

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Morelos



## TESIS

"Evaluación sobre la incorporación de parámetros de posicionamiento y movilidad  
en aplicaciones de redes IP"

Presentada por

Jesús López Hernández

Sometido al programa de Graduados en informática y Computación en  
cumplimiento parcial con los requerimientos para obtener el grado de Maestro en  
Administración de Tecnologías de Información

TK  
5105.5  
.L664  
2001  
c.2

Cuernavaca, Morelos, Enero 2001.

**Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey**

**Campus Morelos**



**TESIS**

**“Evaluación sobre la incorporación de parámetros de posicionamiento y movilidad  
en aplicaciones de redes IP”**

Presentada por

**Jesús López Hernández**

**Sometido al programa de Graduados en Informática y Computación en  
cumplimiento parcial con los requerimientos para obtener el grado de Maestro en  
Administración de Tecnologías de Información**

Cuernavaca, Morelos. Enero 2001.

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, quienes siempre me han apoyado para completar mis planes y alcanzar mis metas.

## **Agradecimientos:**

Al M. C. Francisco González y al Dr. Roberto Valdivia por su valiosa asesoría.

Al Dr. Pablo Ibargüengoytia y al Dr. Joaquín García por sus atinados comentarios durante la revisión.

Al VacaTeam (en orden alfabético): Ing. Gibrán Armijo, Ing. Alejandra Dorantes, Ing. Miguel Iñesta, M.C. Miguel Machuca, Ing. Joaquín Olivera, Ing. José Luis Pozo, Ing. Xochitl Quiroz, Ing. Marek Wronski. Por dejarme utilizar sus instalaciones :)

# Resumen

El constante aumento en la utilización de equipos de cómputo móvil, desde asistentes personales hasta computadoras portátiles, junto con la expansión de las comunicaciones inalámbricas, dan origen a un esquema novedoso de redes de cómputo móvil. Esto crea la necesidad de desarrollar nuevos servicios y aplicaciones que sean de utilidad para los usuarios de los sistemas móviles, preferentemente sobre un esquema común que asegure la compatibilidad.

El Protocolo de Internet es el estándar de comunicaciones que permite la conexión entre diversas redes de cómputo y a Internet en general, por lo que es deseable utilizarlo para asegurar una compatibilidad a futuro.

La creciente disponibilidad de diversas tecnologías de localización al público en general abre la posibilidad de integrarlas a los equipos de cómputo portátil, para satisfacer los requerimientos de las aplicaciones que utilicen información de localización y movilidad.

En base a lo anterior, en la presente tesis se estudia el fenómeno de la movilidad en redes y se evalúan las diferentes tecnologías de medición de localización y movilidad que pueden ser de utilidad. Se establece un modelo de integración de la información de posición y movilidad a las aplicaciones en una arquitectura modular mediante la utilización del Protocolo de Internet, en un esquema de intercambio de información geográfica. Además se proponen las consideraciones de diseño necesarias para la selección de tecnologías de localización, cómputo y comunicaciones en función de las necesidades de la aplicación.

# Contenido

<b>Resumen</b>	i
<b>Contenido</b>	ii
<b>1 Introducción</b>	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Motivación	3
1.3 Planteamiento del problema	5
1.4 Objetivos de la tesis	6
1.5 Alcances y Limitaciones	6
1.6 Estructura de la tesis	6
<b>2 Posicionamiento y Movilidad</b>	
2.1 Introducción	7
2.2 Posición	7
2.2.1 Posición en Redes Móviles	7
2.3 Localización	9
2.3.1 Localización absoluta	9
2.3.2 Localización relativa	9
2.3.3 Localización lineal	9
2.4 Principios de localización	10
2.4.1 Utilización de marcadores	10
2.4.2 Localización por contenedores	10
2.4.3 Localización por posición	12
2.5 Sistemas de localización	13
2.5.1 Por células	13
2.5.2 Sistemas ópticos	14
2.5.3 Sistemas satelitales	15
2.5.4 LORAN	17
2.5.5 Sistemas ultrasónicos	18
2.6 Movimiento	21
2.7 Movilidad	21
2.8 Modelo de movilidad	22
2.8.1 Tipos de movilidad	23
2.8.2 Movilidad en redes	23
2.9 Métodos para medir movilidad	24
2.9.1 Odometría	24
2.9.2 Navegación por inercia	24
2.10 Conclusiones	24

<b>3 El Protocolo de Internet</b>	
3.1 Introducción	25
3.2 IPv4	26
3.2.1 Direcciones	28
3.3 Ruteo	29
3.3.1 Unicast	29
3.3.2 Broadcast	30
3.3.3 Multicast	30
3.4 IP Movil	31
3.5 IPv5	33
3.6 IPV6	33
3.6.1 Encabezado	34
3.6.2 Direcciones	35
3.6.3 Anycast	36
3.6.4 Otras mejoras	36
3.7 IPv6 Móvil	37
3.7.1 Operación básica	37
3.7.2 Detección de Movimiento en IPv6	38
3.8 TCP	40
3.8.1 Sockets	40
3.9 Resolución de nombres	41
3.9.1 Sistema de Nombramiento Simple (HOST)	41
3.9.2 Servicio de Nombres de Dominio	41
3.10 Conclusiones	42
<b>4 Integración de Información</b>	
4.1 Introducción	43
4.2 Geocasting	43
4.2.1 Modelo de Posición Geográfica	44
4.2.2 Direccionamiento Geográfico	45
4.2.3 Comunicaciones Geográficas	46
4.3 Manejo de Información	47
4.3.1 Esquema centralizado	48
4.3.2 Modelo de Integración	49
4.3.3 Esquema distribuido	51
4.3.4 Modelo de Integración	52
4.4 Mensajes de Posicionamiento	53
4.4.1 Mensaje de Solicitud de Información	54
4.4.2 Mensaje de Datos de Posicionamiento	55
4.4.3 Mensaje de Geocast	55
4.4.4 Interacción de mensajes	56
4.5 Tablas de posicionamiento geográfico	57
4.5.1 Cache de posicionamiento y movilidad	58
4.5.2 Tabla de resolución de zonas	58
4.5.3 Formación del grupo	59
4.6 Conclusiones	61

<b>5 Consideraciones de diseño para aplicaciones de movilidad</b>	
5.1 Introducción	62
5.2 Descripción de aplicación	63
5.2.1 Áreas de oportunidad	63
5.2.2 Propuesta de solución	64
5.3 Consideraciones de diseño	64
5.3.1 Delimitación del área de trabajo	65
5.3.2 Definición de precisión requerida	65
5.3.3 Sistema de coordenadas a utilizar	66
5.3.4 Mapas y cartografías	67
5.3.5 Características del ambiente de trabajo	69
5.3.6 Intervalo mínimo de actualización	69
5.4 Tecnología de comunicaciones	70
5.4.1 WAN móvil propietaria	70
5.4.2 Red Satelital	70
5.4.3 Red celular	71
5.4.4 Selección de tecnología	72
5.4.5 Conexión de redes	73
5.5 Selección de tecnología de localización	73
5.6 Interacción entre los sistemas de comunicación y localización	74
5.7 Estimación de costos	75
5.8 Beneficios	75
5.8.1 Seguridad	76
5.9 Conclusiones	77
<b>6 Conclusiones y trabajos futuros</b>	
6.1 Conclusiones	78
6.2 Trabajos futuros	79
<b>Glosario</b>	80
<b>Referencias y bibliografía</b>	82



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Antecedentes

Un sistema de comunicaciones transmite información de un lugar a otro, ya sea separados por unos pocos metros o por distancias transoceánicas. Las comunicaciones a distancias mayores que la permitida por la comunicación verbal datan desde la época de las civilizaciones antiguas, siendo la mayoría de naturaleza óptica. Muchas culturas usaban señales de fuego y humo para transmitir pequeñas piezas de información. La misma idea fue puesta en práctica en el siglo XVIII con el uso de lámparas, banderas y otros dispositivos de señalización [EDNH,1999]. La idea fue extendida siguiendo las sugerencias del ingeniero francés Claude Chappe [Chappe,1999] en 1794, para transmitir de manera mecánica mensajes codificados ópticamente a largas distancias (~100 Km), con el uso de estaciones de retransmisión intermedias localizadas en torres construidas sobre de colinas, las cuales actuaban como repetidores o regeneradores y permitían el ruteo de información. Este sistema de telegrafía óptica es reconocido como la implementación más primitiva de una red de comunicación de datos.

Posteriormente la llegada del telégrafo en 1830 reemplazó el uso de luz visible por electricidad y comenzó la era de las comunicaciones eléctricas. La cantidad de información que podía ser transmitida por segundo se incrementó aproximadamente en un orden de magnitud mediante la utilización de nuevas técnicas de codificación como la Clave Morse. El uso de estaciones intermedias de retransmisión permitió comunicaciones a mayores distancias (~1000 km). Más tarde, en 1876 la invención del teléfono trajo otro significativo cambio en las comunicaciones, y el desarrollo de redes telefónicas durante el siglo XX a nivel mundial produjo grandes avances en el diseño de sistemas de comunicaciones eléctricos.

En un principio la utilización de la red telefónica se encontraba restringida a equipos con una posición fija, sin embargo tiempo después surge el primer sistema de conversación directa entre usuarios utilizando equipo móvil: las comunicaciones por radio. Dado que el sistema de radio no satisfacía todos los requerimientos que un sistema de telefonía lograba cubrir es entonces que surge el sistema de telefonía móvil, el cual se caracteriza por permitir a los usuarios comunicarse cuando se encuentran en vehículos en movimiento usando terminales portátiles de telefonía.

En la segunda mitad del siglo XX el surgimiento de las computadoras y su integración con los sistemas de comunicaciones permitieron el intercambio de información entre equipos distantes, dando lugar a la creación de las redes computacionales, las cuales se catalogaron en primera instancia en función de la distancia a la que se encontraban las computadoras que la integraban; Redes de Área Local (LAN) para distancias menores a 1 Km, Redes de Área Metropolitanas (MAN) para distancias entre 1 y 10 Km y Redes de Área Amplia (WAN) para distancias mayores a 10 Km y menores a 1000 Km.

En la década de los 60's surge ARPANET [ARPANET,1999] como un proyecto militar enfocado a utilizar medios alternativos para mantener comunicadas las computadoras del sistema de defensa en caso de que la red telefónica fuera destruida. En 1969 ARPANET entró en operación como una red experimental con la integración de cuatro universidades de Estados Unidos con sistemas completamente diferentes de cómputo. Tres años después la mayoría de las universidades de Estados Unidos estaban conectadas a ARPANET, al igual que muchas otras redes privadas. En 1983 el crecimiento de la red era constante con la adhesión de redes regionales de Canadá, Europa y el Pacífico. El proyecto ARPANET como tal fue terminado en 1990, sin embargo para entonces ya comprendía 3000 redes y 200,000 mil usuarios, formando una red a nivel internacional que ha seguido funcionando hasta llegar a ser lo que hoy es Internet. Debido a esto ARPANET es considerada como el precursor de Internet, el cual ha tenido un crecimiento exponencial. Actualmente el crecimiento es de el doble de usuarios cada año, con lo cual se estima que para finales del 2000 se tendrán aproximadamente 100 millones de usuarios de Internet en el mundo [Netsizer,2000].

Uno de los elementos principales que hicieron el que ARPANET predominara como red mundial fue la estandarización de los protocolos de comunicaciones; el primero de enero de 1983 el Protocolo de Internet (IP) se convirtió en el protocolo oficial, permitiendo que los sistemas de las diferentes redes tuvieran un lenguaje común sobre el cual trabajar y comunicarse. Hoy en día el IP se ha establecido como el elemento indispensable en el sistema global de cómputo y negocios electrónicos, permitiendo la ejecución de un gran número de aplicaciones tanto con enfoque cliente servidor como de servicios uno a uno.

Conforme crece el número de dispositivos de computación y comunicaciones, también aumenta la demanda para conectarlos al resto del mundo, uno de los sectores que presenta esta necesidad es el de los dispositivos de cómputo portátiles (que pueden ser utilizados en varios lugares) y móviles (que pueden ser utilizados en movimiento), dado que hoy en día es relativamente fácil y barato adquirir este tipo de equipo, también es deseable poder conectarlos ya sea entre sí, a las redes de computo privadas o a Internet. De esta forma se agrega la capacidad de movilidad a las redes tradicionales, en un esquema de Redes Móviles. Para esto existen múltiples implementaciones de protocolos principalmente para Asistentes Digitales Personales (PDA), con el inconveniente de que son desarrollados exclusivamente por o para una marca o modelo en particular y son incompatibles entres sí.

Obviamente una integración de los dispositivos de cómputo móvil con Internet y las redes privadas debe ser a través del uso del Protocolo Internet para asegurar una compatibilidad a futuro entre los diferentes modelos. Existen varios esfuerzos encaminados a extender el IP para dar soporte a las Redes Móviles, dado que en sus orígenes no contemplaba de ninguna forma la movilidad de los elementos de la red o nodos. La primera extensión para soporte de movilidad ampliamente usada fue el IP Móvil, desarrollado a mediados de los 90's, con muchas limitaciones e intentos subsecuentes por eliminarlas. El siguiente esfuerzo para agregar soporte de movilidad al IP es conocido como Protocolo de Internet Nueva Generación (IPng) o Protocolo de Internet versión 6 (IPv6), donde muchas de las características de movilidad ya están completamente integradas al protocolo, no solamente como una extensión, además de que se ofrece un estándar más abierto y con capacidad de adaptación a necesidades específicas así como otras mejoras a la versión anterior.

## 1.2 Motivación

Las redes móviles como área en crecimiento presenta muchas oportunidades para desarrollar esquemas novedosos de utilización de las nuevas tecnologías y cubrir sus necesidades. Una de ellas es la de proveer servicios de localización y posicionamiento a los usuarios de redes móviles, siendo esta la principal característica que distingue a estas redes de las tradicionales. Se han detectado aplicaciones específicas de las redes móviles en las cuales el considerar información de posición y movimiento de los nodos provee nueva funcionalidad y optimización en el aprovechamiento de los recursos, tanto de cómputo como humanos. Entre ellas se encuentran las siguientes:

### **Localización de recursos:**

Con la ayuda de mapas y planos del ambiente o incluso el enlace con un Sistema de Información Geográfica (GIS), las unidades móviles pueden localizar y utilizar los recursos más cercanos en base a su posición y trayectoria de movimiento [GPSGIS,1999].

### **Predicción de posición:**

Con información histórica de posición es posible calcular el patrón de movimiento de una unidad móvil, así como su velocidad, de tal manera que por ejemplo en un esquema celular se puede predecir el cambio de una unidad móvil de una célula a otra. Este cambio o hand off puede prepararse con anterioridad, disminuyendo la probabilidad de interrupción de servicio.

### **Comunicaciones en zona de desastre**

En el caso de desastres, que generalmente tienen una localización geográfica precisa, las comunicaciones son necesarias para coordinar las labores de ayuda. Dependiendo de la naturaleza del desastre, la estructura normal de comunicaciones puede quedar inutilizable. En este caso lo que se quiere es asegurar las comunicaciones dentro de un área geográfica determinada, para lo cual es de imprescindible el conocer la posición de las unidades móviles de la red.

**Selección del medio de transmisión:**

La posición de la unidad móvil decide el medio físico de transmisión (cable, ISDN, módem, celular, radio, etc.) a través del cual se va a comunicar con otros elementos de la red, también establece el ancho de banda disponible, el costo y las características de confiabilidad de la conexión (tasa de errores). Existen algunas aplicaciones comerciales como GetRight, RealPlayer y NetShow que trabajan con video y sonido en tiempo real sobre Internet, y tienen un mejor desempeño cuando conocen las características de la conexión. Si se les proporciona información de posición y movilidad pueden adaptarse automáticamente a las condiciones existentes en su posición.

**Cerca electrónica**

Algunas compañías y centros de investigación tienen límites bien establecidos fuera de los cuales no se permite la utilización de cierto tipo de información. Con la ayuda de la posición se puede establecer un tipo de cerca electrónica que limite el paso de información hacia fuera de la compañía. El esquema inverso también puede ser útil para evitar que información con determinada clasificación entre a la compañía. La información de posición puede también usarse para limitar servicios, como juegos o chats dentro de la compañía pero no fuera.

**Ajuste de potencia de transmisión**

Se pueden optimizar los requerimientos de potencia para transmisión si se conoce la posición del elemento con quien se quiere establecer comunicación y se ajusta el alcance de la transmisión de tal manera que no se desperdicie energía innecesaria.

**Antenas direccionales**

Actualmente la mayoría de las antenas de transmisión son omnidireccionales, en el caso de comunicaciones uno a uno, solo una parte la energía es transmitida al receptor, la demás se pierde. Con información de posición las antenas pueden ser direccionales, lo que ayuda a reducir la energía requerida enfocando la transmisión a un área determinada.

**Seguridad**

En una organización se puede saber la posición de cada persona dentro de las instalaciones y solo darle acceso a las áreas definidas para sus labores.

**Rastreo de Vehículos**

La información de posición, dirección y velocidad de un vehículo se puede comparar con la ruta preestablecida que debe seguir, se pueden detectar anomalías como exceso de velocidad, descomposturas o robo del vehículo.

**Automatización de edificios**

Obteniendo la posición de las personas, su dirección, patrón de movimiento, junto con el reconocimiento de su identidad dentro de un edificio se pueden automatizar muchas de las funciones y servicios que el edificio provee, como encendido y apagado de luces, aires acondicionados, dispositivos de seguridad, etc. logrando un aprovechamiento más eficiente de los recursos [DOM,1999].

### **Interfaces inteligentes y selección de servicios**

Para dispositivos portátiles el saber su posición puede ayudar a configurar sus interfaces y la información que presenta con base en el lugar donde se encuentra, descartando aquella que ya no aplica a la localidad actual. De igual manera puede ser útil para identificar los servicios disponibles en el área y seleccionar los más adecuados.

### **Navegación**

Las aplicaciones de navegación permiten que el navegante, al conocer su posición durante el recorrido pueda seleccionar la ruta más eficiente para llegar a su destino [VTrk,1997].

### **Control de Trafico**

Al conocer la posición y movimiento de los vehículos en una autopista o ciudad, se puede conocer la densidad de tráfico por zonas, lo cual puede ayudar a tomar decisiones para controlar el trafico y reducir conflictos [IVHS,1997].

