décadas, a la investigación se le ve como una inversión estratégica para garantizar el desarrollo de un país. Se trata de una opinión generalmente compartida (al menos verbalmente) por la clase política, los expertos y los ciudadanos, con independencia de planteamientos ideológicos. Y aunque en muchos países sigue habiendo millones de seres humanos sin una mínima alfabetización, atribuir importancia a la educación e investigación (trayendo consigo el despliegue de tecnología, cualquiera que ésta sea) constituye un factor clave en el desarrollo de los pueblos.

² "Desarrollo humano y tecnología". La Jornada. Sección Economía, 23 de julio de 2001. pp 27

5.4 Elementos necesarios para el uso y aprovechamiento de las Nuevas Tecnologías dentro de la sociedad

El acceso a la *cultura de la información* brindada por estas nuevas tecnologías requiere dos condiciones básicas:

- Poseer los recursos económicos para comprarlas,
- poseer el conocimiento necesario para usarlas de modo inteligente (este es un nuevo problema educativo).

La primera condición es económica, pero la segunda es un problema de materia educativa.

Esta segunda condición que es un problema formativo de los usuarios de las nuevas tecnologías significa que debemos cambiar nuestro concepto de la formación educativa de una persona. Hasta ahora, una persona alfabetizada era aquella que domina los códigos de acceso a la cultura escrita o impresa (saber leer) y que a la vez poseía las habilidades para expresarse a través del lenguaje textual (saber escribir). Sin embargo, hoy en día, este conocimiento parece insuficiente ya que sólo permite acceder a una parte de la información: a aquella que está accesible a través de los libros. Una persona analfabeta tecnológicamente queda al margen de la red de información que ofertan las nuevas tecnologías.

En consecuencia, una persona requiere dominar el manejo técnico de cada tecnología (conocimiento práctico del hardware y del software que emplea cada medio), poseer un conjunto de conocimientos y habilidades específicos que les permitan buscar, seleccionar, analizar, comprender y recrear la enorme cantidad de información a la que se accede a través de las nuevas tecnologías.

Parece necesario y urgente cambiar el significado y sentido de la educación en relación a la formación en el dominio de la tecnología. Esto debe significar el desarrollo de procesos formativos dirigidos a que la ciudadanía:

- Aprenda a aprender.
- Sepa enfrentarse a la información (buscar, seleccionar, elaborar y difundir).
- Se prepare laboralmente para el uso de las nuevas tecnologías.
- Tome conciencia de las implicaciones económicas, ideológicas, políticas y culturales de la tecnología en nuestra sociedad.

La pregunta clave en relación a una oferta de igualdad de oportunidades educativas cara a permitir el acceso a las NT es ¿quién se está encargando de la formación educativa de los usuarios de las nuevas tecnologías? .

En la actualidad esta formación se aborda:

- Mediante redes privadas de enseñanza (escuelas, universidades).
- A través de la autoformación en el hogar.
- El sistema público de enseñanza (que apenas ha abordado con seriedad este problema).

En consecuencia podemos concluir que son las clases medias y altas de las sociedades occidentales quienes acceden a una educación informática, ya que son quienes poseen en sus hogares los elementos necesarios y son quienes pueden comprar esta educación en las redes privadas de escolarización.

Estamos pues ante otra nueva manifestación de la desigualdad educativa. ¿Qué hacer para posibilitar una igualdad de oportunidad en el acceso a la cultura a través de las nuevas tecnologías?.

5.5 Nuevas tecnologías y políticas para la igualdad de oportunidades educativas

Del análisis anterior se deriva la necesidad de plantear alternativas de naturaleza política para compensar las desigualdades a las que se está haciendo referencia.

Estas políticas tendrían que ser planificadas siguiendo como objetivos principales:

- Desarrollar y permitir a todos los ciudadanos (especialmente los más jóvenes) el acceso a una formación educativa para el uso de la nueva tecnología (NT).
- Capacitar a los trabajadores para el acceso y uso de las NT en los contextos laborales.
- Preparar y crear las condiciones para que en las comunidades locales (pueblos, barrios) los ciudadanos puedan acceder y ser partícipes de las NT de la información, de modo que no queden marginados culturalmente ante las mismas.

C APÍTULO VI

Desarrollo de Interent2 en México

6.1 Antecedentes

En resumen, I2 tiene el objetivo de crear una segunda "capa" o Red de alta capacidad, enfocada principalmente a los servicios educativos que requieran la utilización de tecnología sofisticada y demandante, como librerías virtuales, teleconferencias en tiempo real, audio y video de gran tamaño. Esta red es de uso particular, pero no exclusivo, de sus integrantes, principalmente universidades y organizaciones de investigación y hasta empresas comerciales, siempre y cuando no la utilicen para fines comerciales.

México no podía ser la excepción, y ha puesto en marcha una red avanzada cuyos objetivos son semejantes a los que plantea la iniciativa de Internet2. Como se ha mencionado anteriormente, dicha iniciativa tiene por objeto dotar a las universidades y otras instituciones de una red con características avanzadas para que desarrollen conjuntamente con empresas privadas e instituciones públicas, aplicaciones que permitan ampliar la oferta educativa y la capacidad de investigación.

Con este proyecto se permitirá posicionar a las instituciones mexicanas de educación superior al nivel de las universidades más avanzadas del mundo.

"Siguiendo el desarrollo mundial de redes de datos de mayor capacidad y velocidad, para utilizarlas en aplicaciones de alta tecnología, en un esfuerzo conjunto, el Gobierno Mexicano, la Comunidad Universitaria y la Sociedad Mexicana en general, toman la iniciativa de desarrollar una red de alta velocidad y unirse a la red internacional denominada Internet2, con el fin de dotar a la Comunidad Científica y Universitaria de México una red de telecomunicaciones que le permita crear una nueva generación de investigadores, dotándolos de mejores herramientas que les permitan desarrollar aplicaciones científicas y educativas de alta tecnología a nivel mundial."¹

La red mexicana Internet2 se encuentra actualmente trabajando. Los eventos más importantes que marcaron el avance de ésta iniciativa se mencionan a continuación.

El 8 de abril de 1999 se oficializó en Los Pinos la constitución de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI), con la presencia como testigos de honor, del presidente de la República, Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, y de los Secretarios de Educación Pública, Lic. Miguel Limón Rojas y de Comunicaciones y Transportes Lic. Carlos Ruiz Sacristán.

El 20 de mayo de 1999, en la ciudad de San Diego, California, representantes de la CUDI firman dos importantes Memorándums de Entendimiento (MoU) con dos de las más importantes corporaciones universitarias que promueven y coordinan la disponibilidad de redes avanzadas para aplicaciones de investigación y educación en la Unión Americana, las cuales colaborarán conjuntamente con la CUDI en el desarrollo de tecnologías y aplicaciones de la nueva generación de Internet. Estas corporaciones son: University Corporation for Advanced Internet Development (UCAID), Corporation of

¹ <http://www.internet2.edu.mx>

Education Network Initiatives in California (CENIC), Canadian Network for Advancer Research Industrie and Education (CANARIE).

El 20 de mayo de 1999 se firmó un convenio con Telmex participando como Asociado Institucional.

El 6 de Octubre de 1999, en la ciudad de Ottawa Canadá, se firmó un MoU entre CUDI y CANARIE, esta última organización canadiense es la encargada del desarrollo de la red Internet avanzada en aquel país y con dicho acuerdo se podrán establecer programas de investigación, educación y colaboración entre ambos países.

Con una inversión estimada en 110 millones de pesos, el día 6 de noviembre e 2000 inició la operación de la red mexicana de alta velocidad "Internet2", la cual permite un intercambio académico y científico eficiente entre universidades y centros de investigación.

6.2 Función que desempeña la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI)

La Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet es una Asociación Civil que tiene por objeto promover y coordinar el desarrollo de redes de telecomunicaciones y cómputo, enfocadas al desarrollo científico y educativo en México, por ello, es la encargada de llevar a cabo la iniciativa de despliegue de la red Internet2 en nuestro país.

A partir de la iniciativa de 7 de las universidades más grandes de México, interesadas en trabajar en proyectos de investigación conjunta (tanto a nivel nacional como internacional), surge la necesidad de integrar y dar coherencia a los esfuerzos que venían realizando cada una de ellas, a través de un organismo que tuviera personalidad jurídica semejante a la de organismos internacionales dedicadas a coordinar los trabajos de Internet 2 a nivel internacional.

De esta forma, el 12 de Mayo de 1999 quedo constituida la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C. CUDI es el organismo que representa jurídicamente los intereses de las Universidades e Instituciones que conforman el proyecto de Internet 2 en México. Su labor consiste en coordinar las labores encaminadas al desarrollo de la red de cómputo avanzado en el país, brindar asesoría en cuanto a las aplicaciones que utilizarán esta red y fomentar la colaboración entre sus miembros.

Para el cumplimiento de su Misión, CUDI tendrá los siguientes objetivos específicos:

- Promover la creación de una red de telecomunicaciones con capacidades avanzadas.

- Fomentar y coordinar proyectos de investigación para el desarrollo de aplicaciones de tecnología avanzada de redes de telecomunicaciones y cómputo enfocadas al desarrollo científico y educativo de la sociedad mexicana.
- Promover el desarrollo de acciones encaminadas a la formación de recursos humanos capacitados en el uso de aplicaciones educativas y de tecnología avanzada de redes de telecomunicaciones y cómputo.
- Promover la interconexión e interoperabilidad de las redes de los Asociados Académicos y de los Afiliados.
- Promover el desarrollo de nuevas aplicaciones que realice.
- Difundir entre sus miembros los desarrollos que realice.

6.2.1 Participación de las Universidades en la CUDI

Todas aquellas universidades, institutos de investigación, del sector público, privado o social, personas morales y sociedades mercantiles que estén comprometidas con el desarrollo, evolución y utilización de aplicaciones educativas y de tecnología avanzada de redes de telecomunicaciones y de cómputo, pueden ser miembros de CUDI.

De acuerdo a la razón social, a la capacidad de cómputo y al compromiso con el desarrollo de aplicaciones de redes avanzadas, los miembros de CUDI pueden ser clasificados dentro de tres categorías: Asociados Académicos, Asociados Institucionales y Afiliados.

1. *Asociados académicos*

Son aquellas universidades con proyectos avanzados de educación e investigación y redes de alta velocidad. Los requisitos que deben cumplir son:

- Instalar equipamiento de GigaPoP.
- Sufragar conectividad de banda ancha.
- Aplicaciones en educación e investigación.
- Participar en el consejo de administración.
- Aportar recursos humanos y financieros para el desarrollo de aplicaciones.
- Aportar la cuota inicial más las cuotas anuales que se determinen.

Los derechos a los que son acreedores son los siguientes:

- Participación en la asamblea de miembros.
- Utilización de la red de alta velocidad en aplicaciones aprobadas.
- Participación en el consejo directivo.

- Derecho de consulta a los reportes semestrales de avance de cada proyecto de investigación.
- Asistencia a reuniones de avance semestrales.

Los miembros académicos de CUDI se muestran en la Tabla 6.1.

ASOCIADOS ACADEMICOS
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Instituto Politécnico Nacional
Universidad Autónoma Metropolitana
Instituto tecnológico de estudios superiores de Monterrey
Universidad Autónoma de Nuevo León
Universidad de Guadalajara
Universidad de las Américas-Puebla

Tabla 6.1 Asociados académicos de CUDI.

A continuación, la Tabla 6.2 muestra la infraestructura institucional de cada una de las universidades que cuentan con una de las tecnologías más modernas de telecomunicaciones y cómputo, que utilizan tecnología de punta y medios de transmisión de alta velocidad, siendo además quienes dieron origen a CUDI.

	UNAM	IPN	ITESM	UAM	UDLA	UdeG	UANL	Total
Alumnos	269,000	164,000	80,000	45,000	6,500	158,000	110,000	832,500
Profesores	27,300	11,700	6,000	3,700	450	9,000	5,000	63,150
Planteles	36	63	3	3	1	88	72	293
Carreras	100	56	59	59	51	53	27	492
PC's	21,000	5,000	6,000	6,000	2,100	8,700	6,000	67,800

Tabla 6.2 Infraestructura de instituciones académicas miembros de CUDI.

2. Asociados institucionales

Los asociados institucionales están compuestos por las empresas patrocinadoras. Los requisitos que deben cumplir son:

- Aportar las cuotas que se establezcan en efectivo o especie por concepto de inscripción.
- Aportar recursos para el desarrollo de aplicaciones específicas de su interés.
- Pagar cuotas anuales que se determinen.

Los derechos a los que son acreedores son los siguientes:

- Participación en la asamblea de miembros.

- Participación en el consejo directivo.
- Participación con investigadores en proyectos patrocinados.
- Derecho de consulta a los reportes semestrales de avance de cada proyecto de investigación.
- Asistencia a reuniones de avance semestrales.
- Derecho a acceder acervos de información de CUDI vía Internet.

Los miembros institucionales se muestran en la Tabla 6.3.

ASOCIADOS INSTITUCIONALES
CONACYT
Teléfonos de México S.A. de C.V. (TELMEX)

Tabla 6.3 Asociados institucionales de CUDI.

3. Miembros afiliados

Los miembros afiliados son aquellas universidades interesadas en el avance tecnológico, sin infraestructura de telecomunicaciones de alta velocidad. Las universidades que no cuenten con un GigaPoP propio pueden conectarse a la red dorsal como afiliados, pagando la infraestructura necesaria (ver Tabla 6.4).

Podrán participar como afiliados las personas morales del sector público, privado o social que deseen efectuar una aportación de menor cuantía que la de los asociados institucionales.

MIEMBROS AFILIADOS
Centro de investigaciones científicas y de educación superior de Ensenada
Instituto tecnológico Autónomo de México
Universidad Anahuac del Sur
Universidad Autónoma de Chihuahua
Universidad Autónoma de Coahuila
Universidad Autónoma de Colima
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Universidad Iberoamericana
Universidad Tecnológica de México
Universidad del Valle de México

Tabla 6.4 Miembros afiliados de CUDI.