### **Internet Móvil**

Los servicios de Internet como correo electrónico, noticias, chats, juegos, etc. se están integrando en teléfonos celulares, agendas, radiolocalizadores y demás dispositivos portátiles. Utilizando información de posición del usuario se pueden seleccionar servicios e información que sólo sean útiles o estén disponibles en tal posición.

### **E911**

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de Estados Unidos ha propuesto la creación de Servicios Mejorados para Usuarios Inalámbricos (E911), el cual establece entres sus servicios que en caso de emergencia los teléfonos y localizadores inalámbricos provean de información vital a los centros de asistencia 911, entre la que se encuentran datos de localización del dispositivo móvil [E911,2000]. La propuesta requiere que para Octubre del 2001 todos los teléfonos y localizadores cuenten con servicios E911.

Es en este escenario y con base en las anteriores aplicaciones que surge la inquietud por realizar el presente trabajo de tesis.

## **1.3 Planteamiento del problema:**

Dado que la característica distintiva de las redes móviles respecto a las redes tradicionales es básicamente la capacidad de movimiento por parte de algunos de sus elementos, es necesario prestar mucha atención a tal característica, determinar cómo afecta el desempeño de la red, cómo se puede ponderar, cómo es que ocurre, de qué manera se puede integrar como parámetro de las redes móviles, cuándo puede ser de utilidad y como pueden las aplicaciones beneficiarse y utilizar tal información de manera eficiente.

El estudio de la movilidad y su utilización en redes plantea una gran área de oportunidades para nuevas aplicaciones y desarrollos que permitan optimizar la utilización de los recursos de cómputo y humanos.

El soporte de movilidad brindado por el Protocolo de Internet en redes de comunicaciones ofrece la posibilidad de establecer un modelo de integración y utilización de la información de posición y movilidad de las redes de una manera abierta y estándar que pueda adaptarse fácilmente a diversas aplicaciones

#### 1.4 Objetivo de la tesis:

El objetivo de la presente tesis es:

**Evaluar las características incorporación de parámetros de posicionamiento y movilidad a las aplicaciones que lo requieran utilizando redes IP.**

Como resultado de esta tesis se tendrá un estudio de la integración de las tecnologías de detección de movimientos con las redes móviles mediante la utilización del Protocolo de Internet.

#### 1.5 Alcances y Limitaciones

La presente tesis buscará proponer un esquema de integración de información de posicionamiento y movilidad a las aplicaciones, mediante un estudio de las tecnologías de localización existentes, junto con un análisis del Protocolo de Internet como soporte para la transferencia de información.

Con el esquema propuesto se generarán las bases para trabajos futuros donde se utilicen las propuestas y conceptos presentados para el desarrollo del tema en aspectos específicos como una especificación formal, una simulación y una implementación de aplicación.

#### 1.6 Estructura de la Tesis

El objetivo anterior se logrará mediante un análisis de las tecnologías de detección de movimiento, a presentar en el capítulo **2: Posicionamiento y Movilidad**. En el capítulo **3: El Protocolo de Internet**, se estudiarán las características básicas del protocolo IP en sus diferentes versiones, en especial el soporte de movilidad y sus alcances en la versión 6, así como los servicios de comunicaciones que provee. El capítulo **4: Integración de Información**, propone un esquema de integración de la información de posición con el IP y la manera en que podría utilizarse. Tomando como base lo expuesto en los capítulos 2 y 3. En el capítulo **5: Consideraciones de aplicación**, se analizan los aspectos a tomar en cuenta en una aplicación que utilice el esquema de integración del capítulo 4. Finalmente en el capítulo **6: Conclusiones y Trabajos Futuros**, se presentan las conclusiones obtenidas de la presente tesis, así como indicaciones de trabajos futuros que se pudieran realizar como seguimiento de la investigación.

## Capítulo 2

# Posicionamiento y movilidad

## 2.1 Introducción

Dado que el cambio en la posición es la principal característica de las redes móviles, es importante comprender y conocer las diferentes formas en que tal cambio se puede dar y cómo es posible cuantificarlo y medirlo. En este capítulo se hará una revisión de los conceptos de posición y movilidad, así como de las tecnologías existentes para su detección y medición.

## 2.2 Posición

La posición indica el lugar donde se encuentra físicamente algún objeto en particular, sin embargo, el conocer la posición de un objeto es algo que depende de la utilidad que se le quiera dar a tal información, por ejemplo, si se desea saber dónde se encuentra la Torre Latinoamericana, las respuestas pueden ser varias, se puede decir solamente que está en México, en la Ciudad de México o en el Distrito Federal, se puede decir en qué colonia, delegación o entre qué calles se encuentra, se pueden dar las coordenadas geográficas terrestres que delimitan el volumen del edificio o las coordenadas de su centro geométrico. Cualquiera de las respuestas es correcta y útil dependiendo del uso que se le quiere dar, en el caso de las redes móviles, los objetos de interés son los nodos que la conforman, la exactitud con la que se puede conocer su posición depende del tipo de tecnología que se utilice, así como de las características de comunicación de los nodos, lo cual depende a su vez de las necesidades de las aplicaciones que se quieran utilizar.

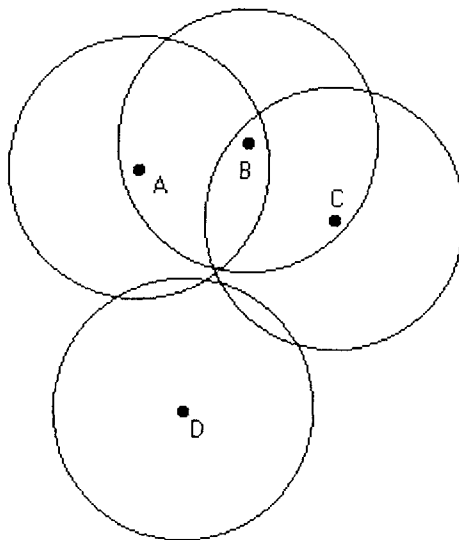
### 2.2.1 Posición en redes móviles

Una cuantificación de la posición de los nodos de una red móvil se puede hacer definiendo los siguientes valores para cada nodo de la red:

$N_x$	Nodo $x$
$A_x$	Área de cobertura de transmisión del nodo $x$
$D_{xy}$	Distancia entre el nodo $x$ y el nodo $y$

Además se pueden agregar características de comunicación de los nodos, como la cantidad de nodos con los que se puede conectar el nodo  $x$ , ancho de banda, dirección de los enlaces, medio de comunicación, tasa de errores, etc. De esta forma se tiene una matriz de adyacencia [Gómez, 1998] de la red, la cual se puede obtener para cada nodo o para la red en general.

Por ejemplo, considerando solo los enlaces entre los nodos, los valores de la matriz pueden ser solo dos: 1 ó 0. Un valor de 1 para el renglón  $x$  y la columna  $y$ , significa que existe un enlace entre el nodo  $x$  y el  $y$ . Un valor de 0 indica que dicho enlace no existe.



**Figura. 2.1** Nodos en una red móvil y sus respectivas áreas de cobertura.

Para los nodos en la figura 2.1 la matriz de adyacencia quedaría:

	A	B	C	D
A	1	1	0	0
B	1	1	1	0
C	0	1	1	0
D	0	0	0	1

La matriz de adyacencia para la red siempre es cuadrada de  $n \times n$ , donde  $n$  es el número de nodos. Si se consideran sólo enlaces simétricos la matriz siempre será simétrica, por lo que para propósitos prácticos solo se necesitan  $n(n-1)/2$  datos en lugar de  $n \times n$  [Claiborne, 1990]. Para grandes poblaciones es difícil y redundante que cada nodo tenga una copia de la matriz de adyacencia de toda la red, tal vez resulta más útil manejar la matriz de adyacencia propia y de los nodos adyacentes, dependiendo de la aplicación específica.

Considerando la distancia entre los nodos se puede calcular la distancia promedio, la dispersión de los nodos y el centro geométrico de la red. También se puede caracterizar el área total cubierta por los nodos en función de su forma, límites y sub-áreas donde la confiabilidad de la transmisión es alta o baja [Gómez, 1998].



## 2.3 Localización.

La localización se refiere al proceso de medición de la posición para conocer el lugar que ocupa un objeto de interés, de tal manera que la información obtenida pueda servir a un propósito práctico específico.

### 2.3.1 Localización absoluta

Se hace en base a un sistema de coordenadas con un origen definido. Dependiendo de las necesidades de cada aplicación, para la localización se pueden utilizar coordenadas lineales, cualquier sistema en dos dimensiones (cartesianas o polares) o en tres dimensiones (cartesianas, esféricas o cilíndricas) [CSO,1995].

### 2.3.2 Localización relativa

Localización relativa se refiere a la posición que se tiene respecto a una referencia conocida de la cual se parte. Básicamente se sabe la posición de un punto fijo y a partir de distancia y dirección (vectores de movimiento) se calcula la posición de un segundo punto. Se lleva el historial de la posición y se suma para obtener un vector resultante que indica el lugar donde se encuentra el punto de interés ( punto B en la figura 2.2) [MRN,1997]

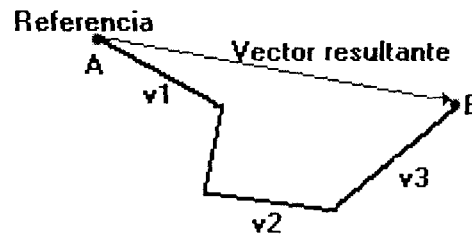


Figura 2.2 Localización relativa

### 2.3.3 Localización lineal

Cuando un vehículo tiene una ruta preestablecida para su recorrido, se puede establecer su posición dando simplemente un valor, que puede ser la distancia respecto al principio del trayecto o el segmento de la ruta en la que se encuentra el vehículo. El caso más evidente es el de un ferrocarril, el cual solo puede seguir un camino bien definido, que es el de las vías, y su posición se puede definir con la distancia que ha recorrido el ferrocarril sobre las vías desde que salió de la estación. Los camiones y automóviles que circulan sobre una carretera también pueden localizarse de esta manera, por ejemplo un transporte que vaya por el trayecto Cuernavaca-México puede dar su posición sólo indicando el número de kilómetros que ha recorrido desde un punto determinado.

## 2.4 Principios de Localización:

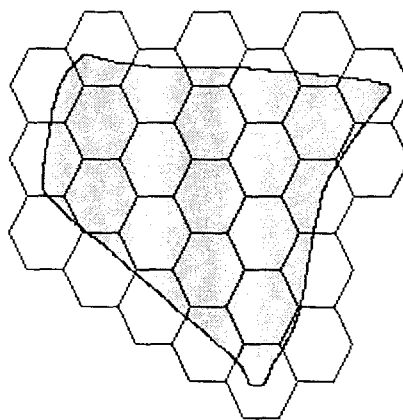
Esta sección presenta una clasificación de las tecnologías de localización en sistemas con etiquetas y sistemas sin etiquetas, basadas en contenedores o posición y describe algunas técnicas básicas de funcionamiento.

### 2.4.1 Utilización de marcadores

Los sistemas con marcadores utilizan una etiqueta o dispositivo de marcación, que puede ser activo o pasivo, el cual es portado por el objeto de interés, permitiendo con esto la deducción la posición. Los sistemas sin etiquetas determinan la posición de un objeto directamente y tienen la ventaja de que la perturbación al ambiente es nula a diferencia de los primeros. Sin embargo los marcadores asociados con objetos hacen que el proceso de localización y distinción sea más fácil [Robert,1998].

### 2.4.2 Localización por contenedores

Los sistemas de localización basados en contenedores determinan la posición de un objeto mediante la identificación del área o volumen que contiene a tal objeto. En el caso bidimensional, el área de interés dentro de la cual se quiere saber la localización de un objeto es dividida en regiones pequeñas como se muestra en la Figura 2.3. En el caso tridimensional se puede considerar un edificio con la división de su volumen en cuartos o departamentos. En ambos casos la región mínima de volumen o área donde un objeto puede estar es conocida como unidad de contención o simplemente como contenedor [ActiveBadge,2000].



**Figura 2.3** El área de interés representada por la región sombreada está completamente cubierta por el sistema celular.

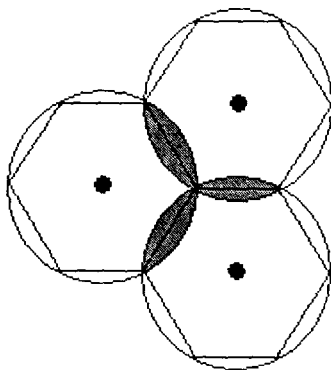
Cada contenedor tiene un dispositivo de detección de presencia, el cual es el encargado de determinar si el objeto se encuentra dentro de su dominio o no. Esto se logra mediante la emisión de una señal con un código característico por parte del objeto del cual se quiere saber su posición. Cuando el detector más cercano al objeto recibe esta

señal se determina que el objeto se encuentra dentro de la región definida para ese detector. Esta información se transmite a un control central que lleva el registro e informa de la posición del objeto a los elementos que estén interesados.

El tamaño de los contenedores determina la resolución con la cual la localización de los objetos puede ser establecida, dependiendo de los requerimientos de la aplicación, sin embargo el utilizar contenedores pequeños, además de proveer mayor exactitud en la posición requiere menos energía para la comunicación entre los nodos y el dispositivo detector, aunque se requiere un mayor número de detectores.

La comunicación entre el objeto y el detector puede ser unidireccional, ya sea solamente del objeto al detector, con lo cual el objeto no puede saber su posición directamente mas que consultando el control central, o del detector al objeto, en cuyo caso no es necesario el control central y el objeto puede saber su posición directamente. Este esquema de comunicación unidireccional es conocido como **paging**. En el caso de existir comunicación bidireccional se dice que se utiliza un esquema de **telefonía móvil** dado que ésta fue la primera aplicación implementada de esta manera [AMPS,1996]. También es utilizado por sistemas de radiocomunicación y control.

Aunque los contenedores en general son volúmenes de espacio, para su estudio y representación pueden ser considerados bidimensionales, con lo cual solo se obtiene información de la posición de un objeto en un plano, de la misma manera, aunque el área que cubre una estación base es en realidad un círculo, en la práctica se consideran áreas hexagonales para facilitar su estudio (Figura 2.4).



**Figura 2.4** El área sombreada representa las regiones que son cubiertas por más de una estación base.

### Aumento de la precisión

El sistema de contenedores puede aumentar su precisión de localización si el área o volumen de cobertura de los detectores se traslapa con el área de los detectores adyacentes, de esta manera dos o más estaciones localizan al objeto con diferentes potencias de las señales y a través de triangulación puede localizarse el objeto con mayor precisión.

## Handoff.

El handoff o paso de control sucede cuando un elemento hace un cambio de un contenedor a otro. El handoff representa un problema ya que en el momento de transición los dispositivos de detección de los contenedores involucrados deben acordar cuál es el encargado de seguir proporcionando el servicio y cuál debe reportar al elemento como contenido en su dominio. El proceso se debe realizar sin afectar ninguno de los servicios que utiliza el elemento móvil, para él y su usuario el cambio de un contenedor a otro deber ser transparente.

### 2.4.3 Localización por posición

Los sistemas de localización basados en la posición determinan las coordenadas de un objeto en un marco de referencia. La medición de la posición actual puede ser realizada de diferentes maneras [Robert,1998]. Los objetos o los marcadores que portan pueden ser sensados directamente, midiendo energía emanada en diferentes formas [Robert,1998].

#### Trilateración

También conocida como Medición Electrónica de Distancia (EDM) o multilateración [EDM,1998], es el método para calcular posición de un objeto mediante la medición de las distancias que este tiene en relación a varios puntos de referencia.

Mediante el envío de un pulso de energía de un dispositivo transmisor a varios sensores montados en posiciones conocidas, se puede calcular el tiempo que tarda en viajar la señal, dado que se conoce su velocidad, entonces se tiene suficiente información para calcular la posición ya sea en dos o tres dimensiones, dependiendo del número de sensores que reciban la señal.

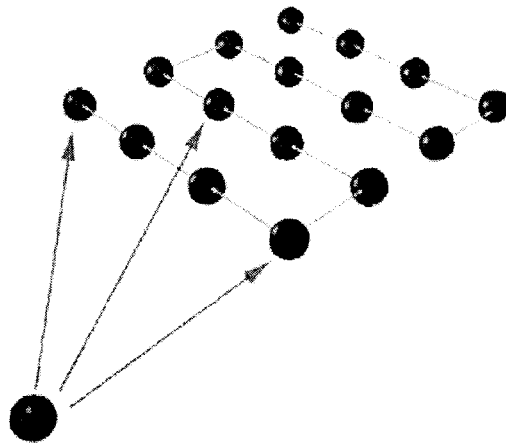


Figura 2.5 Trilateración.

## Triangulación

Es el método trigonométrico, también conocido como paralaje, mediante el cual se calcula la posición de un objeto a través de la medición de los ángulos respectivos a los que el objeto se encuentra en relación a otros objetos cuya posición es conocida [Stern,1999].

## Localización por radio

Con este método se calcula la posición midiendo la dirección de incidencia de uno o más transmisores respecto al punto de interés. Los transmisores utilizan alguna radio frecuencia asignada y deben ser colocados en lugares cuya posición es conocida [Dana,1998], [VTrk,1997].

Los sistemas que utilizan este método se componen de elementos activos que son los que envían señales de reconocimiento periódicamente y algunas veces de elementos pasivos o reactivos que solo transmiten cuando la señal de los elementos activos lo solicitan. La principal ventaja de estos sistemas es que se pueden utilizar en grandes áreas ya que las ondas electromagnéticas utilizadas pueden pasar por la mayoría de los objetos sólidos.

## 2.5 Sistemas de localización

Existen varios sistemas de localización que difieren en principios de operación. A continuación se revisarán las características de algunos.

### 2.5.1 Por células

El sistema más común que utiliza esta tecnología es el sistema de telefonía celular, conocido también como AMPS (Advanced Mobile Phone System). Su primera implementación fue en 1982 y fue realizada por los Laboratorios Bell, cada célula puede tener un radio de 10 a 20 kilómetros, lo cual determina la resolución máxima con que se puede localizar a un dispositivo o teléfono celular en este caso. Todas las comunicaciones que vayan dirigidas a un teléfono en particular son enviadas a la estación base y transmitidas solo dentro de la célula, esto permite que la misma frecuencia de transmisión se pueda utilizar en células no adyacentes, con lo que se tiene soporte para un mayor número de usuarios. La potencia de transmisión de los teléfonos es de alrededor de 0.6 Watts [Tanenbaum,1997].

Dado que toda el área está cubierta con el servicio de comunicación, que es la principal aplicación de la red, el servicio de localización de los teléfonos dentro de las celdas es suficiente para asegurar el servicio. La localización es solamente de presencia y puede tener los valores de positivo o negativo para indicar respectivamente si determinada unidad está o no dentro de la célula de interés.

Actualmente el sistema de telefonía celular soporta muchos más servicios que solamente voz, se pueden utilizar para enviar y recibir correo electrónico, fax, navegar por Internet e incluso trabajar en grupo con usuarios de PC, todo esto desde una unidad portátil [PPO,2000]

### **Etiquetas activas**

El mismo principio del sistema celular se puede utilizar en áreas más pequeñas, incluso dentro de edificios, donde el tamaño de las células puede ser hasta de uno cuantos metros o estar delimitados por las divisiones físicas de un edificio. En este caso los elementos que permiten la detección de la posición son pequeños componentes electrónicos en forma de tarjetas o botones que son portados por las personas. El sistema desarrollado por AT&T, denominado Active Badges System [ActiveBadge,2000], [Want, 92] utiliza dispositivos de 55x55x4 mm, con un peso de 40 gramos. Estos envían una señal modulada en la frecuencia infrarroja y operan en un rango de 5 a 10 metros. La conveniencia de utilizar infrarrojo es que no traspasa las paredes de los edificios, con lo cual se pueden delimitar bien las regiones de detección.

### **2.5.2 Sistemas Ópticos**

Existen muchos sistemas de posicionamiento ópticos, de los cuales todos requieren línea de visión con el objeto de interés y la mayoría necesita que éste porte alguna etiqueta, por lo que estos sistemas tienen muchos problemas en áreas donde existen objetos opacos y divisiones, la mayor aplicación de estos sistemas es en el área de robótica, donde el ambiente es controlado y sin obstáculos.

#### **Videometría externa**

Utiliza un conjunto de cámaras colocadas en puntos estáticos en el ambiente para monitorear los objetos que se encuentran en el mismo. El objeto del cual se quiere determinar su posición debe ser reconocible por medio de alguna marca distintiva. La posición de tal marca, junto con información del ambiente, ya sea en dos o tres dimensiones, permiten determinar la posición y orientación del objeto.

Dado que en este esquema las cámaras son fijas, la posición de un objeto también se puede determinar por medio de comparación de imágenes entre el escenario limpio y el escenario con el objeto. La desventaja con este esquema es que el tiempo de procesamiento para comparación de escenarios puede ser alto y la respuesta lenta, además que se necesita espacio de almacenamiento para las imágenes de comparación.

Una implementación existente es el Pfínder [Pfínder,1995], parte del proyecto SmartRoom [SmartRoom,1995], cuya finalidad es interpretar las acciones de las personas en tiempo real mediante el procesamiento de imágenes tomadas por cámaras de video. En este caso el Pfínder localiza a las personas en la imagen de video sin la utilización de ninguna marca distintiva, solo mediante el reconocimiento de su forma y movimiento. Algunos problemas que se presentan es el seguimiento de una persona entre varias, así como el reconocimiento de objetos comunes como estaciones de trabajo.

### Videometría interna

Este esquema utiliza una o varias cámaras que son llevadas por el objeto que necesita determinar su posición y orientación, lo cual se hace tomando como referencia un conjunto de marcadores estáticos localizados en el ambiente a su alrededor.

Las dificultades de utilización de este sistema son que se necesita un gran número de marcadores en el ambiente además de que se tienen que cargar las cámaras, junto con su dispositivo de alimentación y de procesamiento, lo cual es engorroso y ocupa mucho volumen.

Huynh [Huynh,1994] ha implementado un sistema de detección de posición de objetos mediante la imitación de la vista humana, dándole a su sistema noción de la profundidad utilizando dos cámaras de video, esto provee visión estereoscópica de tal manera que se puedan localizar objetos en tres dimensiones.

### 2.5.3 Sistemas Satelitales:

#### Sistemas de Posicionamiento Global (GPS)

Los GPS son sistemas de posicionamiento espaciales por radio que proveen coordenadas de espacio en tres dimensiones y de tiempo, las cuales pueden utilizarse para calcular velocidad de los receptores en cualquier lugar de la superficie de la tierra. El sistema NAVSTAR [NAVSTAR,2000], operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos es el primer GPS disponible para uso civil. El sistema ruso GLONASS [GLONASS,1999], es similar en operación y en algunas aplicaciones se utilizan ambos en conjunto.

El GPS provee información de posición y velocidad con respecto al Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS-84). Cualquier otro sistema de coordenadas necesita una transformación de los datos recibidos por el GPS para su utilización, sin embargo la mayoría de los receptores GPS cuentan con la capacidad de procesamiento de tal manera que los datos entregados pueden ser convertidos a cualquier otro sistema dependiendo de las necesidades de utilización.

#### Principios de operación

Los satélites de GPS [Dana,1998], [GLONASS,1999], transmiten señales que contienen suficiente información para calcular la distancia  $x$  de una localidad al satélite. Si esa distancia se conoce, entonces el punto a localizar puede encontrarse en cualquier parte de la superficie de una esfera de radio  $x$  con el satélite al centro. Calculando la distancia de la localidad respecto a otro satélite, la posible posición se reduce a un círculo que es la intersección de dos esferas. Para obtener la posición precisa se obtiene la distancia respecto a un tercer satélite, con lo que quedan dos posibles posiciones de la localidad deseada; algunos sistemas pueden obtener la posición correcta eliminando una posibilidad y seleccionando la que se encuentre más cercana a la superficie de la tierra,

mientras que otros utilizan la información de un cuarto satélite. Para tener una medición tridimensional precisa los receptores necesitan al menos cuatro canales, uno para cada satélite. Los receptores equipados con menos canales necesitan medir la distancia a los satélites de manera secuencial lo cual puede tomar entre 2 a 30 segundos por cada satélite.

Existen dos obstáculos principales en la utilización de GPS. El primero es que las antenas receptoras deben apuntar a cielo abierto, por lo que no pueden ser utilizados directamente dentro de un edificio. Este problema se puede arreglar mediante la retransmisión de datos dentro de la construcción. En este caso el GPS se utilizaría para mejorar la precisión y alcance de otros sistemas de localización mas que para funcionar exclusivamente en base al GPS. El segundo problema que presenta el GPS es el ruido pseudo-aleatorio introducido deliberadamente en las señales del GPS por el Departamento de Defensa de lo EU con la finalidad de evitar que otros organismos utilicen la precisión completa del GPS para fines hostiles.

## **NAVSTAR**

Este sistema se compone por una constelación de 24 satélites orbitando la tierra a una altura de 20200 km, con periodo orbital de 12 horas aproximadamente. Las órbitas se encuentran inclinadas 55 grados respecto al plano ecuatorial. En cualquier caso la constelación provee al menos cuatro satélites que cubren cualquier punto de la superficie terrestre y hasta 10 con una elevación de 10 grados. Los satélites están equipados con relojes atómicos de cesio que proveen a la constelación de gran sincronización. Cada satélite transmite en la banda L utilizando dos frecuencias, L1 (1575.42 MHz) y L2 (1227.6 MHz) [NAVSTAR,1999], [NGPS,2000].

### **Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS)**

SPS provee el nivel básico disponible de posicionamiento espacio-temporal, este servicio esta disponible a cualquiera que lo quiera usar sin restricciones y en cualquier parte del mundo, la mayoría de los receptores de GPS tienen la capacidad de utilizar las señales de SPS. Con este servicio se puede obtener una precisión de 156 metros verticalmente, 100 metros horizontalmente y 167 nanosegundos de tiempo [Nobel,2000].

### **Servicio de Posicionamiento de Precisión (PPS)**

Este servicio es el de mayor precisión disponible a nivel mundial y de manera continua. Las señales de PPS sólo pueden ser accesadas por usuarios autorizados con equipo de criptografía, llaves y receptores especiales, que son de uso restringido para operaciones militares [NAVSTAR,1999].

### **Disponibilidad Selectiva (SA)**

SA es la degradación intencional de las señales de SPS introducida por el Departamento de Defensa. La precisión potencial del sistema del servicio de posicionamiento sin degradación es de 30m pero la SA la reduce a 100m.



## GPS Diferencial (DGPS)

DGPS es un método para eliminar el error en un receptor GPS para obtener datos más precisos. Se basa en el principio de que la mayoría de los errores que los receptores GPS tienen en un área determinada serán errores comunes. Tales errores pueden ser causados por desviación en los relojes, SA, cambio de las órbitas de los satélites, ruido interno de los receptores y cambios en la propagación de las señales en la ionósfera entre otros. Si un receptor GPS se coloca en un punto donde las coordenadas son conocidas, la diferencia entre estas coordenadas y las calculadas por el GPS es el error total en la medición.

El error calculado de esta manera puede ser utilizado para compensar las mediciones de otros receptores GPS en la zona. Dado que el error y sus fuentes están constantemente cambiando es necesario medirlo periódicamente.

## TRANSIT

Este fue el primer sistema de navegación operacional basado en satélites. Fue desarrollado por el Laboratorio de Física Aplicada Johns Hopkins y su propósito era ayudar a la navegación submarina [TRANSIT,1999].

TRANSIT permitía determinar la posición mediante la medición del efecto Doppler de una señal transmitida por el satélite. Los usuarios podían determinar su posición con una precisión de hasta 200m, pero necesitaban conocer la altitud y otras características de los satélites.

Los problemas con este sistema eran que la localización solo podía ser en dos dimensiones, además de que el usuario debería conocer su velocidad. Solo existían cinco satélites por lo que eran visibles por un periodo muy corto. Estos problemas limitan en gran medida la utilización del sistema.

### Satélites de baja altura.

Algunos experimentos y propuestas existen de colocar receptores GPS en satélites de baja altura, con otros dispositivos sensores a bordo, como altímetros laser y radares [LEOSP,2000]. Esto podría disminuir considerablemente los precios de sistemas de GPS, sin embargo no hay ningún sistema utilizable de este tipo.

## 2.5.4 LORAN

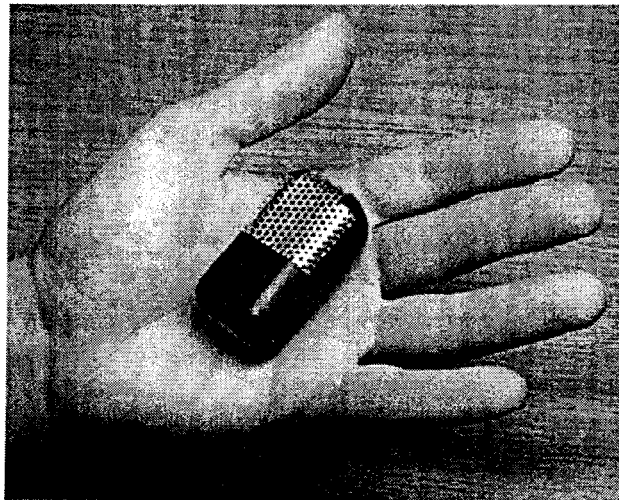
LORAN-C (LONg RANge Navigation) fue uno de los primeros sistemas de radionavegación basados en tierra exitosos [LRN,1999]. Actualmente existen dos versiones en operación, Loran-C para uso civil y Loran-D para uso militar. Loran-C puede localizar un objeto a 1500 km a la redonda de la estación de detección con una precisión de 100 a 500 m[LORANC,1999]. En un rango menor la precisión puede llegar

a ser de 30 metros. El área de cobertura de LORAN comprende el territorio de los Estados Unidos, Aguas canadienses y parte del mar de Bering principalmente.

### 2.5.5 Sistema Ultrasónico

El Sistema de Localización Ultrasónico, desarrollado por los Laboratorios AT&T de Cambridge [SLU, 1999] utiliza el principio de trilateración. Un pulso de ultrasonido es generado por el transmisor, portado por el objeto a ser localizado, se mide el tiempo de vuelo de la señal, o sea el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor y dado que la velocidad del sonido es conocida, se puede calcular la distancia del transmisor a los receptores.

La figura 2.5 muestra uno de los emisores ultrasónicos que son portados por los objetos o personas que necesitan ser localizados. Sus medidas son de 5.5x3x2.4 cm, pesan 30g y son alimentados por baterías de 3.6 V con una vida útil de tres meses. Un radio enlace de 418 MHz sincroniza los transmisores ultrasónicos con los receptores y cada receptor tiene un identificador de 16 bits, con lo que se pueden tener hasta 65536 localizadores.



**Figura 2.6** Emisor de Sistema de Localización Ultrasónico.

En la implementación del sistema los detectores de ultrasonido se montaron en un techo de oficina, con el cuerpo oculto y solo el sensor al descubierto, se colocaron en un arreglo cuadrado separados a 1.2 m, se conectan mediante una red de alta velocidad conectada a una PC, la cual recolecta las mediciones y calcula la posición de los transmisores. El Sistema de Localización Ultrasónico puede determinar la posición de un objeto con una precisión de  $\pm 10$  cm en tres dimensiones y puede localizar 25 objetos por segundo.

La tabla 2.1 presenta una comparación de las tecnologías de localización. A continuación se extenderá este concepto para establecer una definición de movimiento en base a localización en el tiempo.

**Tabla 2.1 Comparación de Tecnologías de Localización**

Sistema	Principio de funcionamiento	Rango De Cobertura	Precisión	Costo (estimado)	Coordenadas	Observaciones
Celular	Localización por contenedores	Ciudad	10-20 Km	\$1,000 pesos con contrato a 24 meses (IUSACELL)	Solo indica si se encuentra dentro del área o no.	Uso en exteriores y mayoría de interiores
Etiquetas Activas	Localización por contenedores	Oficinas Edificios	5-10 m		Presencia o ausencia en determinada area del edificio.	Uso interior
Videometría	Reconocimiento de Imágenes	Cubre pasillos y oficinas en edificios	2-20 cm	\$5,000 dólares para una oficina mediana	Tridimensional o bidimensional cartesianas respecto a un punto de origen.	Funcionamiento en interiores, requiere gran capacidad de computo para procesamiento de imágenes.
Sistema de Posicionamiento Global	Trilateración por ondas de radio	Mundial	156m Vertical 100m Horizontal Menos de 1 m en modo diferencial	Desde \$300 hasta \$10,000 dólares	Sistema geodésico mundial (WGS-84). La mayoría de los equipos proveen conversiones a otros sistemas	Uso exterior, requiere línea de vista con los satélites.
LORAN-C	Triangulación por Radio	EU, parte de Canadá y el Mar de Bering	30-500 m	Desde \$1,000 a \$5,000 dólares equipo básico	Proporciona Longitud y Latitud.	Uso exterior, rango de cobertura limitado.

**Tabla 2.1 Comparación de Tecnologías de Localización**

Sistema	Principio de funcionamiento	Rango De Cobertura	Precisión	Costo (estimado)	Coordenadas	Observaciones
TRANSIT	Trilateración por radio	Mundial	200 m	No disponible	Proporciona Longitud y Latitud	Uso exterior, principalmente de uso militar, difícil de usar. Probablemente fuera de operación
Satélites de Baja altura	Trilateración por radio	Variable, depende del sistema	No disponible	No disponible	Proporcionan Longitud y Latitud	Es de tipo experimental, no existe implementación comercial. Planea tener características similares a GPS pero más barato.
Sistema de Localización Ultrasónica	Trilateración por ultrasonido.	Edificios y oficinas	Hasta de 3 cm	Desde \$500 a \$1,000 dólares dependiendo de la precisión	Cartesianas tridimensionales en base a un origen arbitrario.	Opera en interiores

## 2.6 Movimiento

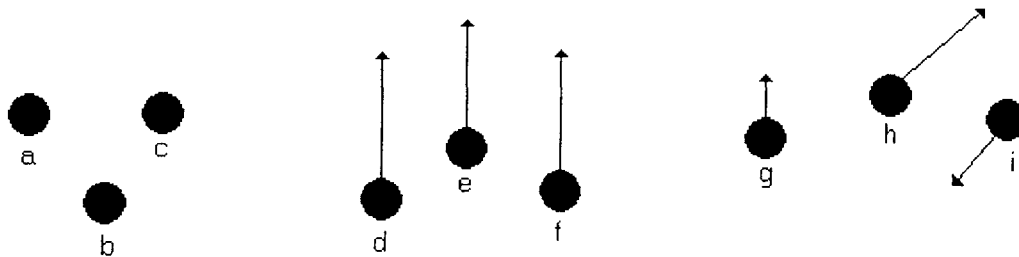
Movimiento puede entenderse básicamente como la variación de la posición en el tiempo, si en un instante  $t_0$  la posición de un objeto es  $P_0$  y en un instante  $t_x$  la posición  $P_x$  del objeto es diferente a  $P_0$ , entonces el objeto ha sufrido movimiento.

Cuando se considera el movimiento de varios objetos entonces puede haber movimiento entre algunos, pero si hay dos o más que se mueven de la misma manera, entonces estos no detectaran movimiento entre sí. El movimiento depende del punto de referencia del cual se mida y no puede existir como una propiedad absoluta de un objeto.

## 2.7 Movilidad

Existen muchas definiciones de movilidad y pueden variar dependiendo del punto de vista, concretamente en redes móviles un nodo tiene movilidad si puede cambiar de posición con completa libertad y seguir operando normalmente como miembro de la red. Se puede definir movilidad para un nodo, para un conjunto de nodos y para la red en general.

La movilidad de un conjunto de nodos es como se desplazan en el espacio dos o más nodos, los diferentes movimientos que se pueden exhibir son como se muestran en la Figura 2.7, los nodos a, b y c están estáticos, d, e y f tienen el mismo movimiento por lo que entre ellos el movimiento relativo es nulo, mientras que g, h y i tienen movimientos distintos.



**Figura 2.7** Ejemplos de movilidad relativa entre nodos.

## 2.8 Modelo de Movilidad

Debido a que la movilidad de los nodos es un parámetro importante en las redes móviles, es necesario definirla adecuadamente y establecer cómo puede cuantificarse.

La movilidad se puede modelar básicamente como una función de la velocidad, el patrón de movimiento y el intervalo de actualización de la información de la posición de los nodos de una red [Enríquez,1999].