6.2.2 Participación de TELMEX como asociado institucional.

Teléfonos de México S.A. de C.V. (TELMEX) proporciona el backbone de la red CUDI incluyendo los enlaces y equipos entre los nodos de la red y sus conexiones con la red internet2 en Estados Unidos en dos puntos. La topología backbone se muestra en la fig. 6.1

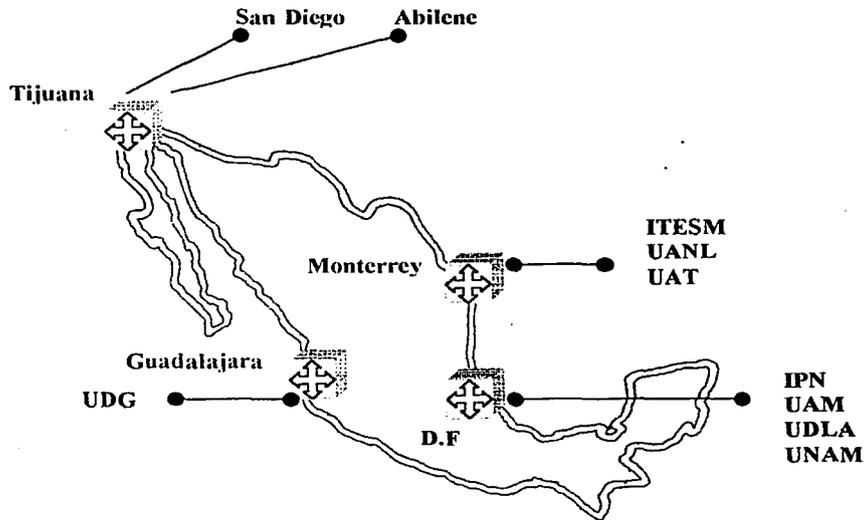


Figura 6.1 Topología Backbone Nacional. Fase inicial.

Existen 4 nodos localizados en las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey y Tijuana, los cuales tienen las siguientes características:

- Están conectados entre sí por enlaces de capacidades hasta STM-1 (155 MB/s)
- Se componen por equipos de alta capacidad de conmutación con tecnología IP/ATM.
- Se tienen dos conexiones de 155 MB/s hacia los Estados Unidos.

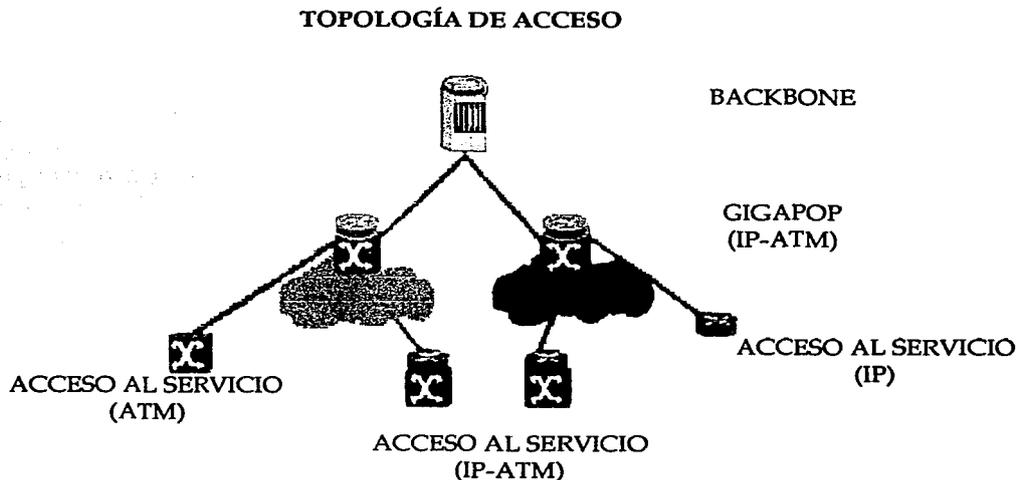
Telmex proporciona un acceso E3 para conectar cada uno de los siguientes asociados académicos hacia el Backbone:

1. En el D.F:

- Universidad Nacional Autónoma de México, campus Ciudad Universitaria.
- Instituto Politécnico nacional, campus Zacatenco.
- Universidad Autónoma Metropolitana, campus Azcapotzalco.

2. En Guadalajara:
 - Universidad de Guadalajara en su campus de Administración General.
3. En Monterrey:
 - ITESM , campus Monterrey
 - Universidad Autónoma de Nuevo León, campus Ciudad Universitaria
4. En Puebla:
 - Universidad de las Américas, campus Cholula.

Es importante señalar que Telmex no se hace responsable del equipo involucrado en la conexión a la red Internet2 que se encuentre físicamente en las instalaciones de los miembros de CUDI (asociados académicos y afiliados). Además, la contribución de Telmex no incluye el costo de los enlaces para conectar a los afiliados a la red.



6.2.3 Operación y administración de la red

La operación de la red estará dividida en red física y red de servicios. Telmex se hará cargo de la operación de red física, esto es, atención a fallas de configuración, registro de uso, desempeño, seguridad y mantenimiento de los enlaces de la red e infraestructura del Backbone.

CUDI designará a la entidad responsable de la operación de los servicios de la red, esto es, atención a fallas, configuración, registro de uso, desempeño y seguridad de las aplicaciones que hagan uso de la red.

Telmex apoya al CUDI en la operación de los servicios en caso de contingencia a solicitud de CUDI.

6.3 Aplicaciones de Internet2 en México

Las aplicaciones de I2 son aquellas que logran mejoras cualitativas y cuantitativas en la forma de llevar a cabo la investigación y los procesos de enseñanza y aprendizaje. Una de sus condiciones es el uso de redes avanzadas para trabajar.

Como se ha mencionado en anteriores apartados del presente trabajo de investigación, las características más importantes que la tecnología de Internet2 nos brinda es un mayor ancho de banda, calidad de servicio (QoS), Multidifusión (Multicasting), retardo reducido (Low Latency), una mayor seguridad y privacidad. Lo anterior nos permite desarrollar aplicaciones que con la actual Internet no se podrían.

Algunos de los atributos de éstas aplicaciones son:

- Investigación interactiva, colaboración e instrucción.
- Acceso en tiempo real a instrumentos científicos remotos.
- Procesamiento de grandes bases de datos distribuidas.
- Realidad virtual compartida.

Actualmente, los miembros de CUDI se encuentran en fase de definición de proyectos relacionados con las siguientes áreas de investigación:

- Administración de redes.
- Bibliotecas digitales.
- Colaboratorios.
- Educación a distancia.
- Middleware.
- Protocolos de comunicación.
- Realidad virtual.
- Seguridad en redes.

- Sistemas de información geográfica.
- Supercómputo.
- Telemedicina.

Lamentablemente, las instituciones académicas miembros de CUDI no se encuentran desarrollando aplicaciones avanzadas de manera oficial, ya que todavía están en tiempo de definición.

6.3.1 Aplicaciones de Internet2 en la UNAM

Al investigar acerca de las aplicaciones avanzadas que se desarrollan en nuestra universidad, en la página web de "Internet2 en la UNAM"² se describen 32 proyectos en fase de análisis de factibilidad. A continuación se describen algunas de las aplicaciones que se pretenden desarrollar.

1. IPv6 en I2

Entidad:

Dirección General de Servicios de Cómputo Académico

Objetivo del proyecto:

Investigar, evaluar e implementar el protocolo IPv6 en la red de Internet2.

Descripción funcional del proyecto:

IPv6 es el nuevo Protocolo de Internet que eventualmente sustituirá al actual protocolo IPv4. Diseñado por el IETF, IPv6 cuenta con importantes características entre las que destacan: espacio de direcciones prácticamente infinito, posibilidad de autoconfiguración de hosts, eficaz soporte para seguridad, computación móvil, calidad de servicio y aplicaciones multicasting y anycasting, diseñando para transportar tráfico multimedia en tiempo real, posibilidad de transición gradual de IPv4 a IPv6. Estas características aplicadas en Internet2, harán que esta última no solo sea una red de alta velocidad sino que sea una red de alto desempeño.

Las fases en las que se divide este proyecto son:

- a) Evaluar e implemetar el protocolo IPv6 en la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM.
- b) Evaluar e implemetar el protocolo IPv6 en la Red I2 de México.