El modelo de movilidad para redes propuesto define las siguientes variables y funciones:

$D(N_x, N_y, t)$	Distancia entre el nodo $x$ y el nodo $y$ en el tiempo $t$ .
$n$	Número de nodos participantes en la red.
$i$	Índice
$A_x(t)$	Distancia promedio del nodo $x$ a todos los demás nodos en el tiempo $t$ .
$M_x(t)$	Movilidad promedio para el nodo $x$ relativo a todos los demás nodos en el tiempo $t$ .
$\Delta t$	Granularidad del tiempo, intervalo transcurrido entre muestras.
$Mob$	Movilidad para todo el conjunto de nodos.

La distancia promedio de cada nodo a todos los demás nodos se calcula en cada tiempo  $t_1 = 0, t_2 = t_1 + \Delta t, t_3 = t_2 + \Delta t \dots t_m = t_{m-1} + \Delta t$ . Para el nodo  $x$  en el tiempo  $t$ , la fórmula es:

$$A_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} D(N_x, N_i, t)}{n-1} \quad (2.1)$$

Con el uso de esta ecuación, la movilidad promedio de un nodo en particular puede ser determinada. La movilidad promedio es el cambio promedio en distancia. La movilidad para el nodo  $x$  es:

$$M_x = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} |A_x(t_i) - A_x(t_i + \Delta t)|}{t_m} \quad (2.2)$$

En tanto que la movilidad para todos los nodos, dividida entre el número total de nodos, que resultaría en la movilidad total de la red sería:

$$\text{Mob} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (2.3)$$

La figura 2.7 muestra algunos ejemplos básicos de cómo es que el factor de movilidad puede reflejar el movimiento real de los nodos. Si los nodos permanecen quietos, entonces se tiene una movilidad de 0, lo cual también sería el caso cuando se consideran nodos cuyo movimiento relativo es con la misma velocidad y con el mismo patrón. Solo en el caso en que los nodos tienen movimiento relativo entre sí es que el factor de movilidad será mayor que cero.

### 2.8.1 Tipos de Movilidad

#### Micromovimientos

Los micromovimientos son aquellos movimientos que se efectúan dentro de un mismo contenedor, de tal manera que no es necesario hacer un hand off. Para propósitos prácticos los micromovimientos no son de interés para la aplicación específica.

#### Movimientos aleatorios

Se pueden clasificar como aleatorios aquellos movimientos que un dispositivo pueda tener pero que no pueden predecirse de ninguna forma. Dependiendo de la magnitud pueden ser de interés para la aplicación específica o no.

#### Macromovimientos

Son aquellos movimientos que realiza un nodo de tal manera que cruce los límites de un contenedor y requieran que se haga un hand off para continuar los servicios utilizados por el nodo.

### 2.8.2 Movilidad en redes

En general el movimiento de los nodos en una red pueden considerar como pseudoaleatorios, ya que se hacen sobre una ruta preestablecida o dentro de un área definida, pero siempre existen componentes aleatorias que no pueden predecirse y son distintivas de cada nodo.

En una organización se pueden tipificar las rutas que son recorridas por los nodos, por ejemplo pasillos y corredores, una vez que un nodo empieza el recorrido por un pasillo o corredor se puede predecir que seguirá recorriéndolo hasta llegar a alguna salida, sin embargo no todos los nodos siguen la misma trayectoria exactamente, cada uno introduce ligeras variaciones. Un nodo que se encuentre dentro de un área grande en principio tiene la posibilidad de ir a cualquier lado, sin embargo se pueden identificar los lugares a los que no puede dirigirse dada la existencia de obstáculos y los destinos más probables como salidas, sitios de descanso o servicio.

## 2.9 Métodos para medir movimiento

Estos métodos se basan en el registro de los movimientos de un objeto y pueden determinar su posición actual.

### 2.9.1 Odometría

Es utilizada en vehículos, mediante sensores y codificadores que miden la orientación y rotación de las ruedas del vehículo, así como su dirección [Borenstein,1996]. La odometría tiene la ventaja de que es totalmente auto contenida y siempre provee un estimado de la posición. Las desventajas son que el error en la posición es acumulativo y aumenta con el tiempo, por lo que necesario utilizar referencias independientes periódicamente para recalibrar el sistema. Otra desventaja es que solo puede ser utilizado en vehículos.

### 2.9.2 Navegación por inercia

Esta técnica utiliza giroscopios y algunas veces acelerómetros para medir la rotación y aceleración [Borenstein,1996]. Las mediciones se hacen mediante integración para obtener la posición. Los sistemas de navegación inercial también tienen la ventaja de ser autocontenidos, pero presentan el inconveniente de que los sensores inerciales introducen error con el tiempo, debido a la necesidad de integrar los datos; por lo tanto cualquier ligero error constante se incrementa ilimitadamente. Los sensores inerciales son inexactos después de un largo periodo de tiempo. Otro problema con los sensores inerciales es que son equipo muy costoso y ocupan mucho espacio. Sin embargo existen giroscopios de fibra óptica o giroscopios laser, los cuales tienen una gran exactitud y reducen mucho el costo y el tamaño del equipo.

## 2.10 Conclusiones

Los sistemas de localización y detección de movimiento ofrecen diversos rangos tanto de alcance, precisión, precio y demás características de medición que pueden cubrir las necesidades de las diferentes aplicaciones de movilidad expuestas en el capítulo I.

El análisis hecho de las diferentes tecnologías de localización sienta las bases para determinar el tipo de información que se puede proveer a las aplicaciones. También provee el conocimiento de los conceptos de movilidad y posicionamiento, que hay que tomar en cuenta para realizar una integración con la tecnología de comunicaciones y el Protocolo de Internet.

En el siguiente capítulo se analizará el Protocolo de Internet para determinar sus mecanismos de soporte para la utilización de información de movimiento y posición y establecer sus alcances y limitaciones en este aspecto. En el capítulo 4 se propone la integración de las tecnologías de localización vistas en este capítulo con el Protocolo de Internet.



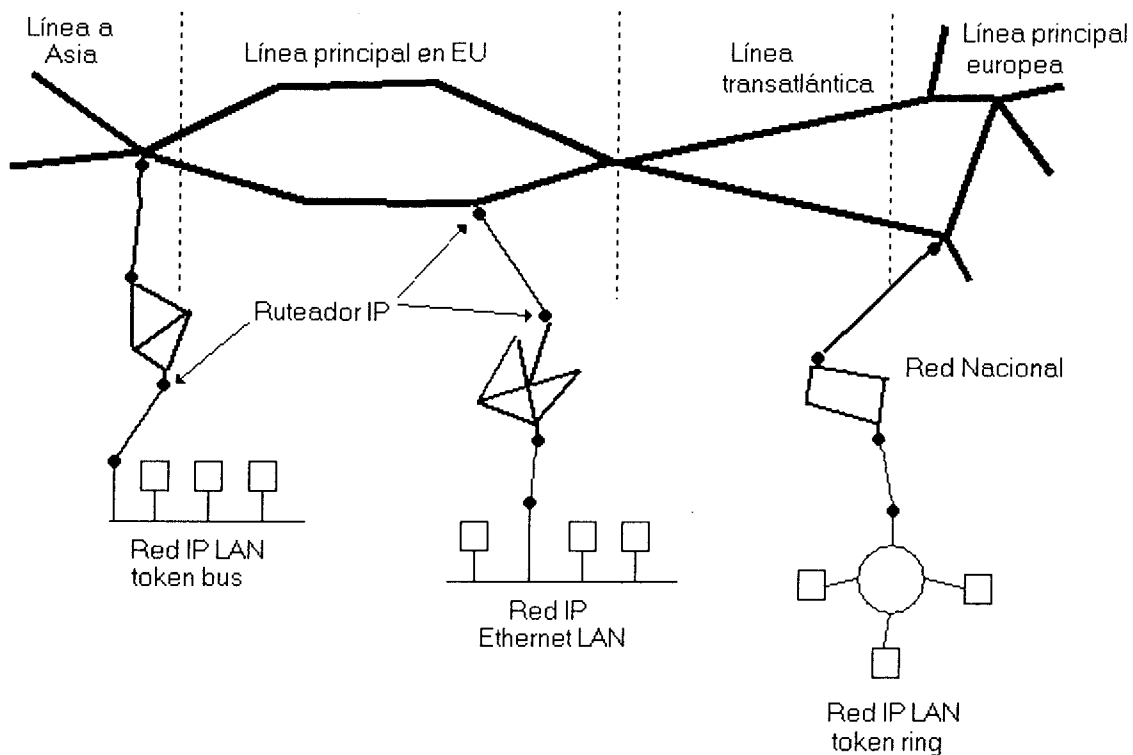
# Capítulo 3

## El Protocolo de Internet

### 3.1 Introducción

El Protocolo de Internet (IP) fue desarrollado a finales de la década de los 60's por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, desde su diseño se tenía como finalidad principal el que pudiera conectar diferentes redes diseñadas por proveedores distintos en una "red de redes" y éstas pudieran interactuar conjuntamente entre sí. Las características del IP son [Minasi,2000]:

- Buena recuperación de errores
- Habilidad para conectarse en nuevas redes sin interrumpir servicios.
- Habilidad para manejar altos niveles de errores.
- Independencia de un proveedor en particular
- Poca sobrecarga



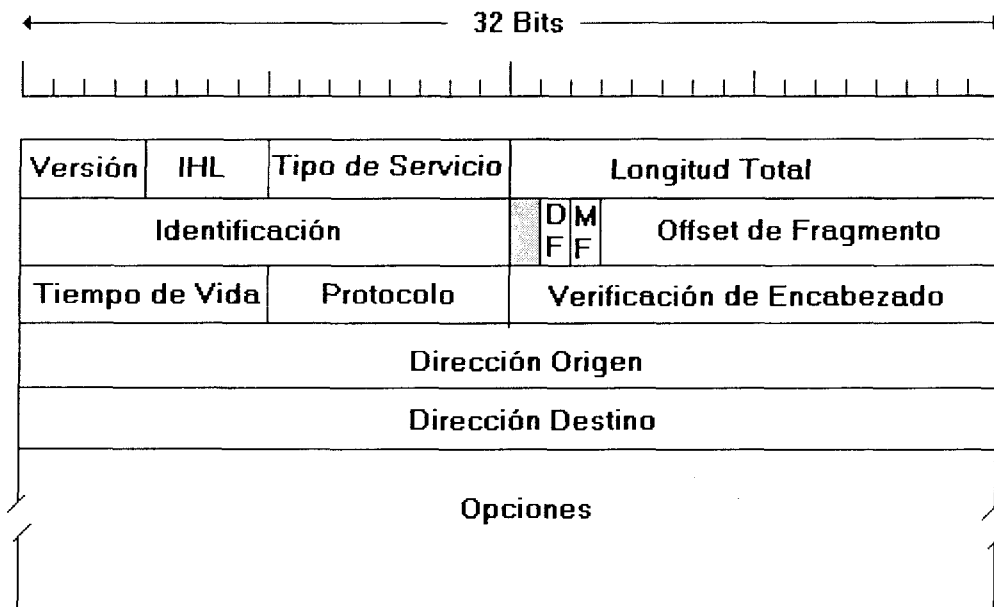
**Figura 3.1** Internet como un conjunto de redes interconectadas, con el IP como lenguaje común.

Estas características han permitido que el IP haya prevalecido hasta nuestros días sobre otros protocolos, siendo actualmente el elemento que permite que diferentes redes trabajen en Internet (Figura 3.1). A largo de su historia el protocolo ha tenido varias revisiones que le han permitido adaptarse a las nuevas exigencias de las redes actuales.

En este capítulo se hará un breve recuento de las diferentes versiones del IP, así como de sus características y limitaciones principales hasta la versión 6, analizando el soporte de movilidad y posicionamiento que brinda.

### 3.2 IPv4:

El Protocolo de Internet Versión 4 (IPv4 ) define la versión utilizada en la actualidad a nivel mundial por las redes de cómputo. El IP trabaja sobre el modelo de datagrama, siendo el paquete la unidad principal de transmisión de información. Un paquete IP consiste de una parte de encabezado y una parte de datos, la estructura del encabezado se muestra en la Figura 3.2 [Tanenbaum,1997].



**Figura 3.2** Encabezado de un paquete IP

El campo de **Versión** indica qué versión específica del protocolo se está utilizando en el datagrama. Incluyendo la versión en cada datagrama es posible que una transición entre versiones tome meses o años, con algunas máquinas utilizando la versión anterior y otras la nueva.

Dado que la longitud del encabezado es variable, el campo **IHL** provee información acerca de qué tan largo es el encabezado, en palabras de 32 bits. El valor mínimo es 5, que aplica en el caso de que no haya opciones presentes. El valor máximo es de 15, limitando el encabezado a 60 bytes y el campo de opciones a 40 bytes. En muchos casos esta longitud es insuficiente, haciendo la opción inutilizable.

El campo de **Tipo de Servicio** permite que el nodo indique qué tipo de servicio requiere. Varias combinaciones de velocidad y confiabilidad son posibles utilizando este campo. El campo contiene, de izquierda a derecha, un campo de 3 bits de precedencia, la cual se puede especificar desde normal (0) hasta muy alta (7), tres banderas D, T y R, que indican qué característica de transmisión es más importante (Delay, Throughput, Reliability), además hay 2 bits sin usar. En la práctica este campo es ignorado por la mayoría de los ruteadores.

La **Longitud Total** incluye todo en el datagrama, tanto el encabezado como los datos. La longitud máxima de un datagrama es de 65,535 bytes. En la mayoría de los casos tal límite es tolerable, pero conforme la velocidad de las redes aumente se requerirán datagramas más grandes.

El campo de **Identificación** es necesario para permitir al host de destino determinar a qué datagrama pertenece cada fragmento que llega. Cada fragmento de un datagrama contiene el mismo valor de Identificación.

**DF** sirve para indicar al ruteador que el datagrama no se debe fragmentar dado que el destino no tiene capacidad de integrarlo. **MF** indica que hay más fragmentos del datagrama por llegar. Todos los fragmentos tienen este bit, excepto el último. El **Offset de Fragmento** indica la posición en la que deber ir el fragmento actual.

El **Tiempo de Vida** es un contador utilizado para limitar la existencia de los paquetes. Teóricamente debe contar tiempo, con una vida máxima de 255 segundos. En la práctica se cuentan los saltos entre ruteadores, el tiempo de vida tiene un valor de 255 y con cada salto se hace un descuento, cuando se llega a 0 el paquete es descartado y se envía un mensaje de alerta al nodo de origen. Esto previene que un paquete circule por la red infinitamente en caso de que las tablas de ruteo se corrompan.

El campo de **Protocolo** indica qué proceso de transporte debe seguir el datagrama una vez que ha sido ensamblado completamente.

El campo de **Verificación de Encabezado** sirve para detectar errores de transmisión en el encabezado.

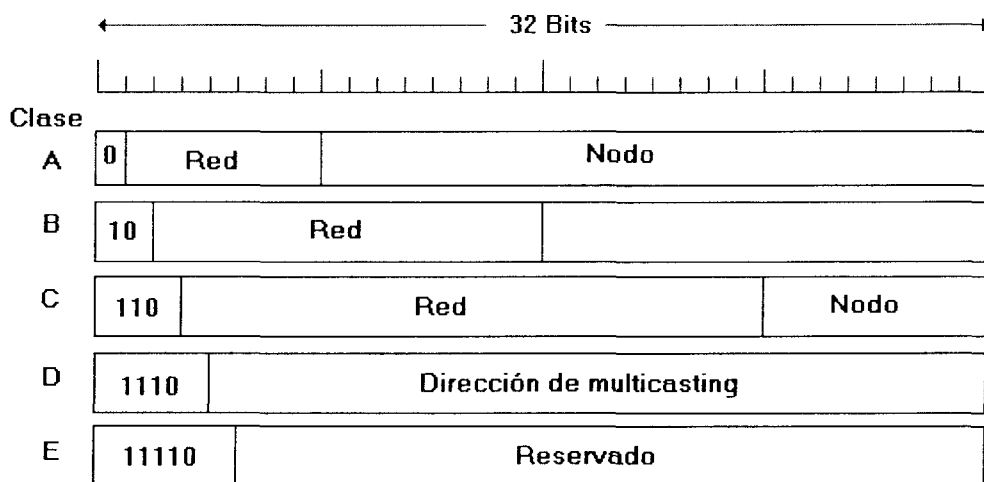
La **Dirección Fuente** y la **Dirección Destino** indican el número de red y host de los nodos de envío y destino.

El campo de **Opciones** esta diseñado para permitir a versiones subsecuentes del protocolo incluir información extra. Las opciones son de longitud variable y existen cinco comúnmente utilizadas pero no soportadas por todos los ruteadores, las cuales son:

- *Seguridad*: especifica el grado de secrecía del datagrama.
- *Ruteo estricto*: Provee el camino completo que debe seguir el datagrama.
- *Ruteo débil*: Especifica una lista de ruteadores que deberán ser utilizados.
- *Seguimiento de Ruta*: hace que cada ruteador agregue su dirección al datagrama.
- *Estampa de tiempo*: hace que cada ruteador agregue su dirección, fecha y hora al datagrama.

### 3.2.1 Direcciones

Cada nodo y ruteador en Internet tiene una dirección IP, la cual especifica el número de red a la que pertenece y el número de nodo. La combinación es única, no pueden existir dos máquinas con la misma dirección IP. Todas las direcciones son de 32 bits y se utilizan en los campos de **Dirección de Destino** y **Dirección de Origen** de los paquetes IP. Los formatos utilizados para las direcciones IP se muestran en la Figura 3.3



**Figura 3.3** Formatos de direcciones IPv4

Los formatos de las clases A, B y C permiten hasta 126 redes con 16 millones de nodos cada uno, 16,328 redes con 64,000 nodos y 2 millones de redes con 254 nodos respectivamente. La clase D es para multicasting, donde un datagrama es dirigido a múltiples nodos. Las direcciones que comienzan con 11110 están reservadas para usos futuros.

Miles de redes están conectadas a Internet y el número se duplica aproximadamente cada año. Los números de red son asignados por el Centro de Información de Redes (NIC) para evitar conflictos de duplicidad de números [InterNIC,2000].

Las direcciones de red se escriben comúnmente en notación decimal de puntos, dividiendo los 32 bits en 4 bytes escritos en decimal, desde 0 hasta 255. De esta forma la dirección más baja es 0.0.0.0 y la más alta es 255.255.255.255

### 3.3 Ruteo

Una de las principales funciones de una red es el de rutear paquetes de una máquina fuente a otra de destino, la responsabilidad del ruteo consiste en decidir por cuál línea de salida debe enviarse determinado paquete, en la mayoría de los casos se requerirá que el paquete realice varios saltos para completar la ruta. Existen varios algoritmos utilizados en la práctica para rutear los paquetes [Tanenbaum, 1997], dependiendo de las características de confiabilidad, desempeño y estabilidad que se deseen. En las redes en general se distinguen tres esquemas importantes: Broadcast, Multicast y Anycast, para los cuales existen diferentes métodos de ruteo.