² <http://www.internet2.unam.mx>

- c) Participar en el desarrollo de proyectos de IPv6 nacionales e internacionales.
- d) Participar en el fortalecimiento y difusión de IPv6 y sus aplicaciones.
- e) Proveer servicios de IPv6 en México y Latinoamérica.

Áreas de estudio:

- Educación a distancia
- Administración de redes
- Seguridad en redes
- Colaboratorios
- Protocolos de comunicación.

Características de Internet2 que utilizará el proyecto:

- Alta velocidad
- Equipos de ruteo y host
- Calidad de servicio
- Multicast

Instituciones en colaboración:

- Universidad Nacional Autónoma de México
- Nortel Networks

Este proyecto todavía no cuenta con patrocinadores.

2. I2 Multicast

Entidad:

Dirección General de Servicios de Cómputo Académico

Objetivo del proyecto:

Análisis, evaluación e implementación de tecnologías de red Multicasting para el apoyo a la academia en el desarrollo de sus aplicaciones de colaboración y distribución de información; así como proporcionar la conexión de la infraestructura Multicasting de I2 a otras redes de alto desempeño.

Descripción funcional del proyecto:

Internet ha demostrado ser un medio útil hoy en día para el desarrollo de las actividades de los investigadores. Internet 2 permitirá, en su caso, soportar las nuevas

aplicaciones avanzadas de red de éstos, proporcionando altas velocidades de transmisión con el control de calidad necesario.

La tecnología Multicasting permite la distribución de información a un grupo seleccionado de nodos, contando con la capacidad de soportar tráfico de datos, audio y video, optimizando las capacidades de la red, pero que apoyado por el servicio de calidad de servicio manejada (QoS) garantiza una calidad adecuada al tipo de aplicaciones que transporta.

Así, en el proyecto se pretende habilitar multicast en todos los puntos necesarios conectados en la red, contemplando los siguientes puntos:

- a) Instalación de los protocolos y códigos estándares.
- b) Configuración de ruteadores.
- c) Estructuración de interdominios.
- d) Elaboración de políticas.
- e) Trabajos en colaboración con el grupo de seguridad y calidad de servicio.
- f) Asesoría y apoyo a usuarios.
- g) Investigación y pruebas de laboratorio.

Áreas de estudio:

- Educación a distancia
- Sistemas de Información Geográfica
- Supercómputo
- Administración de redes
- Seguridad en redes
- Telemedicina
- Colaboratorios
- Bibliotecas Digitales
- Protocolos de Comunicación

Características de internet2 que utilizará el proyecto:

- Gran ancho de banda
- Calidad de servicio
- Control de tráfico
- Alta disponibilidad
- Mejor utilización de los recursos de cómputo y comunicaciones
- Trasladar a protocolos Multicasting disponibles dentro de la operación de I2
- Calendarizar y monitorear sistemas de control a distancia conectados a I2

- Proporciona audio y video optimizado
- El acceso y distribución de información multimedia

Este proyecto todavía no cuenta con patrocinadores.

3. Empleo de un Colaboratorio para intercambio síncrono de imágenes, video, datos y aplicaciones

Entidad:

Dirección de Servicios de Cómputo Académico.

Objetivo del proyecto:

Construir una red de grupos académicos donde se realicen labores de investigación apoyados por herramientas de colaboración en tiempo real sobre video, audio, intercambio de datos, edición coordinada de documentos, instrumentos remotos y uso de herramientas comunes de presentación de información

Descripción funcional del proyecto:

Se ha identificado que grupos de académicos con equipamiento y experiencia, frecuentemente encuentran en la distancia y el tiempo disponible un obstáculo para establecer vínculos mas estrechos con otros laboratorios y grupos de trabajo con características similares en proyectos y con instrumentación y equipamiento complementario; probablemente muchos de ellos ya hayan establecido mecanismos de intercambio de documentos que les permite actualmente colaborar en mas de una forma.

Con el uso de herramientas para colaboración síncrona en redes de ancho de banda vasto, se logra habilitar algunas actividades entre los grupos de trabajo, así es posible el trabajo más ágil, ya que pueden ver, oír y trabajar sobre los mismos recursos y documentos en los que se pretende establecer una comunicación y discusión académica.

Para la construcción de estos colaboratorios, se requiere de una suficiente instalación de red en los diversos laboratorios y sedes de investigación, estaciones de trabajo de alto rendimiento, equipo especializado de captura y codificación de audio y video, control de instrumentos científicos y software que haga posible el intercambio y trabajo conjunto sobre la información. Una ventaja adicional del uso de colaboratorios es la generación de memorias y acervos de materiales relacionados con la investigación y con el uso de los instrumentos involucrados en formatos compatibles para su inclusión en Bibliotecas Digitales o para ser compartida por Web.

Existen proyectos similares que facilitan la concepción del proyecto, y potencial colaboración internacional con otros grupos de trabajo, en el establecimiento de los

mecanismos técnicos y académicos como el del Pacific Northwestern Laboratory, con su desarrollo Collaboratory.

Áreas de estudio:

- Educación a distancia
- Colaboratorios
- Bibliotecas Digitales
- Almacenamiento Masivo

Características de internet2 que utilizará el proyecto:

- a) Video y audio digitalizados ocupan una porción mucho menor que sin codificar, sin embargo, es un gran volumen de información que se requiere almacenar y cuando es usado, se requiere que sea entregada de forma regular y a una velocidad específica.
- b) El control de los instrumentos a integrar en el colaboratorio debe de ser soportado por una red confiable con bajos periodos de latencia de modo que la interacción en tiempo real con los instrumentos sea útil a los investigadores.
- c) Las herramientas para colaboración de datos dependen de la velocidad de respuesta de la red para mantener una colaboración fluida entre los participantes, en especial cuando se colabora sobre materiales que involucran grandes cantidades de información como son grandes volúmenes de datos, imágenes de grandes dimensiones, modelos de tercera dimensión y otros.

Instituciones en colaboración:

- Pacific NorthWestern Laboratory – Environmental Molecular Systems Laboratory.

Este proyecto todavía no cuenta con patrocinadores.

- 4. Control y transmisión de datos de los Observatorios astronómicos desde los centros de visualización y procesamiento**

Entidad:

Instituto de Astronomía UNAM (Cuidad Universitaria, Ensenada B.C., Morelia, Tonontzintla, Pue), Dirección General de Servicios de Cómputo Académico

Objetivo del proyecto:

El proyecto contempla realizar funciones de control de movimiento, enfoque y obtención de datos de los telescopios que el Instituto de Astronomía de la UNAM administra para uso académico nacional e internacional.

Descripción funcional del proyecto:

Las actividades de observación en los telescopios requieren la manipulación precisa e interactiva de movimiento y adquisición de datos, conservando la precisión y la interrelación con los puntos de visualización y procesamiento de datos.

Las imágenes y datos recibidos exigen alta precisión y tomas continuas una vez elegido el objetivo, para posteriormente ser procesadas en centros de alto rendimiento con programas especializados, para su visualización y en circunstancias especiales elegir una nueva toma o un nuevo objetivo.

De esta manera es posible ofrecer de una manera más eficiente, ordenada y abierta los servicios de los Observatorios astronómicos reduciendo en el procedimiento y no en la calidad, los tiempos y esfuerzos necesarios.

Será necesario establecer contacto con otros proyectos similares de los Estados Unidos y Canadá, y desarrollar los elementos necesarios para establecer un círculo operativo; se cuenta con experiencia positiva al establecer con mecanismos tradicionales, un esquema de adquisición y control de imágenes del observatorio de Tonantzintla, Puebla aunque sin la calidad requerida.