#### 3.3.1 Unicast

Unicast es la principal forma de comunicación que se utiliza en Internet, involucra a un nodo que envía un paquete y un nodo receptor que es a quien va destinado (Figura 3.4). Unicast es un servicio básico punto a punto, no en tiempo real proporcionado por el IP.

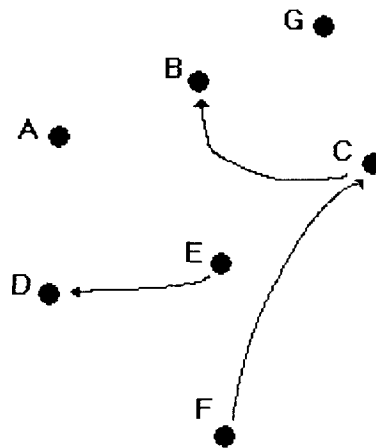


Figura 3.4 Unicast entre los nodos E - D, F - C y C - B

### 3.3.2 Broadcast

En ciertas circunstancias algún nodo necesita enviar mensajes a todos los demás (Figura 3.5), ya sea para dar a conocer algo de interés general o de la mayoría. En el caso de transmisiones en tiempo real algunas veces es mejor enviar los datos a todos los nodos y que cada uno decida si es de su interés o no.

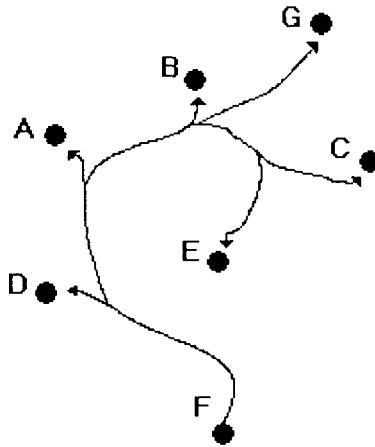
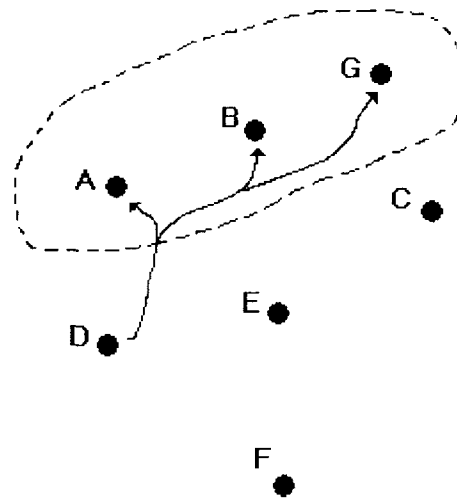


Figura 3.5 Broadcast del nodo F a todos los demás

El broadcast se puede ver como una “inundación” de la red con un mensaje y puede considerarse conceptualmente como una extensión del unicast simultáneo de un nodo hacia todos los demás.

### 3.3.3 Multicast

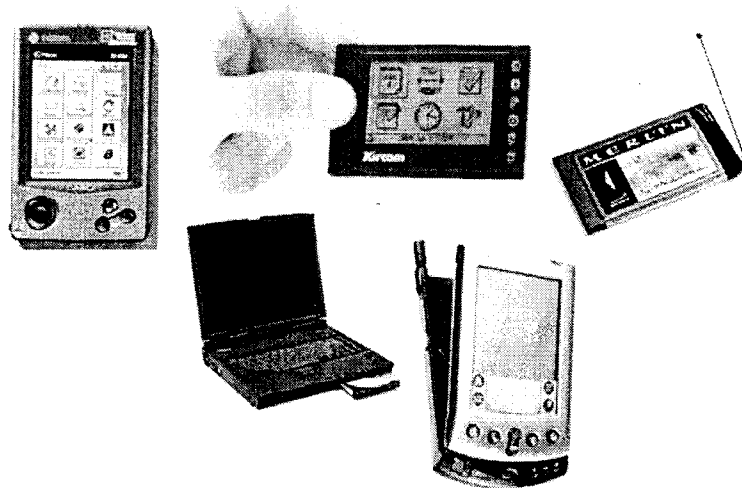
En ciertas aplicaciones se establece un grupo de trabajo en el que se involucra a varios nodos, si el grupo es pequeño respecto al número total de nodos de la red, entonces se puede utilizar el esquema de unicast entre los nodos, si el grupo es muy grande se puede utilizar el esquema de broadcast, sin embargo en un punto intermedio es necesario tener una forma de mandar mensajes solamente a los nodos que estén interesados de manera eficiente, tal esquema es conocido como multicast (Figura 3.6), el cual permite crear y destruir grupos, a la vez que provee mecanismos para que los nodos y procesos salgan y entren al grupo [Tanenbaum,1997].



**Figura 3.6** Multicast del nodo D al grupo formado por los nodos A, B y G

### 3.4 IP Móvil

Muchos de los usuarios de Internet utilizan computadoras portátiles, y a mediados de los 90 se hizo evidente la necesidad de que tales usuarios siguieran conectados a Internet cuando se encontraban en lugares distantes del área de trabajo, así como cuando se encontraban en medio de un viaje o recorrido largo. La demanda ha ido en aumento con el surgimiento de Asistentes Personales Portátiles (Figura 3.7) y la incorporación de novedosos servicios a los teléfonos celulares como envío y recepción de correo electrónico. Sin embargo, el esquema de direccionamiento utilizado por el IPv4 dificulta el seguir trabajando en lugares distantes.



**Figura 3.7** Algunos dispositivos portátiles de uso común con diversas capacidades de cómputo.

Cada dirección IP contiene los campos de clase, número de red y número de host. El número de red es utilizado por los routers para buscar en sus tablas de enrutamiento y saber por cuál línea se puede llegar a la red específica. Si de pronto un nodo con una dirección específica es llevada a una localidad distante, los paquetes que se le envíen seguirán llegando a la red a la cual pertenece. El usuario dejará de recibir información y ésta se perderá en gran parte.

Una solución a este problema sería el dar una nueva dirección al nodo cada vez que cambie de red, sin embargo existe el inconveniente de que hay que reconfigurar los programas de tal manera que se den cuenta del cambio de dirección y sigan funcionando normalmente. Otra solución sería que los routers utilizaran la dirección IP completa para rutear, en lugar de sólo la clase y red. En este caso se requeriría que todos los routers tuvieran millones de entradas en sus tablas, lo que elevaría considerablemente los costos y esfuerzos de mantenimiento [Tanenbaum,1997].

Cuando la demanda por nodos móviles aumentó, la IETF [IETF,2000] organizó un Grupo de Trabajo para encontrar una solución. Entre las principales metas estaban:

- Cada host móvil debe ser capaz de utilizar su dirección IP base en cualquier lado.
- El software de los hosts no debía ser modificado.
- No debía modificarse el software de los routers ni sus tablas.
- La mayoría de los paquetes destinados a un host móvil no deberían sufrir desviaciones en el camino.
- No debía haber sobrecarga cuando un host móvil se encuentre en su posición base.

La solución desarrollada por la IETF para soporte de hosts móviles se llama IP Móvil, sin embargo es solamente una extensión del IPv4 que debe implementarse como un agregado.

Con la utilización creciente de Internet, ya no sólo por parte de universidades e instituciones, sino por la gente en general el futuro del IP como se utiliza actualmente (IPv4) está limitado. El problema más inmediato que presenta el IPv4 es la falta de direcciones para nuevas redes, ya que al actual ritmo de crecimiento de Internet el límite de direcciones se alcanzará en unos cinco años, o hasta diez con algunas mejoras al esquema de direccionamiento como el CIDR (Classless Inter Domain Routing). Existen muchos otros aspectos que el IPv4 no contempla y que es deseable que sean incorporados al protocolo para servir mejor a los diferentes propósitos de los usuarios.

### **Características de la computación móvil.**

La comunicación móvil inalámbrica enfrenta obstáculos que no están presentes en las comunicaciones normales, debido a que el medio circundante interactúa directamente con la señal de transmisión, de tal forma que a veces la señal es bloqueada o se le introduce ruido, como resultado las comunicaciones inalámbricas tienen ancho de banda bajo, altas



tasas de error y de desconexión. Esto afecta la cantidad de retransmisiones de paquetes, duración de las transmisiones, así como las características de los protocolos de control de errores y seguridad. A diferencia de las redes convencionales la cantidad de nodos de la red varía dinámicamente y modifica las características generales de la red.

Otra característica importante es la fuente de energía del dispositivo móvil, ya que ésta determina el tiempo de funcionamiento del equipo. En general en la computación móvil es importante hacer más eficiente el consumo de energía.

### 3.5 IPv5

La versión 5 del Protocolo de Internet, conocida como IPv5 fue desarrollada en la primera mitad de los 90s sólo con un aplicación específica en mente, que era la de transmitir datos en tiempo real como video, sonido y voz con calidad superior a la utilizada en telefonía, sin embargo la utilización de esta versión del protocolo fue únicamente de carácter experimental y nunca se utilizó públicamente [IPv5,1996].

### 3.6 IPv6

En 1990 IETF empezó el trabajo para definir una nueva versión del Protocolo de Internet, llamado Protocolo de Internet Siguiete Generación (IPng), el cual nunca se quedaría sin direcciones y resolvería otros problemas, a la vez que sería más eficiente y flexible.

Las principales metas para el diseño de la nueva generación del Protocolo de Internet eran:

- Soportar miles de millones de hosts, incluso con una utilización ineficiente de las direcciones.
- Reducir el tamaño de las tablas de enrutamiento.
- Simplificar el protocolo haciendo el proceso de los paquetes más rápido.
- Proveer mayor seguridad, contemplar la autenticación y la privacidad.
- Tomar en cuenta el tipo de servicio.
- Ayudar al multicasting permitiendo la definición de rangos de alcance.
- **Permitir que un host haga el roaming (seguimiento) sin necesidad de cambiar su dirección IP.**
- Permitir que futuras mejoras o cambios en el protocolo se hagan fácilmente.
- Permitir que el protocolo viejo y el nuevo coexistan.

Entre las varias propuestas se optó por el Protocolo de Internet Simple Mejorado (SIPP) [SIPP,1994], al cual se le dio el nombre de IPv6. IPv6 cumple los requerimientos establecidos, mantiene las características deseables del IP y permite agregar mejoras.

### 3.6.1 Encabezado:

El encabezado del IPv6 es el que se muestra en la Figura.3.8, se ha simplificado respecto al del IPv4.

El campo de **Versión** es siempre 6 para IPv6 y 4 para IPv4. Durante el periodo de transición entre versiones los ruteadores pueden examinar este campo para establecer qué tipo de paquete están procesando.

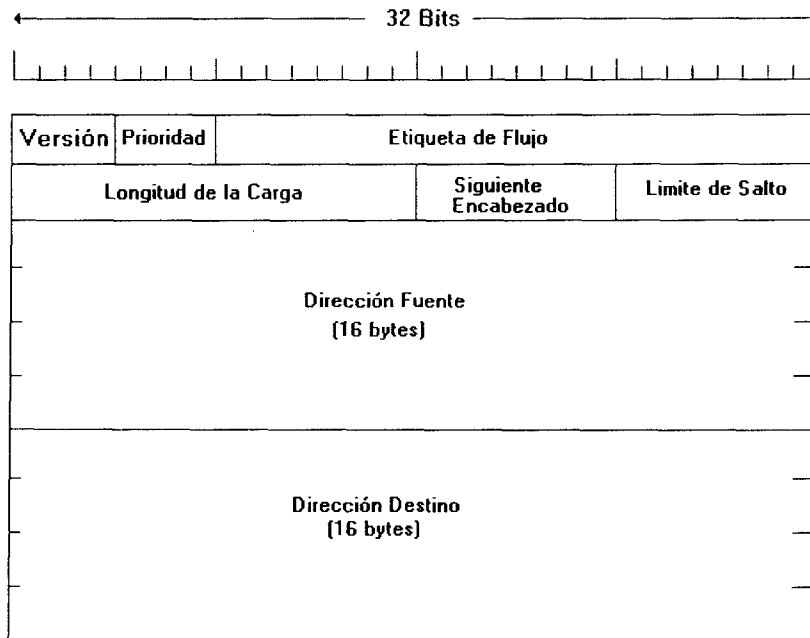


Figura 3.8 Encabezado de IPv6

El campo de **Prioridad** es utilizado para distinguir entre paquetes cuya fuente puede controlar su flujo y los que no. Valores entre 0 y 7 son para transmisiones que pueden causar congestión en la red. Valores entre 8 y 15 son para trafico de tiempo real, cuyo envío es constante sin importar si algunos paquetes se pierden.

La **Etiqueta de flujo** se utiliza para que la fuente y el destino establezcan una conexión virtual con las características específicas que se requieran. Por ejemplo un conjunto de paquetes que requieran llegar al destino en un tiempo muy restringido pueden usar este campo para establecer una pseudo conexión virtual con un ancho de banda reservado entre el emisor y receptor.

La **Longitud de la carga** indica cuantos bytes siguen después de los 40 bytes del encabezado. A diferencia de IPv4 ya no se incluye la longitud del encabezado.

El campo de **Siguiente encabezado** es una de las razones por las que el encabezado pudo simplificarse ya que pueden haber campos adicionales de extensión que son opcionales. Este campo indica precisamente si existen campos adicionales y de qué tipo.

El **Límite de salto** se usa para evitar que los paquetes circulen por siempre en la red, la función es la misma que la del campo de Tiempo de Vida del IPv4.

**Dirección fuente y dirección destino** son direcciones de 16 bytes que indican de dónde viene y a dónde va el paquete.

### 3.6.2 Direcciones

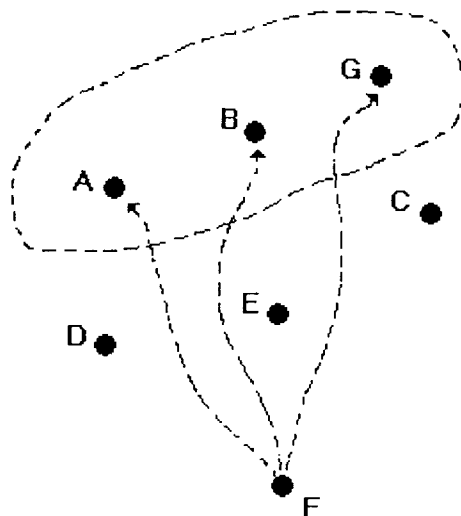
Las direcciones son más grandes que en IPv4. En IPv6 las direcciones miden 16 bytes, lo cual provee de un amplio espacio de direccionamiento para el crecimiento de Internet a futuro. Las direcciones son divididas como se muestra en la Tabla 3.1. Existe una sección de direcciones reservadas, que comienzan con 0000 0000, que incluyen las de IPv4, también se utilizan prefijos separados para direcciones basadas en el proveedor y direcciones basadas en la localidad.

Prefijo binario	Utilización
0000 0000	Reservada (incluye IPv4)
0000 0001	Sin asignar
0000 001	Direcciones OSI
0000 010	Direcciones Novell IPX
0000 011	Sin asignar
0000 1	Sin asignar
0001	Sin asignar
001	Sin asignar
010	Direcciones basadas en proveedor
011	Sin asignar
100	Direcciones basadas en localidad
101	Sin asignar
110	Sin asignar
1110	Sin asignar
1111 0	Sin asignar
1111 10	Sin asignar
1111 110	Sin asignar
1111 1110 0	Sin asignar
1111 1110 10	Uso local
1111 1110 11	Uso local
1111 1111	Multicasting

**Tabla 3.1** Direcciones de IPv6

### 3.6.3 Anycast

Además de soportar los mecanismos de unicast, broadcast y multicast, IPv6 provee un nuevo esquema de direccionamiento: el anycast. Anycast es similar al multicast en cuanto a que el destino es un grupo de nodos, pero en lugar de tratar de entregar el paquete a todos los miembros, sólo se trata de entregarlo a uno, ya sea el más cercano o confiable.



**Figura 3.9** Anycast. El nodo F manda un mensaje al grupo formado por los nodos A, B y G, si llega a cualquiera de ellos el mensaje se considera entregado.

### 3.6.4 Otras mejoras

Otras características que fueron mejoradas por el IPv6 respecto a la versión anterior son:

- **Seguridad:** el protocolo incluye características de autenticación y privacidad.
- **Opciones:** en esta versión se incluye un mejor soporte para opciones, haciendo muchos campos requeridos opcionales, con lo que se hace más rápido el procesamiento de los paquetes.
- **Tipo de servicio:** Se ha agregado la capacidad de etiquetar los paquetes que pertenecen a un tipo de tráfico en particular para el cual se solicita un manejo especial, como por ejemplo tráfico de “tiempo real”.

### 3.7 IPv6 Móvil

Sin soporte específico para movilidad en IPV6, los paquetes enviados a un nodo móvil no podrían llegar mientras el nodo móvil se encuentra fuera de su enlace base. Dado que el ruteo se basa en el prefijo de subred que se encuentra en la dirección IP de destino del paquete. Para poder continuar la comunicación a pesar del movimiento, el nodo móvil podría cambiar su dirección IP cada vez que se mueve a un nuevo enlace, sin embargo no se podrían mantener las conexiones de las capas de transporte y superiores cuando cambie de posición [Jonson,1998].

El protocolo IPv6 Móvil permite que un nodo móvil se mueva de un enlace a otro sin cambiar su dirección IP. El nodo móvil siempre tiene una dirección base, que es una dirección IP asignada al nodo dentro de su prefijo de subred base en su enlace base. Los paquetes pueden ser ruteados al nodo usando esta dirección sin importar el punto de conexión a Internet que esté usando el nodo. Además el nodo móvil puede continuar comunicándose con otros nodos, ya sean estacionarios o móviles, aun cuando se mueve a un nuevo enlace. De esta manera el movimiento de un nodo lejos de su enlace base es manejado por la capa de red y resulta transparente a la capa de transporte y superiores. De igual forma, las aplicaciones no tienen que manejar los cambios en direcciones IP temporales ni son consientes de que éstos sucedan.

#### 3.7.1 Operación básica

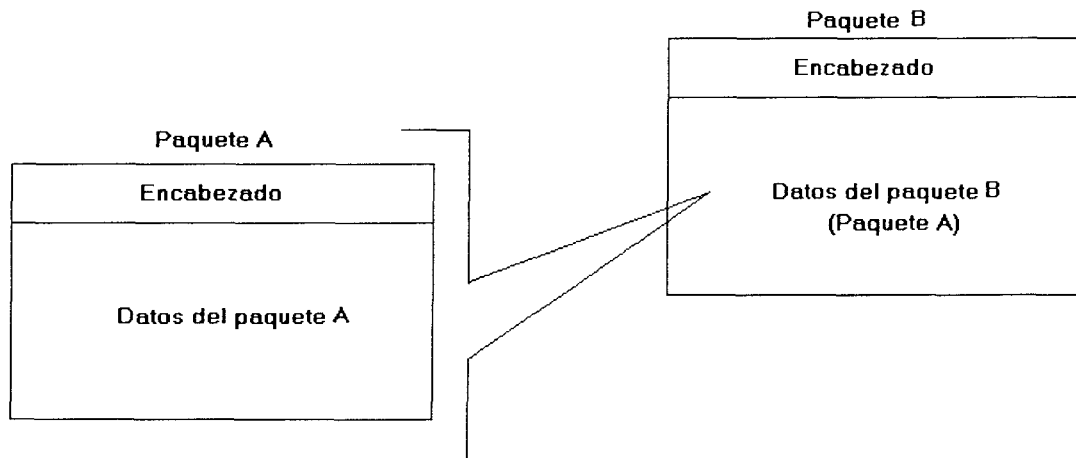
Un nodo móvil siempre puede ser direccionado a través de su dirección base, ya sea que este conectado a el enlace base o esté lejos de él. Mientras un nodo móvil esté en la base, los paquetes enviados a su dirección base son ruteados a él usando el mecanismo de ruteo normal de Internet, de la misma manera que si el nodo no fuera móvil. Dado que el prefijo de subred de la dirección base de un nodo móvil es el prefijo de la subred del enlace base del nodo, los paquetes con su dirección serán ruteados a su enlace base.

Mientras un nodo mantiene conexión a algún enlace externo lejos de la base, también es direccionable por una o más **direcciones de asistencia**, además de la dirección base. Una dirección de asistencia es una dirección IP asociada con un nodo móvil mientras está visitando un enlace externo en particular. El prefijo de sub-red de una dirección de asistencia de un nodo móvil es el prefijo de subred del enlace externo en el que se encuentra el nodo móvil. Si el nodo móvil está conectado al enlace externo mientras está usando la dirección de asistencia, los paquetes enviados a esta dirección serán ruteados hacia el nodo móvil en su locación lejos de la base.

El proceso de asociación entre la dirección base de un nodo y la dirección de asistencia es conocida como **vinculación**, para el nodo móvil. El nodo móvil adquiere la dirección de asistencia principalmente a través de la Autoconfiguración de Direcciones, de acuerdo a los métodos de Descubrimiento de Vecinos del IPv6.

Mientras se encuentra lejos de la base, el nodo móvil registra una de sus direcciones de asistencia con un ruteador en su enlace base, requiriendo que este ruteador funcione como el agente base para el nodo móvil. Este registro de vinculación lo realiza el nodo móvil enviando al agente base un paquete de “Actualización de Vinculación”; el agente base entonces contesta al nodo móvil regresándole un paquete de “Reconocimiento de Vinculación”. La dirección de asistencia de este vínculo registrada con su agente base es conocida como la “Dirección de Asistencia Primaria”. En adelante el agente base del nodo móvil intercepta cualquier paquete IPv6 destinado a la dirección o direcciones base del nodo móvil en el enlace base y hace el entunelamiento de cada paquete interceptado a la dirección de asistencia primaria.

Para hacer el envío de los paquetes interceptados el entunelamiento [Tunneling,1999] consiste en que el agente base encapsula el paquete (Figura 3.10) utilizando el Mecanismo de Encapsulación del IPv6, con el encabezado externo direccionado a la dirección de asistencia primaria del nodo móvil.



**Figura 3.10** Encapsulamiento del paquete A, enviado a la dirección base, dentro del paquete B, enviado a la dirección de asistencia.

### 3.7.2 Detección de Movimiento en IPv6

El mecanismo primario para detección de movimiento para IPv6 Móvil utiliza los servicios de Descubrimiento de Vecinos, Descubrimiento de Ruteador y Detección de Inalcanzabilidad de Vecino descritos en su definición [Jonson,1998].

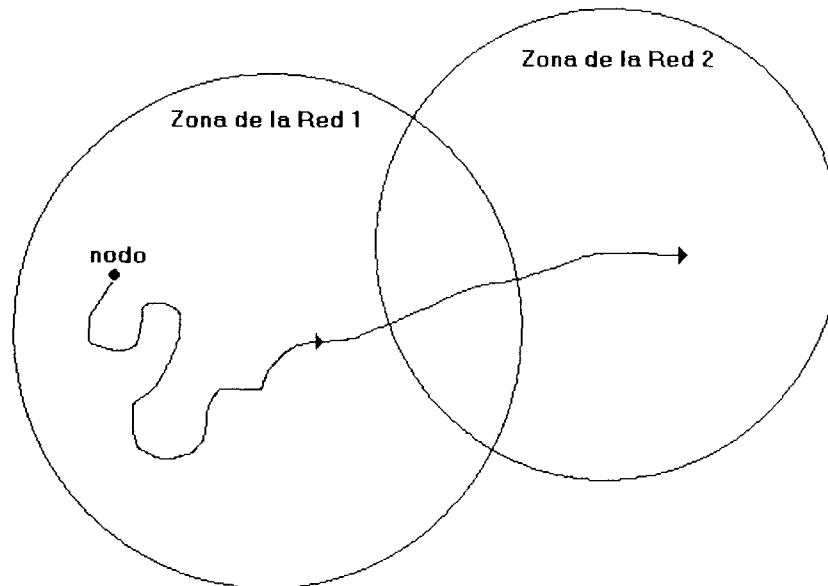
Los nodos móviles pueden enviar mensajes de Solicitud de Ruteador o pueden esperar los mensajes periódicos de Aviso de Ruteador. En base a los mensajes de Aviso del Ruteador recibidos, un nodo móvil mantiene una entrada en su Lista de Ruteadores para cada ruteador, y una entrada en su Lista de Prefijos para cada prefijo de sub-red a la que considere que esté enlazada. Cada entrada en estas listas tiene asociado un valor de tiempo de expiración obtenido del Aviso del Ruteador que sirve para eliminarla cuando la entrada se vuelve inválida.

Mientras un nodo se encuentra lejos de su base y utiliza algún ruteador como su ruteador base, es importante que el nodo pueda detectar rápidamente cuando tal ruteador sale de alcance, de tal manera que pueda hacer el cambio a un nuevo ruteador y a una nueva dirección de asistencia.

Dado que algunos enlaces inalámbricos no funcionan necesariamente igual en ambas direcciones [Prakash, 1999], es de igual manera importante que el nodo móvil pueda detectar cuando está fuera del alcance de los paquetes enviados por el ruteador base, de tal manera que el nodo móvil pueda tomar provisiones para utilizar otro ruteador y mantener sus comunicaciones.

Existen dos maneras principales en las que un nodo móvil pueda detectar que ha cambiado de posición de tal manera que sea necesario que utilice otro ruteador, primeramente si deja de recibir los mensajes pertenecientes a la red en la que se encuentra, como el paso de la red 1 a la red 2 en la Figura 3.11, y en segunda instancia si empieza a recibir mensajes pertenecientes a otra red [Jonson,1998].

Estos mecanismos de detección de movimiento caen dentro del esquema celular. La precisión máxima que se puede alcanzar para localización de dispositivos es el tamaño del área de cobertura de cada ruteador, sólo se puede saber si el nodo esta dentro o fuera del alcance del ruteador. De igual forma el movimiento sólo se puede conocer cuando un nodo pasa del dominio de un ruteador al de otro [Jonson,1998].



**Figura 3.11** Detección de movimiento en IPv6

## 3.8 TCP

El paquete de IP provee el campo de verificación de encabezado para asegurar que el paquete llegó íntegro a su destino, sin embargo el protocolo de internet no provee un servicio confiable, IP básicamente realiza el ruteo de los paquetes. Si un receptor IP recibe un paquete dañado, tal paquete es descartado y no se avisa ni al destinatario ni al emisor, el campo de verificación sólo sirve para indicar que el encabezado es válido [Minasi, 2000].

Quien provee el servicio confiable de emisor a receptor es el Protocolo de Control de Transmisiones (TCP), su principal tarea es la transmisión ordenada de datos de un nodo a otro, esto se logra mediante:

**Saludo:** es la secuencia de mensajes que indican que se va a establecer una transmisión, que el receptor está listo para atender y el emisor para enviar.

**Secuenciamiento de paquetes:** es el acomodo de los paquetes en el lado del receptor independientemente del orden de llegada.

**Control de Flujo:** TCP controla que el emisor no envíe más paquetes de los que el receptor puede manejar.

**Manejo de Errores:** TCP maneja corrección y detección de errores, mediante un mensaje de confirmación al receptor, si el mensaje de confirmación no se produce el emisor vuelve a enviar los paquetes.

En lugar de TCP se puede utilizar otro protocolo similar, pero menos confiable, el cual es el Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP)

### 3.8.1 Sockets

TCP provee otros servicios, como los sockets, los cuales sirven para distinguir las diferentes aplicaciones dentro de una máquina con una dirección IP. Un socket se compone de tres partes:

- La dirección IP del receptor
- El puerto del programa receptor
- Una definición de si se está utilizando TCP o UDP.

Una vez que un paquete llega al destinatario, que es una máquina con determinada dirección IP, el número de puerto sirve para indicar cual de las aplicaciones que están corriendo en esa máquina debe recibir el paquete.

Algunos de los puertos TCP/UDP comúnmente usados son [Parker, 1996]:



Puerto	Nombre	Utilizado para:
20	FTP-DATA	Transferencia de archivos (canal de datos)
21	FTP	Transferencia de archivos (canal de control)
23	TELNET	TELNET
25	SMTP	Transferencia de Correo Simple
69	TFTP	Transferencia de Archivos Trivial
79	FINGER	Finger
109	POP2	Protocolo de Oficina Postal v2
110	POP3	Protocolo de Oficina Postal v3
150	SQL-NET	SQL-NET

**Tabla 3.2** Algunos puertos TCP/UDP

### 3.9 Resolución de Nombres

Las direcciones IP son útiles debido a que son precisas y fáciles de usar. Sin embargo son difíciles de recordar, además que la gente siempre prefiere referir cosas por un nombre más significativo y descriptivo. TCP e IP permiten agrupar varias redes en grupos llamados dominios que comparten un nombre común, como *armi.mil*, *itesm.mx*, o *mit.edu*.

Las máquinas dentro de un dominio tienen nombres que incluyen el dominio, por ejemplo dentro de *colores.com* se pueden tener máquinas llamadas *azul.colores.com*, *verde.colores.com*, *rojo.colores.com*, etc, estos nombres se conocen como nombres de nodos y las máquinas pueden ser referidas por las aplicaciones y los usuarios usando este nombre.

El proceso de convertir un nombre a su correspondiente dirección IP se conoce como resolución de nombre, esto se puede hacer mediante HOSTS o DNS.

#### 3.9.1 Sistema de nombramiento simple (HOSTS)

Es la forma más sencilla de resolver un nombre y consiste en crear un archivo llamado HOSTS con una lista de direcciones en texto ASCII. Cada línea tiene un host, comenzando con la dirección IP, uno o varios espacios y el nombre o nombres en lenguaje común para referenciar el nodo:

```
150.25.56.50  MaquinaAzul.colores.com  Blue
150.25.56.50  rojo.colores.com  servidor  Miguel
```

El problema principal al usar el archivo HOSTS es que cada máquina debe tener una copia, por lo que si hay un cambio en el archivo, éste se debe modificar en cada máquina, lo cual resulta engorroso.

### 3.9.2 Servicio de Nombres de Dominio (DNS)

Otra manera de resolver nombres es utilizar una máquina como servidor de nombres o servidor DNS, cuya finalidad es responder preguntas como ‘¿cual es la dirección IP de *bermellon.colores.com*?’ de esta manera cada que se quiera enviar información a una máquina de la cual sólo se conoce su nombre, antes es necesario hacer una consulta al servidor DNS para saber su dirección IP. Si hay algún cambio en las direcciones o nombres, éste sólo se tiene que hacer en el servidor DNS.

### 3.10 Conclusiones

IP provee el mecanismo básico para asegurar las comunicaciones, tanto en redes comunes como en redes móviles, por lo que para lograr un adecuado soporte para las aplicaciones de movilidad es recomendable su utilización.

Para IP Móvil el movimiento es solamente el cambio del punto de enlace a Internet y un nodo móvil es aquel que puede conectarse a diferentes ruteadores mientras sigue siendo alcanzable por su dirección base. Para conocer la posición y brindársela a las aplicaciones, al igual que para proveer una figura de movilidad de los nodos (sección 2.8), es necesario utilizar alguno de los mecanismos de localización y detección de movimiento vistos en el capítulo 2, ya que IP provee información muy limitada al respecto.

Aunque la transición entre las versiones 4 y 6 del IP tome algunos años o décadas para completarse [Ngtrans,2000], aun la versión actual provee soporte de movilidad que puede ser adecuada para algunas aplicaciones, por lo que utilizar el IP para el modelo de integración de información de movilidad asegura compatibilidad a futuro.

En este capítulo se analizaron las características del IP y servicios que es necesario utilizar para lograr establecer un modelo de integración de la información de posición y movilidad revisada en el capítulo anterior. Se cuenta ya con el conocimiento necesario para establecer el esquema de comunicaciones y transferencia de información entre las aplicaciones, considerando las facilidades del IP como sockets y resolución de nombres, las cuales simplifican en gran medida el manejo de información.

En el siguiente capítulo se presentara el modelo de enlace y descripción de funcionamiento entre las tecnologías de localización y redes IP para lograr su utilización de manera adecuada y eficiente. Tal modelo utiliza el IP sólo como servicio de comunicaciones, ya que el intentar modificar los mecanismos del propio protocolo resulta poco viable en términos de adopción e implementación. Es más sencillo proponer un esquema de Posicionamiento y Movilidad sobre IP que sobre un protocolo de comunicaciones propietario. Con esto la presente tesis sentara las bases para un esquema de integración estándar y a la vez lo suficientemente flexible para adaptarse a las necesidades de las diferentes aplicaciones.

# Capítulo 4

## Integración de información

### 4.1 Introducción

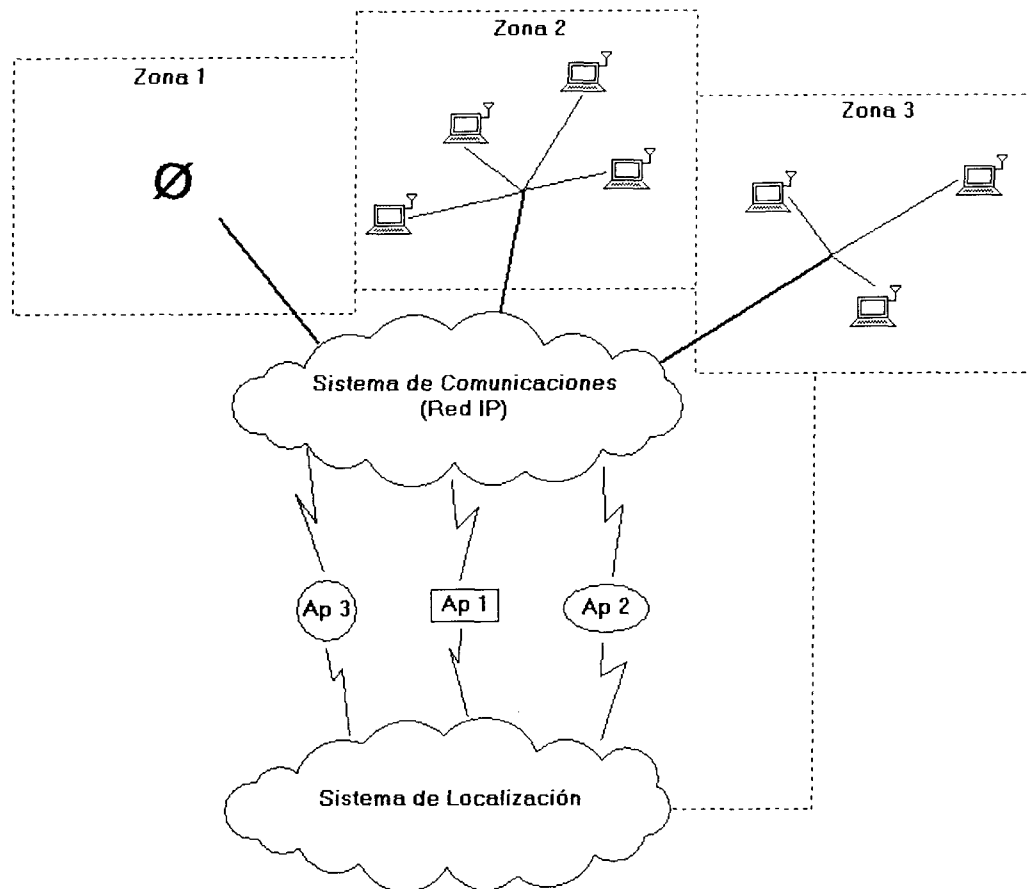
El IP provee la infraestructura de comunicaciones necesaria para la utilización de información de localización en redes móviles, sin embargo la unión entre las tecnologías de localización, comunicaciones y las aplicaciones que pueden utilizarlas no se realiza de manera directa, dado que los esquemas iniciales no contemplaban tal posibilidad. Existen algunos intentos por desarrollar un esquema de integración, sin embargo la mayoría son de carácter privado e incompatibles entre sí. Conforme aumenta el número de aplicaciones que utilizan información de localización en una red móvil también aumenta la necesidad de establecer un modelo común de administración de la información que haga más eficiente su utilización y que sea compatible con las diversas aplicaciones.

En este capítulo se hace una descripción general de comunicaciones basadas en posición o geocasting. En base a esto se propone un modelo de integración de la información de localización con las aplicaciones a través de redes IP, distinguiendo dos esquemas básicos dependiendo de la estructura de red y manejo de información que se utilice, los cuales pueden ser centralizado o distribuido. Finalmente se describirá cómo se puede utilizar la información de posición y movilidad a nivel de mensajes y las características que deben tener.