Una vez realizadas las tomas de datos de los objetivos, podrán ser ofrecidas para ser empleadas de manera abierta y organizada a estudiantes y otros investigadores nacionales e internacionales.

Áreas de estudio:

- Educación a distancia
- Supercómputo
- Bibliotecas Digitales
- Astronomía

Características de internet2 que utilizará el proyecto:

- a) Se requiere capacidad de acceso y procesamiento en las instalaciones del Instituto de astronomía y del Centro de Supercómputo y Visualización de Ciudad Universitaria.
- b) El control de movimiento es una característica particular para requerir servicios tipo Internet2, pues de otra manera se presentaría problemas de defasamiento y tomas incorrectas. Se ha pensado en desarrollar un acervo de singular tamaño con las tomas de datos desarrolladas.

Este proyecto todavía no cuenta con patrocinadores.

5. Talleres Virtuales

Entidad:

Facultad de Arquitectura.
Universidad de Texas A&M, College Station.
Coordinación de Educación a Distancia.
Dirección General de Servicios de Cómputo Académico.

Objetivo del proyecto:

Implementar herramientas y la infraestructura para la realización de talleres y proyectos a distancia, entre universidades, con impacto de presencia virtual (proyecciones 1:1, sets virtuales, herramientas compartidas).

Descripción funcional del proyecto:

Se plantea instalar un espacio que fácilmente escale la tecnología, que los usuarios la absorban de manera natural y la aprovechen para crear sus ambientes de trabajo librando las dificultades tecnológicas y la distancia entre diferentes universidades de América Latina y Estados Unidos.

El salón virtual puede tener usos múltiples, para talleres de arquitectura, sesiones de trabajo, obras de arte comunitarias, etc. Por otro lado, podrá ajustarse a las tecnologías disponibles en otros sitios, partiendo desde interacciones por listas de correos y páginas, hasta el uso de sets virtuales y herramientas especializadas y otras tecnologías que serán incorporadas en un proceso de desarrollo gradual.

Estado de avance:

Se cuenta con los diseños y soluciones técnicas, así como con los contactos para realizar sesiones de trabajo con otras universidades o instituciones de la UNAM. Este concepto experimental puede iniciar sus tareas con las primeras herramientas básicas y continuar su escalamiento a partir de las experiencias y convocatoria. Los contactos para iniciar los trabajos a distancia (talleres virtuales) son la Facultad de Arquitectura de la UNAM y de la Universidad Texas A & M.

Visión a futuro:

Dar seguimiento a las experiencias de los grupos que hagan uso de este espacio, para ir logrando satisfacer las necesidades y demandas de los usuarios; desarrollando herramientas y proporcionando tecnologías novedosas; que encaminen a un trabajo a distancia que elimine las complicaciones técnicas y psicológicas para el aprendizaje y los trabajos en colaboración.

Áreas de investigación:

- Educación a distancia
- Realidad Virtual
- Colaboratorios

Características de Internet2 que utilizará el proyecto:

- Ancho de banda para transmisión de datos y vídeo

Instituciones en colaboración:

- Universidad de Texas A&M, College Station.

Este proyecto todavía no cuenta con patrocinadores.

Conclusión

Lo anterior, nos muestra cómo nuestro país se está organizando para enfrentar la llegada de *nuevas tecnologías de la información* encaminadas al desarrollo y despliegue de aplicaciones avanzadas para el beneficio de la sociedad en general.

Estas aplicaciones, en todo o en parte, no pueden ser llevadas a cabo hoy día a través de las conexiones Internet existentes entre las instituciones participantes, ya que a menudo requieren también servicios institucionales a nivel Intranet no siempre disponibles.

Muchos de estos ejemplos requerirán además estaciones de trabajo y funcionalidades en los sistemas operativos no fácilmente alcanzables. La arquitectura de aplicaciones debe, por lo tanto, evolucionar y deben promoverse servicios complementarios así como estrategias de desarrollo y metodologías para acomodar la demanda de aplicaciones que la iniciativa Internet2 promueve.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Es común decir que el uso de las computadoras ha modificado la vida de las personas y, sobre todo, su manera de comunicarse entre sí. Sin embargo, pareciera que esto es apenas el comienzo de la gran revolución provocada por la utilización de las computadoras personales conectadas a través de Internet. El espacio virtual ha modificado las maneras de trabajar, de obtener información, de comunicarse y de establecer relaciones comerciales.

Ahora bien, el crecimiento exponencial que Internet está experimentando pone en evidencia las carencias en su funcionamiento, ya que el ancho de banda es limitado, se tienen problemas de seguridad, el trabajo en línea es deficiente, etc. Dichos factores restringen a la comunidad investigadora en el desarrollo y despliegue de nuevas aplicaciones. Lo anterior, ha provocado la creación de iniciativas en redes de cómputo avanzado a nivel mundial.

Las expectativas en un futuro están puestas en el desarrollo de tecnologías de redes de alto rendimiento, así como en sus aplicaciones avanzadas, que sin sustituir a la Internet comercial de forma inmediata, buscarán solucionar sus carencias.

El Proyecto Internet2, es un ejemplo de cómo la enseñanza superior intenta contribuir al avance de tecnologías de red. Con su desarrollo, se tienen una serie de herramientas que nos permitirán obtener resultados en el desarrollo e implementación de aplicaciones avanzadas, utilizando nuevos protocolos que nos brindarán mayor seguridad en el envío y recepción de información, así como la asignación de prioridades de tráfico los cuales acelerarán tiempos de respuesta, creando así, un nuevo paradigma de comunicación dentro de la sociedad.

Otras instituciones investigadoras, educativas y gubernamentales enfrentan necesidades muy similares a las de la educación superior en lo que se refiere a comunicaciones y aplicaciones. Estas necesidades han engendrado varias iniciativas de redes de alto rendimiento, especialmente el proyecto *NSF vBNS* (National Science Foundation's very high speed Backbone Network Service) y el conjunto de iniciativas *NGI* (Next Generation Internet) anunciado por la Casa Blanca.

En general, se define a Internet2 como una red de cómputo con capacidades avanzadas. Su origen se basa en la colaboración de universidades estadounidenses cuya finalidad es desarrollar tecnología y aplicaciones avanzadas que complementen la misión de investigación y educación de las instituciones de nivel superior, además de ayudar en la formación de personal capacitado en el uso y manejo de estas redes de cómputo. Sus objetivos principales son:

- Crear una red avanzada que brinde la comunicación que la comunidad de investigación de los Estados Unidos necesita.

- Desarrollar aplicaciones avanzadas para Internet.
- Asegurar una rápida transferencia de los servicios y aplicaciones de la nueva red para la comunidad de Internet.

Los esfuerzos de la ingeniería de Internet2 están organizados en Grupos de Trabajo cuyas áreas de investigación están divididas en el estudio del protocolo IP versión 6 (Ipv6), Calidad de Servicio (QoS), encaminamiento, multidifusión, seguridad y topología de redes.

Para llevar a cabo la investigación y evaluación de los proyectos, Internet2 utiliza principalmente tres redes:

1. vBNS, creada por la iniciativa NGI
2. Abilene, creada por la iniciativa Internet2.
3. CA*net3, creada por la CANARIE

Las tecnologías usadas por internet2 incluyen:

- IP sobre ATM (usada por vBNS)
- IP sobre SONET (usada por Abilene)
- IP sobre fibra óptica (usada por la red canadiense CA*net3)

El enfoque del uso de IP tiene diferentes tendencias, por ejemplo, IP sobre ATM se usa para brindar QoS o para redes privadas virtuales, IP sobre SONET es efectiva para mejorar los esfuerzos del tráfico en Internet e IP sobre WDM brinda gran velocidad sin afectar el desarrollo de otros trabajos. Estas tecnologías no son mutuamente excluyentes, por ello Internet2 puede aprovechar todas las ventajas que le brindan.

Por otro lado, existen una serie de protocolos avanzados que permitirán el aprovechamiento de las nuevas capacidades de redes avanzadas. Entre los más importantes se encuentran el protocolo IPv6, QoS (Calidad de Servicio) y multidifusión.

El protocolo IPv6 surge ante la necesidad de reemplazar el protocolo actual (IPv4) básicamente por tres razones:

1. Agotamiento del espacio de direcciones e incremento de tráfico.
2. Nuevas aplicaciones que crean una demanda de infraestructura o servicios que los protocolos actuales no pueden proporcionar.
3. La garantía de mayor seguridad en el envío de información.

IPv6 envuelve una serie de características técnicas que prometen cumplir con los requerimientos necesarios para satisfacer las exigencias de aplicaciones avanzadas.

Ahora bien, el protocolo QoS es uno de los más importantes, ya que define un mecanismo que brinda una distinción entre tipos de tráfico, los cuales pueden ser clasificados y administrados de diferente manera a través de la red.

QoS, no crea ancho de banda, sólo la gestiona de acuerdo a las demandas de la aplicación y administración de la red. Como algunas aplicaciones son más exigentes que otras con respecto a los requerimientos de calidad de servicio, se tienen dos tipos de QoS, estos son:

- Por reservación de recursos, donde los recursos de la red son asignados de acuerdo a la petición de QoS de la aplicación y sometidos a las normas de gestión de ancho de banda.
- Por prioridad, donde el tráfico de la red se clasifica y se asignan recursos de acuerdo con el criterio de asignación de ancho de banda. Para habilitar QoS, los elementos de la red dan un trato preferencial a las clasificaciones que demandan mayores requerimientos.

Por otro lado, cuando nos referimos a una dirección IP involucramos un host individual en una red particular. Cuando una dirección IP aloja a un grupo de computadoras en una o más redes se le conoce como *direcciones multidifusión* y a la acción de enviar un paquete a los miembros de ese grupo se le denomina Multidifusión.

En Internet, la multidifusión transmite un sólo mensaje para un conjunto de destinatarios. Este mensaje viaja a través del mismo trayecto si es posible, cuando alcanza un punto en el camino donde el mensaje diverge es repetido, incrementando así la eficiencia en la transmisión de información.

Cada uno de los protocolos expuestos anteriormente cumplen con una determinada tarea, siendo complementarios en el uso eficiente de las propiedades de las redes avanzadas.

Realmente todo el esfuerzo en el diseño e implementación de nuevas tecnologías se verá reflejado en las aplicaciones de ellas surgirán. Existe una variedad de aplicaciones que pueden aprovechar esta tecnología avanzada, entre las más importantes se encuentran:

- La educación a distancia, cuyo objetivo es brindar un entorno educativo distribuido en red.
- Bibliotecas digitales, que ofrecerán catálogos en línea, resúmenes y contenidos en forma electrónica, con el uso de tecnologías de visualización de la información, video conferencias incorporadas a la interfaz de usuario, etc.
- Laboratorios virtuales, que implican un entorno heterogéneo distribuido de resolución de problemas, permitiendo a un grupo de científicos (esparcidos geográficamente) trabajar de manera conjunta en un proyecto común. Como en

cualquier otro laboratorio las herramientas y técnicas son específicas del dominio de investigación, pero los requisitos de infraestructura básica se comparten entre las diversas disciplinas.

- Teleinmersión, donde dos personas geográficamente distribuidas interactúan con modelos tridimensionales en un ambiente virtual en tiempo real. Aquí, se necesita la tecnología para reconocer la presencia y el movimiento de individuos dentro de lo que denominan "esquemas informáticos", para rastrear su presencia y movimientos, permitiendo su proyección en entornos de inmersión múltiple donde los individuos pueden interactuar con modelos generados por computadora.

De lo anterior podemos concluir que la iniciativa Internet2, y todas aquellas iniciativas internacionales que convergen en sus objetivos, brindan un nuevo panorama en el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías de redes y protocolos, los cuales permitirán el despliegue de aplicaciones avanzadas en el área educativa, de investigación, comercial y de entretenimiento.

Por otro lado, las nuevas tecnologías traen consigo profundos efectos sociales. Es obvio mencionar que todo avance tecnológico (mirándolo desde un punto de vista positivo) servirá para el bien de la humanidad. Pero lamentablemente, dichas tecnologías no llegan a toda la sociedad en su conjunto, es decir, en forma masiva.

Las nuevas tecnologías y en específico Internet2, están dirigidas a un grupo selecto de personas, las cuales pueden gozar de sus beneficios, ya sea por la capacidad económica que éstas exigen o por el conocimiento que se necesita para utilizarlas.

Lo anterior, crea un factor de desigualdad social, ya que no tener acceso a esta tecnología, crea brechas discriminatorias. En primer lugar, por no gozar de las ventajas que ofrece en el área del conocimiento (educación y cultura) y en segundo lugar, por las limitaciones laborales que genera.

Compensar estas desigualdades requieren ciertas medidas, por ejemplo:

- Integrar las nuevas tecnologías en el sistema escolar público.
- Capacitar a los individuos en las nuevas necesidades y demandas sociolaborales.
- Extender el uso dichas tecnologías desde las comunidades locales, permitiendo el acceso a cualquier grupo social.

Considero que el acceso y uso de estas nuevas tecnologías de la información no estarán al alcance de la inmensa mayoría de la población, sino sólo de aquellos que posean el nivel económico para adquirirlas y el conocimiento adecuado para usarlas.

Por ejemplo, México está lejos de que una tecnología como Internet2 provoque un impacto en el uso de Internet (a mediano plazo), ya que, el Estado no invierte el capital

necesario para elevar la educación en nuestro país. Esto afecta directamente al área de investigación y desarrollo, que cuenta con una inversión del 0.3% del PIB, lo cual trae consigo escasez de propuestas en el desarrollo de nuevas tecnologías en redes y ,por ende, de aplicaciones avanzadas.

Pero ello, no ha impedido que México se encuentre participando en esta nueva iniciativa de tecnología avanzada en redes Internet2.

Para manejar en México la red Internet2, se creó una asociación civil de carácter privado, denominada Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI).

El objetivo de CUDI es establecer una infraestructura de telecomunicaciones entre las principales universidades del país basada en medios de transmisión de alta velocidad para apoyar la educación e investigación y permitir el desarrollo de aplicaciones para impulsar la nueva generación de Internet.

Lamentablemente, los miembros del CUDI hasta el momento no se encuentran desarrollando aplicaciones avanzadas de manera oficial, ya que todavía se encuentran en etapa de definición. A pesar de ello, existen universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México, que se encuentran trabajando en proyectos que motivarán el avance de Internet2, y , por consiguiente, de Internet en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Internet2. The future of the Internet and Next-generation Initiatives.
Debra Cameron.
Computer Technology Research Corp, 1999.
- Quality of Service. Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks.
Paul Ferguson, Geoff Huston.
Edit. Wiley, 1999.
- Computer Networks. Protocols, Standards and Interfaces.
Uyless Black.
Edit. Prentice Hall, 1997.
- Computer Networks.
Andrew S. Tanenbaum
Prentice-Hall, 1998.
- The Internet. Complete Reference.
Harley Hahn.
Edit. McGraw-Hill, 1996.
- Internet.
Potter, James.
Edit. Alfaoega, Segunda Edición.
- Telecomunicaciones. Redes de datos.
GS Comunicaciones.
Edit. McGraw-Hill, 1999.
- Redes Locales e Internet. Introducción a la comunicación de datos.
St-Pierre Armand, Stephanos William.
Edit. Trillas, 1997.