### 4.2 Geocasting

Geocasting se entiende como un esquema de comunicaciones que toma en cuenta la posición geográfica del emisor y/o el receptor. El primer intento para diseñar un sistema de comunicaciones de esta naturaleza fue el Ruteo Cartesiano [Anderson,1987], donde se limitaba la región de interés a un área bidimensional sobre la cual se superponía un plano cartesiano, el principal enfoque del trabajo era caracterizar fallas en redes móviles dependiendo de la posición. Posteriores trabajos que siguen en la misma línea del Ruteo Cartesiano extendiendo sus alcances engloban el concepto en general con el término geocasting.

El geocasting implica la unión de dos tecnologías, la de comunicaciones y la de localización y en general describe los métodos de integración y colaboración entre ambas hacia un mismo propósito (Figura 4.1). La primera se encarga de asegurar que los mensajes lleguen correctamente y la segunda proporciona información de localización y posicionamiento de los elementos involucrados en la aplicación.



**Figura 4.1** Geocasting como la unión entre un sistema de comunicaciones y un sistema de localización mediante su interacción a través de las aplicaciones.

Dado que la presente tesis propone una integración de ambas tecnologías (la de localización, vista en el capítulo 2 y la de comunicaciones vista en el capítulo 3), puede considerarse como una propuesta de geocast.

### 4.2.1 Modelo de Posición Geográfica

Como se mencionó en el capítulo 2, la localización de un objeto se puede hacer con cualquier sistema de coordenadas en base a alguna referencia arbitraria, sin embargo, para propósitos de compatibilidad es deseable partir de un sistema comúnmente aceptado y utilizado de manera extensa, como lo es el sistema de coordenadas geográficas WGS-84 [WGS-84,1999]. Mediante este sistema cualquier punto sobre la superficie terrestre se puede localizar en base al meridiano y al paralelo que pasan por tal punto, este posicionamiento ofrece bidimensionalmente información de latitud y longitud en forma de un vector <latitud, longitud>, donde el valor de la longitud va desde -180 hasta 180 grados, y la latitud va desde -90 hasta 90 grados. Tridimensionalmente se agrega información de altura sobre el nivel del mar.

Si se utilizan números flotantes de simple precisión se necesitan 4 bytes para almacenar la latitud, 4 para la longitud y 4 para la altura. De esta forma se necesitan un total de 8 bytes para proporcionar la posición bidimensional de cualquier punto sobre la superficie terrestre con una precisión menor a 30 metros. Por ejemplo, las coordenadas:

Latitud: 18° 52' 47'' N  
 Longitud: 99° 13' 48'' W  
 Altura: 1175

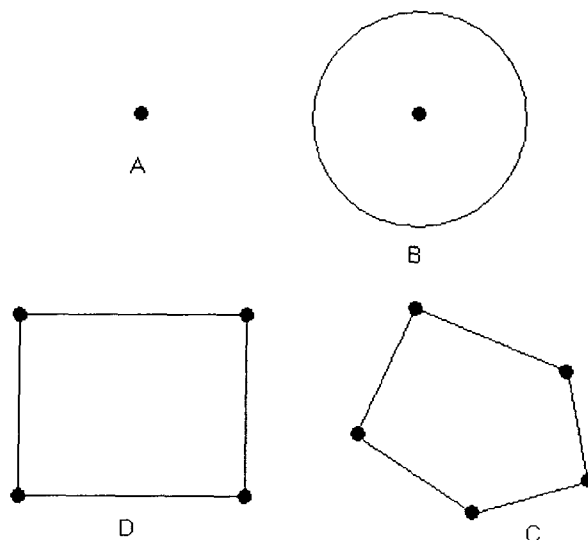
expresan las coordenadas geográficas del Zócalo de la Ciudad de Cuernavaca [INEGI,2000], expresadas en forma de número flotante quedan:

Latitud: 18.879999  
 Longitud: -99.230003  
 Altura: 1175

Formando la tripleta <18.879999, -99.230003,1175>, que sería la información necesaria para formar el mensaje que describa la posición del Zócalo, mensaje que será descrito posteriormente.

### 4.2.2 Direccionamiento Geográfico

Una dirección de destino u origen geográfico bidimensional puede ser representada por cualquier área finita como un punto, un círculo o en general un polígono de  $n$  vértices (Figura 4.2), donde cada vértice del área se representa con coordenadas geográficas. Esta notación debe ser utilizada para mandar un mensaje a cualquier nodo dentro de la región específica definida por la figura cerrada.

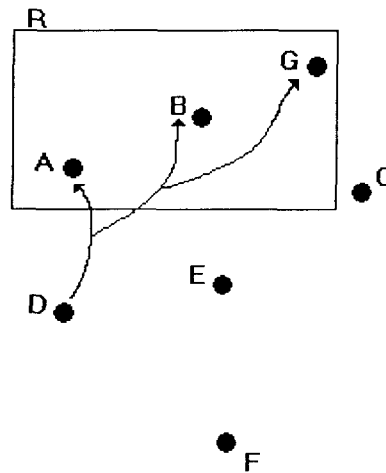


**Figura 4.2** Definición de áreas para direccionamiento. (A) un punto, (B) un círculo (C) un rectángulo y (D) un polígono.

La selección del área es básicamente arbitraria en principio, sin embargo para efectos de simplicidad es recomendable utilizar una región con una figura geométrica simple, como puntos, círculos o rectángulos, cuyo manejo es más sencillo que el de polígonos irregulares.

### 4.2.3 Comunicaciones Geográficas:

Las comunicaciones basadas en posición geográfica utilizan la información del área de destino geográfico y envían mensajes hacia los nodos que se encuentren dentro de tal área (Figura 4.3) en un esquema de geocast.



**Figura 4.3** Geocast: el nodo D envía un paquete a los nodos que se encuentren dentro de la región R.

Para realizar la comunicación geográfica simplemente se puede inundar la red con mensajes utilizando los protocolos convencionales de broadcast y dejar que cada aplicación de los nodos determine si se encuentra dentro del área de interés para procesar el mensaje o simplemente desecharlo, sin embargo al hacer la inundación se hace uso innecesario de ancho de banda, tiempo y esfuerzo de cómputo lo que hace de ésta una opción poco eficiente, sobre todo en un medio de comunicaciones inalámbrico.

El Protocolo de Internet tal cual está implementado, ya sea en la versión IV, VI, o móvil, sólo puede rutear mensajes en base a la dirección IP, así que otra opción para el ruteo geográfico sería construir una tabla con las direcciones de los nodos dentro del área de interés, para después utilizar los mecanismos convencionales de multicast o anycast, dependiendo de los requerimientos [Larsson,1999] y el número de nodos. De esta manera se hace un Georuteo Virtual, ya que el manejo de la información de posición se hace en la capa de aplicación pero no en los ruteadores en sí, estos solo ven direcciones IP de destino.

El Protocolo de Internet no se está modificando en ningún sentido para manejar la información de posición y movilidad, ésta viaja sobre el IP, y para el Protocolo la información es sólo carga útil que se tiene que enviar a las aplicaciones (Figura 4.4).

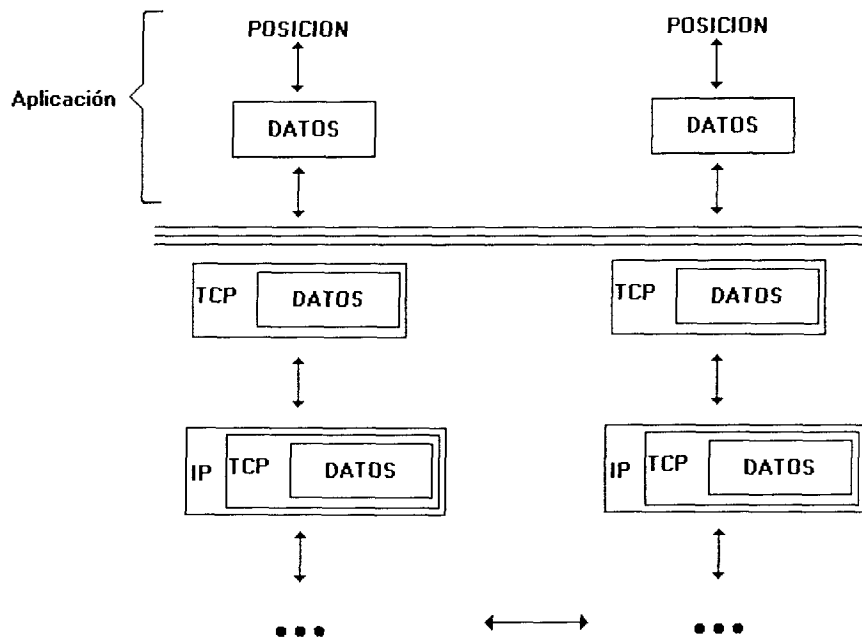


Figura 4.4 Manejo de información de posición desde la capa de aplicación.

### 4.3 Manejo de Información

En esta sección se describirá la parte de la integración referente a las comunicaciones y manejo de la información de posicionamiento y movilidad. Para esto se distinguen dos elementos principales que serán utilizados en el diseño de la propuesta:

**Cliente:** es quien solicita información de posición, ya sea de sí mismo o de otros elementos de la red. En la petición de información se debe especificar de quién requiere información y cuáles son los datos que le interesan.

**Servidor:** Proporciona información de localización ya sea de sí mismo o de otros elementos en respuesta a las peticiones que se le hagan. Además realiza la carga de procesamiento de información de posición; por ejemplo puede llevar un historial de las posiciones de los nodos y calcular velocidad y dirección si es que esta información no es proporcionada directamente por el sistema de localización.

De esta forma las máquinas dentro de una red pueden intercambiar el rol que desempeñan de servidor o cliente, dependiendo de si solicitan información de posición o si la proporcionan.

A continuación se describirá la arquitectura par manejo de información en esquemas centralizados y distribuidos.

4.3.1 Esquema centralizado

En este esquema se tiene una infraestructura física bien establecida, en la cual se puede concentrar la información de localización de todos los nodos móviles en una unidad central, existe una clara jerarquía de las funciones de cada elemento de la red: nodos, ruteadores y servidores. A este tipo de red se le conoce también como Red Inalámbrica Móvil de Infraestructura [Gómez, 1998].

Como se muestra en la Figura 4.5 la Red Inalámbrica Móvil de Infraestructura utiliza un canal de acceso común para establecer cualquier comunicación. Las Unidades Portátiles o nodos 1 a 3 están dentro del área de influencia de la Unidad de Acceso B, mientras que los nodos 4 a 7 pertenecen a la Unidad de Acceso A, si un nodo quiere comunicarse con otro, el mensaje debe pasar por la Unidad de Acceso correspondiente y ser transportado por la estructura común para llegar a su destino.

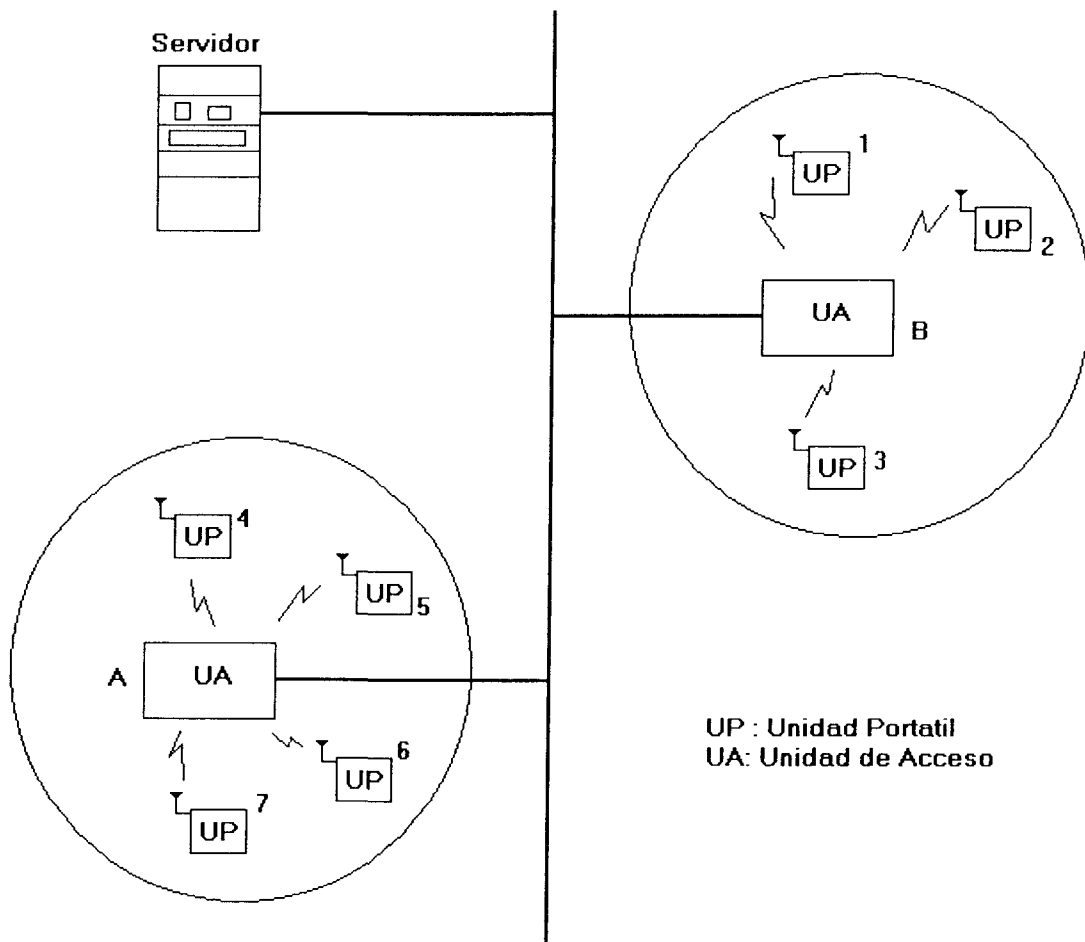


Figura 4.5 Red Inalámbrica Móvil de Infraestructura



### 4.3.2 Modelo de Integración

El diseño de una arquitectura de manejo de información de manera modular presenta las siguientes ventajas:

- Para la aplicación es transparente la forma como el Módulo de Procesamiento de información de localización obtiene la información.
- La información de posición es un servicio más de sistema, compatible con todas las aplicaciones.
- Evita que las aplicaciones implementen independientemente las interfaces con el Hardware

Para el esquema centralizado se propone un modelo de integración de información de posición como se muestra en la Figura 4.6. Los elementos que lo conforman son los siguientes:

**Unidad Centralizada de Manejo de Información:** se encarga de concentrar la información de posición de los nodos móviles de la red. Dentro de ésta se distinguen tres componentes principales:

- **Hardware de Localización:** se refiere al conjunto de elementos que en base a cualquiera de las tecnologías expuestas en el Capítulo 2 determina la localización de los nodos que componen la red.
- **Módulo de conversión:** Su función es tomar los datos tal como los entrega el hardware de localización y convertirlos al sistema de coordenadas necesario para su utilización.
- **Modulo de Integración de información de Localización:** se encarga de integrar el Paquete de Información de Localización con los datos requeridos de localización más los datos necesarios para su correcta identificación y manejo en la red IP.

Estos tres componentes pueden ser independientes, sin embargo la mayoría de los dispositivos de localización comerciales los proveen de manera integrada con el hardware, en cuyo caso además cuentan con un **Módulo de Configuración** que sirve para establecer parámetros y características de operación como:

- Qué información interesa
- Con qué formato se requiere la información
- Frecuencia de medición
- Características de comunicación con los módulos de procesamiento.

La **Unidad Móvil** representa el dispositivo de cómputo inalámbrico de carácter móvil, el cual cuenta con aplicaciones que requieren información de posición.

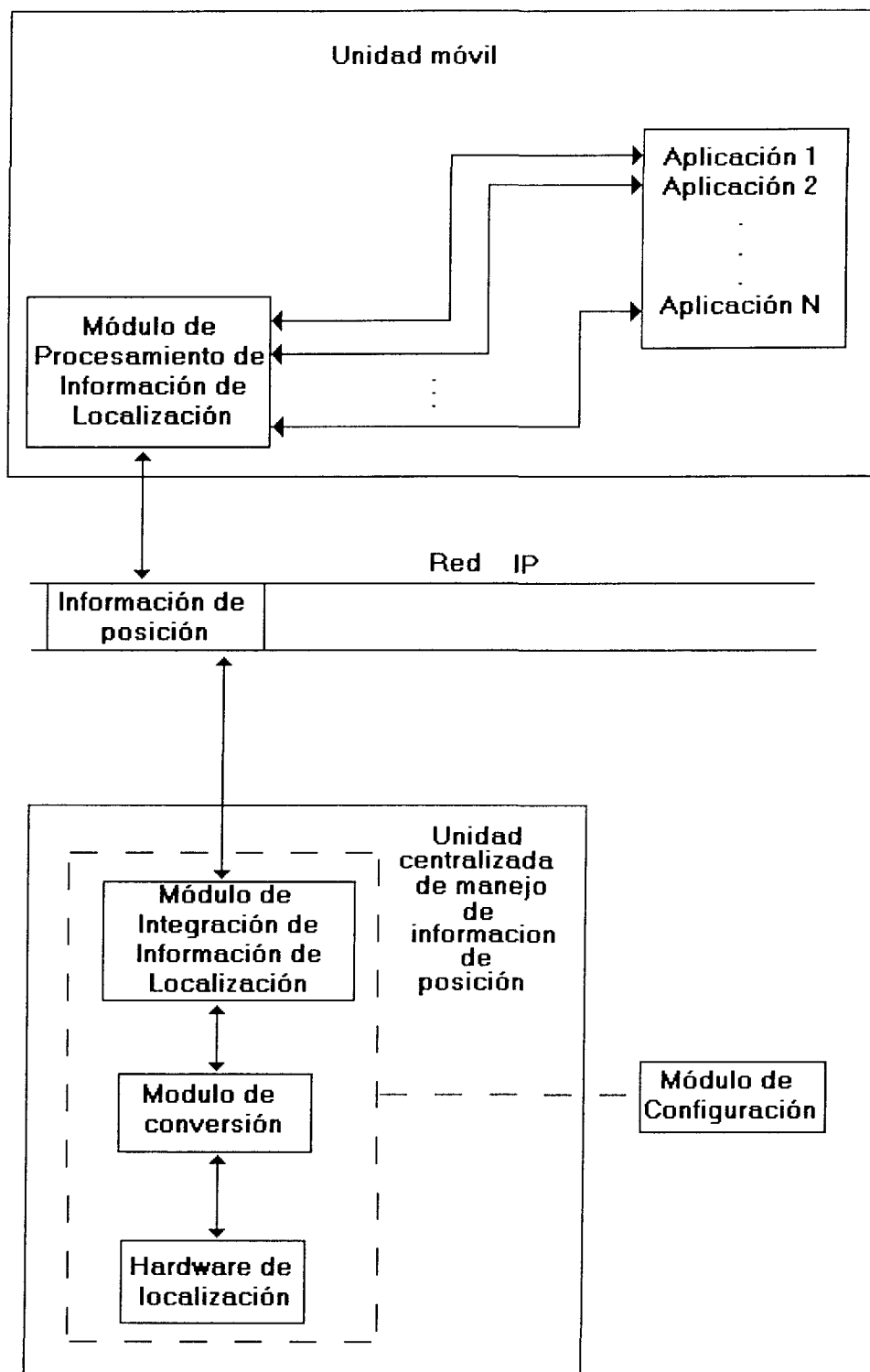


Figura 4.6 Modelo de integración de información en un esquema centralizado.