Páginas de Internet:

- <http://www.internet2.edu>
- <http://www.internet2.edu/html/universities.html>
- <http://www.internet2.edu/html/corporate.html>
- <http://www.internet2.edu/html/afiliates.html>
- <http://www.internet2.edu/html/government.html>
- <http://www.internet2.edu/html/international.html>
- http://www.internet2.edu/html/working_groups.html
- <http://www.internet2.edu/html/learningware.html>
- http://www.internet2.edu/html/digital_libraries.html
- http://www.internet2.edu/html/virtual_laboratory.html
- <http://www.internet2.edu/html/teleinmersion/publications.html>
- <http://www.internet2.edu/html//97engineering.html>
- <http://www.internet2.edu/e2eperf>
- <http://www.internet2.edu/arena>
- <http://www.cic.edu>
- <http://www.isoc.org>
- <http://www.itdr.gov>
- <http://www.internet2.edu.mx>
- <http://www.dgsca.unam.mx>
- <http://www.oei.es>

Periódicos:

- “El nuevo paradigma tecnológico y el desarrollo de la supercarretera de la información” en el Financiero, 10 de enero de 1995, Sección Cultural.
- “La DGSCA de la UNAM, pionera y líder del campo informático en México” en la Jornada, 3 de octubre de 2000, Sección Sociedad y Justicia.
- “Sólo 5.6% de primarias y secundarias del país tienen acceso a Internet” en La Jornada, 7 de noviembre de 2000. Sección Política.
- “La ruta del dinero” en el Reforma, 8 de noviembre de 2000, Sección Negocios.
- “Padece el país analfabetismo informático: sólo 9.3% de los hogares tienen computadora” en la Crónica de Hoy, 11 de noviembre de 2000, Sección Negocios.
- “Desarrollo humano y tecnología (1/2)” en La Jornada, 23 de julio de 2001, Sección Economía.
- “Informe del organismo de las Naciones Unidas” en La Jornada, 29 de julio de 2001, Sección Política.

GLOSARIO

A

- Abilene** Red backbone de alta velocidad para los participantes de Internet2. La velocidad inicial de Abilene es de 2.4 Gbps y eventualmente crecerá a 9.6 Gbps.
- Ancho de Banda** Capacidad del canal de transmisión de modificar sus niveles de energía en función de la frecuencia de las señales que puede transportar sin problemas. Es la capacidad de transportar información.
- ARPA** Agencia para Proyectos de Investigación avanzada. Agencia del departamento de defensa de los Estados Unidos.
- ARPANET** Red de área amplia que utiliza protocolos de paquetes diferidos. La red fue creada por ARPA junto con el departamento de defensa de los Estados Unidos para dar soporte a las comunidades militares. ARPANET se divide para uso militar (MILNET) y para uso comercial y académico.
- ATM** Modo de Transferencia Asíncrona. Un protocolo de campo de conexión que puede agregar tráfico de voz y datos, ofreciendo clases de servicio.

B

- Backbone** Conjunto de nodos y vínculos que se conectan entre sí para formar una red, o los protocolos de capa superior usados en una red. Algunas veces el término se emplea para hacer referencia a los medios físicos de una red.

C

- CANAIRE** Red Canadiense para el Avance de la Investigación, Industria y Educación.
- CA*net II** Iniciativa canadiense de la siguiente generación, creada en 1997. Es una red virtual que trabaja en dos nubes de ATM.

CA*net 3	Iniciativa canadiense de la siguiente generación que corre IP directamente sobre fibra óptica sin intervención de campos ATM o SONET.
Canal	Camino físico o lógico por el cual se transmite la información.
Ciberespacio	Término puesto por William Gibson en su novela "Neuromancer". Usado para describir la cultura de Internet.
Circuito Virtual	Es una conexión que se comporta como si existiera una conexión física entre la fuente y el destino.
Comercio electrónico	Es la entrega de información, productos/servicios o pagos vía líneas telefónicas, redes de computadoras u otro medio similar.
Concentrador (Hub)	Dispositivo que sirve como punto central de conexión para los cables de los nodos que están puestos físicamente en topología estrella.
Conectividad	Estado que permite la transferencia de señales eléctricas desde un origen hasta un destino.
CoS	Clases de Servicio. Un servicio de red que brinda prioridades al tráfico.
CSMA/CD	(Carrier Sense Múltiple Access/ Collision Detection. Método de acceso al medio (cable) que utiliza Ethernet.
D	
Datagrama	Unidad básica de datos usada en TCP/IP. Algunas veces llamado <i>Datagrama IP</i> , ya que en su encabezado contiene las direcciones IP de la fuente y el destino.
Diff-Serv	Servicios Diferenciados. Un estándar de QoS diseñado para ofrecer servicios sobre Internet a través de arreglos previos. Es visto como escalable, porque tiene la habilidad de agregar flujos de tráfico.
Dirección	Conjunto de números que identifican de manera única "algo". Puede ser una estación de trabajo en una red, una localidad de memoria, un paquete de datos viajando en una red, etc.
DNS	Aplicación de Internet que traduce direcciones del sistema de Internet en direcciones numéricas para encaminar datos a través de la red.

E

Estación de trabajo Conocida también como PC, es un equipo que se encuentra conectado a una red con capacidad propia de proceso.

ETHERNET Arquitectura LAN de 10 MBPS, con productor CSMA/CD, regida por el estándar 802.3 que permite usar la tecnología de bus y estrella independientes.

F

FNC Consejo Federal de los Estados Unidos, cuyo objetivo era realizar forums de colaboración en redes entre las diversas agencias federales para conocer sus avances en la investigación, educación y desarrollo operativo. El 1° de octubre de 1997 deja de existir y sus funciones pasan a grupos de trabajo en diferentes Agencias de nivel federal.

Fibra óptica Medio de transmisión de datos que consiste en una fibra de vidrio. Una fuente luminosa (LED's o lasers) emite un haz de luz que se va reflejando dentro del cable gracias a los diferentes grados de retracción entre el material de la fibra y una cubierta de material similar. Aunque el precio de la fibra ha bajado, todavía resulta costoso y complejo instalarlo. Generalmente se utiliza para construir Back Bones (conexión entre redes).

Firewall Ruteador o computadora dedicados, diseñados para el control de tráfico. Pueden restringir ciertos tipos de tráfico, pudiendo denegar el acceso hacia o desde Internet.

FTP Siglas de "File Transfer Protocol". Servicio de alto nivel bajo ambiente TCP que permite y controla el proceso de transferencia de archivos a través de una red.

G

Gigabyte Mil millones de bytes, que corresponden al número decimal 1,073,741,824.

GigaPoP Punto de presencia con capacidad de Gigabits. Punto de interconexión de tecnología avanzada y alta capacidad, donde los participantes de I2 pueden intercambiar tráfico de servicios avanzados con otros miembros del proyecto.

Gateway Dispositivo que permite conectar dos redes (locales o geográficas) con diferentes protocolos. Un gateway cambia al menos, por los protocolos de los primeros cuatro niveles del modelo ISO/OSI.

H

HTML Lenguaje de marca de hipertexto. Un formato para el sistema de páginas web. El texto en ASCII es marcado con etiquetas que le dicen al navegador cómo desplegar ciertas porciones de la página.

Http Protocolo de transferencia de hipertexto. El protocolo de red usado en la Web.

Host Computadora local o remota donde se lleva a cabo el procesamiento batch y línea de las aplicaciones de una organización. Normalmente es una minicomputadora o un main frame.

Hypertext Texto dinámicamente ligado a otro texto. En hipertexto, ya sea en un sistema local en Internet.

I

IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Sociedad profesional de la industria electrónica comisionada por la ANSI para definir o especificar estándares.

IETF Fuerza de trabajo de Ingeniería de Internet. Organismo encargado de proponer y establecer los estándares de Internet.

Interconectividad Posibilidad de realizar un enlace de equipos de cómputo dentro de los tres primeros niveles del modelo OSI.

Interfaz gráfica Software que crea medios físicos o gráficos para que el usuario interactúe con un sistema de cómputo, separado de la funcionalidad del programa de aplicación.

Internet Red de información mundial basada en computadoras. Internet se compone de un gran número de pequeñas redes interconectadas, las cuales a su vez, pueden tener conectadas cientos o miles de computadoras, permitiendo compartir información y recursos tales como poderosas supercomputadoras y bases de datos. Internet ha hecho posible que miles de personas alrededor del mundo se comuniquen entre sí con gran eficiencia.

Internet2	Iniciativa de la siguiente generación de redes que envuelve a las universidades de los Estados Unidos. Internet2 busca desarrollar nuevas tecnologías de red y aplicaciones, que en un futuro serán transmitidas a la Internet comercial.
IPSec	Una versión segura del protocolo de Internet que brinda autenticación opcional y encriptación a nivel de paquetes. IPSec es requerido para IPv6 y opcional para IPv4.
IPv6	Protocolo de Internet versión 6. IPv6 brinda un espacio de direcciones expandido, seguridad a través de IPSec y soporte multidifusión.
ISO	Organización Internacional de Estándares, la cual coordina todas las actividades internacionales de estándares, incluyendo los estándares de OSI, para redes de comunicaciones multivendedores.
J	
Jitter (fluctuación)	Término que se usa generalmente en redes 10BASE-T, donde las señales están fuera de fase entre sí.
L	
LAN	Abreviación más común al hablar de las Redes de Área Local.
Latencia	Es el tiempo que toma un conmutador para procesar un paquete. Se mide de diferentes formas dependiendo del método utilizado por el conmutador.
M	
MAC	Control de Acceso al medio. Subcapa relacionada con el medio físico, que maneja el método de acceso para la transmisión.
Mbps	Notación equivalente a millones de bits por segundo.
Multidifusión	También conocido como multicasting, es la habilidad de enviar un mismo mensaje a múltiples sitios a la vez.
Multiplexar	Enviar señales por un mismo medio, variando en cada una de estas señales algún parámetro para diferenciarla de las restantes, por

ejemplo, la frecuencia (Multiplexaje por División de Frecuencia), es posible separarlas en el tiempo (Multiplexaje por División de Tiempo).

N

- NGI** Internet de la Siguiete Generación. Proyecto de redes de alta velocidad del gobierno federal de los Estados Unidos.
- NSF** Fundación Nacional de las Ciencias, la cual tomo un papel importante al expandir el Internet TCP/IP, en 1985, con un programa para establecer redes de acceso distribuidas alrededor de sus 6 centros de supercomputadoras.
- Nodo** Cualquier estación de trabajo, repetidor, puente, ruteador o dispositivo conectado a una LAN.

O

- OSI (modelo)** Interconexión de Sistemas Abiertos. Estructura lógica y estándar de siete niveles de protocolos definida por ISO para facilitar la comunicación en ambientes heterogéneos.

P

- Página Web** Documento HTML que puede visualizarse con un navegador de Internet. Existen páginas estáticas y dinámicas.
- Peer to peer** Comunicación puerto a Puerto que se establece cuando dos computadoras pueden iniciar una conversación y no se requiere "permiso" de la otra.
- Protocolo** Conjunto de reglas que se establecen para comunicar dos entidades.
- Puente (Bridge)** dispositivo de red capaz de conectar redes que empean protocolos similares. Primero revisa la dirección del paquete, luego si ésta corresponde al otro segmento de red, lo pasa a través del puente.

Q

- QoS** Calidad de Servicio. Servicio de red que ofrece ancho de banda garantizada para aplicaciones particulares.
- Queue** Literalmente cola de espera.

R

- Red Local** Enlace de computadoras ubicadas en una misma oficina o edificio con la finalidad de compartir recursos físicos y lógicos, utilizando un mismo ambiente operativo.
- RSVP** Protocolo de reservación de recursos. Protocolo que brinda QoS a través de una red.
- Ruido** Señales eléctricas que distorsionan una transmisión, introduciendo errores. El ruido puede provenir de cables de corriente, motores eléctricos, etc.
- Ruteador** Dispositivo que interconecta LAN's encontrando dinámicamente rutas óptimas entre dos o más redes locales.

S

- Servidor** Dispositivo de hardware o rutina de software que provee uno o más servicios definidos a una población de entidades usuarias, tales como nodos de una red.
- Sistemas abiertos** Ambiente de cómputo en el cual el sistema operativo y el software de aplicación son portables. En un sistema abierto, el hardware, sistemas operativos, aplicaciones e interfaces de usuario de diferentes proveedores pueden trabajar juntos en un ambiente integrado.
- SONET** Red óptica síncrona. Es un sistema de transmisión en fibra óptica para tráfico digital de alta velocidad. SONET automáticamente redirecciona tráfico si existe ruptura en la fibra. En europe se refieren a SONET como SDH.
- Switch** Similares a los puentes, fueron diseñados para dividir una red local extensa en pequeños segmentos, aislando el tráfico de cada uno (tráfico local), de esta manera se aprovecha mejor el ancho de banda

mientras permanece una completa conectividad de los segmentos. Además usan un esquema de reenvío basado en hardware, opuesto al de software usado en puentes y ruteadores.

T

TCP/IP

Juego de protocolos creados en los 70's por Vince Cerf, profesor de la universidad de Stanford, por encargo del pentágono. Hoy en día, son los protocolos que permiten la mayor conectividad entre diversos equipos.

Transmisión Síncrona

Forma de transmisión en la que los dos extremos deben tener un mismo pulso de reloj y con base en éste, ambos conocen en que momento pueden transmitir. Aunque en la transmisión síncrona no se necesitan bits de inicio y final por cada carácter, el hardware requerido para sincronizar los pulsos de reloj la hace más cara que la asíncrona.

Topología

Forma física de enlazar equipos de cómputo. En el ámbito de las redes existen tres: estrella, bus y árbol, así como la combinación entre ellas.

U

UCAID

Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet Avanzado. Es una corporación sin ánimo de lucro formada en septiembre de 1997, cuya función es brindar soporte y administración de servicios para el proyecto de Internet2.

V

VBNS

Servicio de red backbone de muy alta velocidad. VBNS fue creada por la NSF y sus objetivos se centran en la investigación y la academia.

W

WAN

Red de área amplia. Nombre que se da a la red extendida sobre distancias muy grandes y que generalmente depende de líneas de comunicación para su correcto funcionamiento.

WDM

Multiplexación por División de Longitud de onda. Es una tecnología de fibra óptica que empaqueta datos en un cable de fibra usando diferentes colores provenientes de un haz de luz láser.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**