El **Módulo de Procesamiento de Información de Localización** es un componente de software dentro de la unidad móvil y provee servicios básicos de manejo de información de localización que pueden ser accedidos por las aplicaciones.

La **Información de Posición** es el paquete que se envía por la red a sus diferentes elementos, en base a sus necesidades, el paquete es enrutado a través de los mecanismos del IP en cualquiera de sus versiones.

### Ventajas y desventajas

La ventaja del modelo centralizado es que la mayoría de las redes utilizan un esquema similar que puede adaptarse fácilmente para implementar soporte de movilidad.

La desventaja es que las comunicaciones se basan en una estructura de comunicaciones común, por lo cual los nodos son vulnerables a todas las fallas que existan en ésta. Además la infraestructura tiene limitaciones de operación en función de la posición y extensión geográfica, esto es, sólo funciona en regiones bien establecidas.

### 4.3.3 Esquema distribuido

En este esquema no existe una infraestructura para establecer las comunicaciones ni una topología de la red definida (Figura 4.7). La red en si se crea por demanda y comúnmente se conoce como Red Móvil Inalámbrica Ad Hoc o simplemente Manet [MANET,1999]).

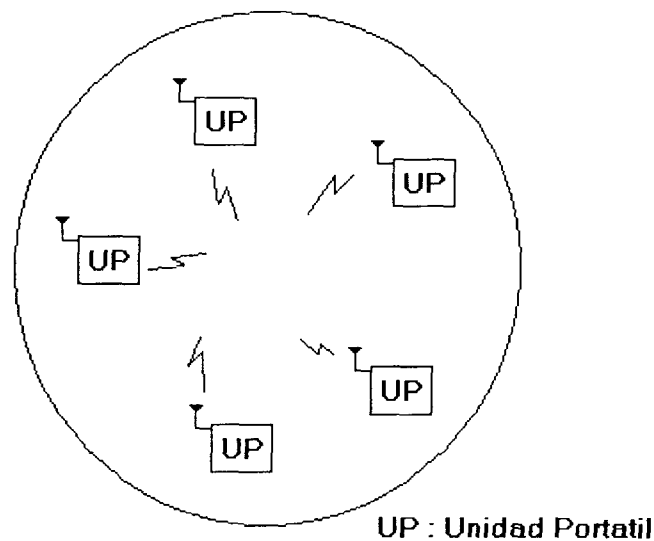


Figura 4.7 Red Móvil inalámbrica Ad Hoc

4.3.4 Modelo de Integración

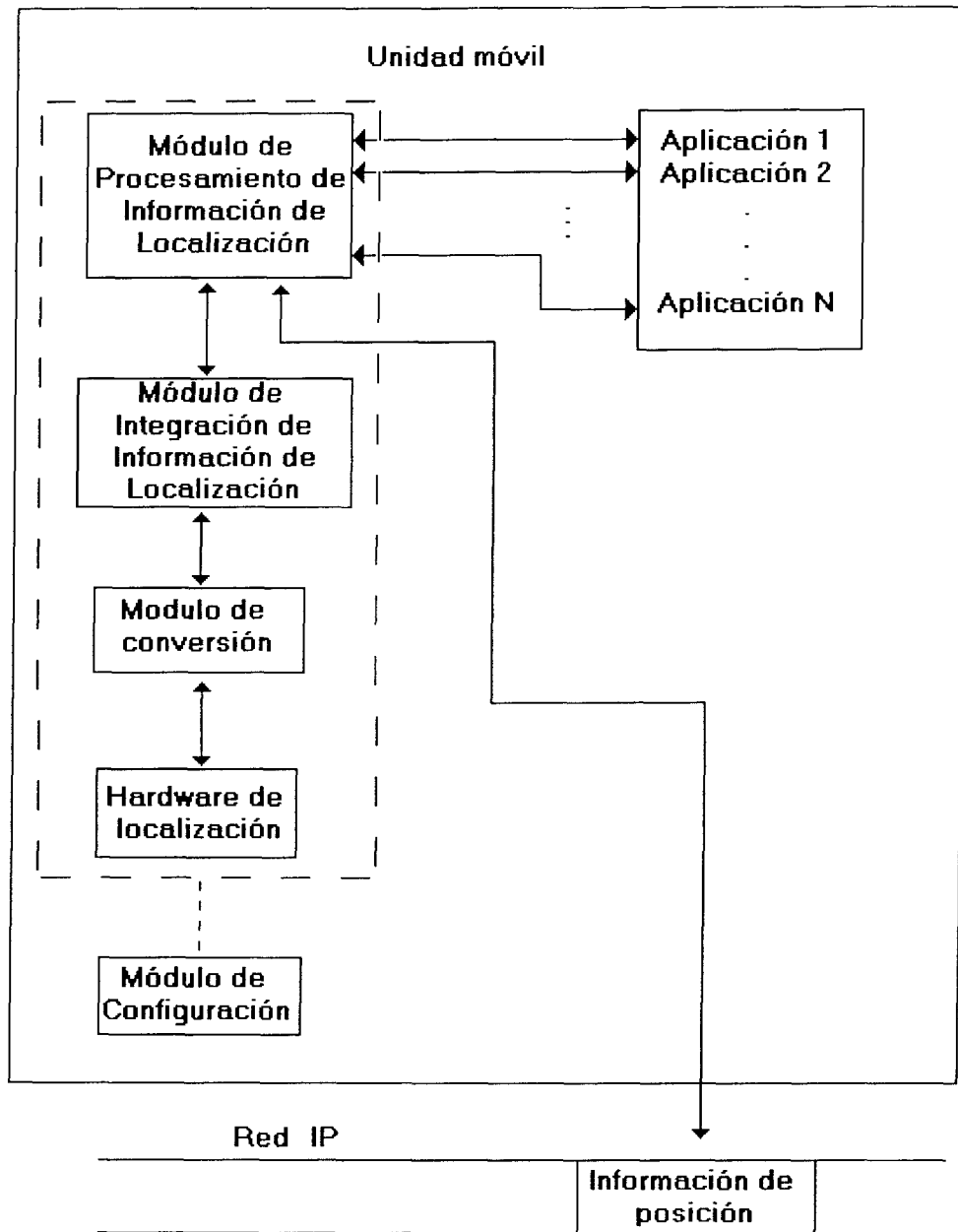


Figura 4.8 Modelo de integración de información en un esquema distribuido

### Ventajas y desventajas

La desventaja principal del modelo distribuido es que presenta altas tasas de error, y desconexiones, sin embargo la ventaja principal es que este esquema puede implantarse fácil y rápidamente ya que no requiere infraestructura previa.

En comparación con el esquema centralizado hace un uso más extensivo del medio de comunicaciones para identificar los miembros de la red. Este esquema es más adaptable a cambios en las características del medio donde se maneja, por lo que puede ser utilizado por una mayor gama de aplicaciones, sobre todo de aquellas que requieran funcionar en ambientes muy diferentes.

Además se tiene la ventaja de que cada unidad de la red esta autocontenida, lo cual evita el tener que realizar interconexiones entre equipos de diferentes marcas y modelos para tener un sistema operable.

Una vez establecida la arquitectura para manejo de información, ya sea en el esquema centralizado o distribuido, es necesario definir los mensajes que utilizaran y serán formados por tal arquitectura.

### 4.4 Mensajes de Posicionamiento

Los mensajes que se utilizan para intercambiar información de posicionamiento son Solicitud de Información de Posicionamiento y Datos de Posicionamiento, existe un tercer mensaje que sirve para realizar el geocast o transmisión en una zona determinada, el cual es el Mensaje de Geocast.

Los tres tipos de mensajes pueden utilizar un mismo encabezado, el cual indica cómo debe ser interpretada la información en el cuerpo del mensaje (Figura 4.9).

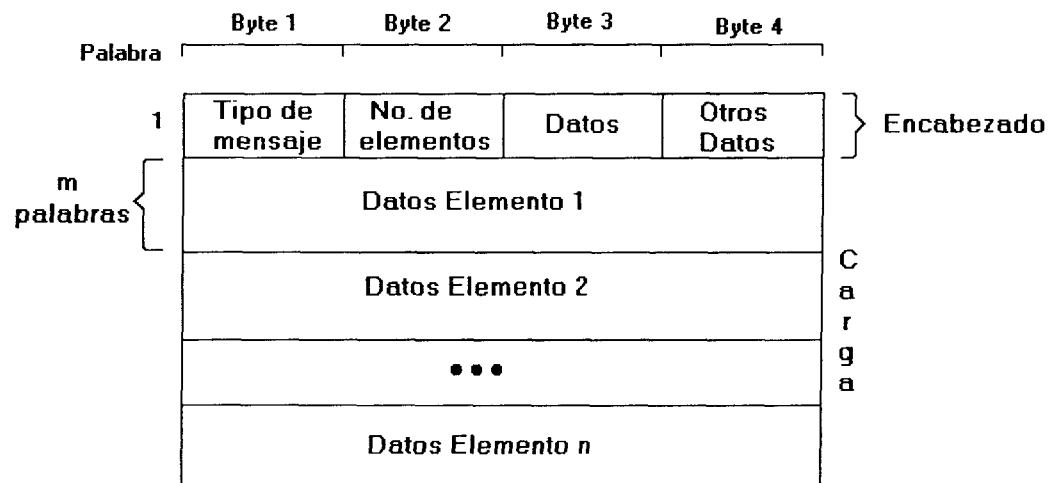


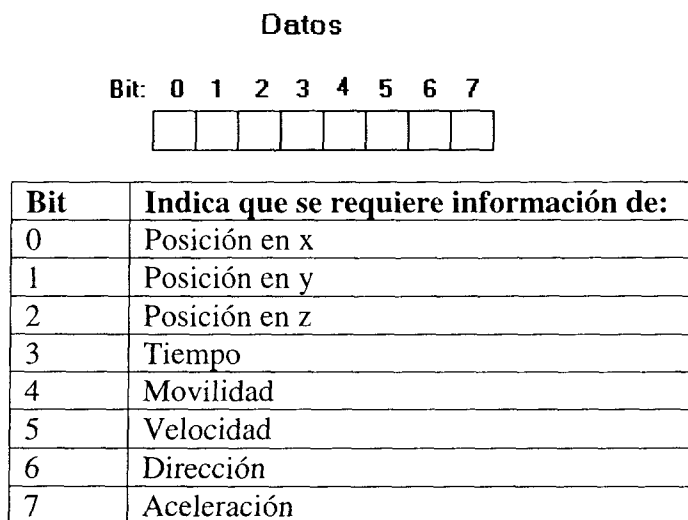
Figura 4.9 Estructura de los mensajes de Información de posición y movimiento.

**Tipo de Mensaje** es un campo de 1 byte que sirve para distinguir entre mensajes de solicitud, respuesta o geocast.

**No de elementos** indica cuántos elementos son contenidos en la carga del mensaje.

**Datos** es un byte donde cada bit puede tener el valor de 0 ó 1 e indican el tipo de información que se maneja dentro de los elementos de la carga, en la Figura 4.10 se tienen los diferentes valores, donde el bit 4, Movilidad puede ser un valor obtenido conforme al modelo de la sección 2.8.

**Otros Datos** es un campo que sirve para especificar que se requiere manejar otro tipo de información diferente de la especificada en el campo Datos.



**Figura 4.10** Valores del campo Información Solicitada

#### 4.4.1 Mensaje de Solicitud de Información de Posicionamiento

Este mensaje se envía al servidor como requisición de Información. Los valores que contiene el encabezado son:

**Tipo de Mensaje** tiene un valor de 0x01.

**No de elementos** indica de cuántos elementos se solicita información de posición.

**Información solicitada** depende de la aplicación y de la tecnología de localización que se esté utilizando, ya que no todas pueden ofrecer todos los datos.

**Datos Elemento x** es el identificador de cada elemento de quien se solicita información.

#### 4.4.2 Mensaje de Datos de Posicionamiento y Movilidad

Después de que una requisición de información llega al servidor, éste responde con un Mensaje de Datos de Posicionamiento y Movilidad, donde proporciona la información requerida, los valores que contiene el encabezado son:

**Tipo de Mensaje** tiene en este caso el valor 0x02

**No. de elementos** indica de cuántos elementos se proporciona información

**Datos que se Proveen** indica que tipos de datos se están proporcionando, tal vez coincidan con los que solicitaron aunque no es forzoso.

**Datos Elemento x** en el conjunto de datos que se proveen de un elemento específico.

#### 4.4.3 Mensaje de Geocast

El mensaje dirigido a una región específica o Geomensaje está conformado por la información del área de interés y del mensaje en sí. La información del área indica a dónde se envía el mensaje, las características básicas que se deben incluir en el encabezado son las siguientes:

**Tipo de Mensaje** tiene en este caso el valor 0x03

**No. de elementos** indica de cuántos elementos se proporciona información, en este caso el número de elementos son descriptores de una región donde se quiere enviar el mensaje.

**Datos que se Proveen** indica que tipos de datos se están proporcionando en los descriptores de la región, principalmente se utilizarán los tres primeros bits (posición en  $x$ ,  $y$  y  $z$ ). En el caso de que el área donde se quiere enviar un mensaje sea un círculo se utilizara el campo de **Otros Datos** para indicar que se provee también el radio del círculo además del centro.

**Datos Elemento x** es el descriptor de un vértice del área.

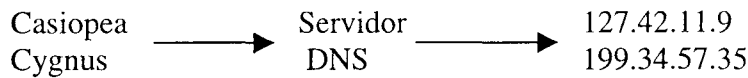
**Datos Elemento  $n + 1$**  es un campo extra a los que se especificaron en el encabezado y es el mensaje en sí que se quiere enviar a la región definida. Cuando el Tipo de Mensaje es de Geocast, siempre se debe esperar un elemento extra al especificado en No. de elementos.

En los tres mensajes se distingue una parte que es constante, conformada por la primera palabra, estos 4 bytes pueden considerarse como el encabezado de los mensajes de Información de Posición, ya que indican el significado de la parte variable que mensaje que viene después.

4.4.4 Interacción de mensajes

Para ejemplificar el manejo de mensajes se supone que la máquina *Orión* necesita saber dónde se encuentran las máquinas, Casiopea y Cygnus, y le interesa saber la posición en *x, y, z*, así como su *dirección de movimiento*.

El primer paso es resolver los nombres de los nodos móviles con lo que se hace una consulta al servidor DNS:



Una vez que se tienen las direcciones se forma el mensaje de solicitud de información con los siguientes valores en el encabezado:

Tipo de mensaje: 0x01  
 No de elementos: 0x02  
 Datos con la máscara: 11100010 (0xE2)  
 Otros Datos: sin usar

Con lo que el mensaje completo quedaría como en la Figura 4.11, este mensaje se envía al servidor de posiciones.

	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Palabra				
1	0x01	0x02	0xE2	
2	127.42.11.9		(Casiopea)	
3	199.34.57.35		(Cygnus)	

Figura 4.11 Mensaje de solicitud de información de posición.

Cuando el mensaje de solicitud llega al servidor, éste consulta sus tablas y encuentra la posición de las máquinas cuyas direcciones están en el mensaje. Es posible que el servidor no conozca la información de uno de los elementos, pero puede hacer una consulta a un segundo servidor que tal vez si tenga la información.

En el caso que el servidor no pueda determinar alguno de los datos de uno o varios nodos, así lo indicará en el mensaje de respuesta. Por ejemplo para la requisición anterior si no se pudo encontrar la información de dirección sólo regresan los datos de posición en *x, y, y z*, por lo que la máscara de Datos será diferente. El encabezado del mensaje está conformado como sigue:



Tipo de mensaje: 0x02  
 No de elementos: 0x02  
 Datos con la máscara: 11100000 (0xE0)  
 Otros Datos: sin usar

Quedando el mensaje completo:

	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Palabra				
1	0x01	0x02	0xE2	
2	A quién correspode			(Casiopea)
3	Posición en x			(Casiopea)
4	Posición en y			(Casiopea)
5	Posición en z			(Casiopea)
6	A quién correspode			(Cygnus)
7	Posición en x			(Cygnus)
8	Posición en y			(Cygnus)
9	Posición en z			(Cygnus)

Figura 4.12 Mensaje de Datos de Posicionamiento y Movilidad

### 4.5 Tablas de posicionamiento geográfico

Las tablas de posicionamiento geográfico son necesarias para mantener un registro del estado de los nodos de la red, y para facilitar el proceso de determinar a quiénes van dirigidos los mensajes. Las tablas se encuentran dentro del Módulo de Procesamiento de Información y se componen de dos partes principales: el cache de posicionamiento de los nodos y una descripción del área de servicio.

**4.5.1 Cache de posicionamiento y movilidad**

Sirve para indicar la última posición conocida de los nodos de la red en un momento determinado, para permitir el rápido acceso a los elementos del cache se utilizaría una tabla dinámica, quedando de la siguiente forma:

Nombre del Nodo	Datos de Posicionamiento y Movilidad	Estampa de tiempo
Orion	x,y,z,vel,dir.	03:15:24.10
Casiopea	x,y,z,vel.	03:15:24.12
...	...	...
Cygnus	x,y,z,vel,dir,aceleración	03:15:24.20

**Figura 4.13** Tabla de posicionamiento y movilidad

Se pueden hacer búsquedas y ordenamientos en función de la posición adquirida mediante mensajes de posicionamiento. La estampa de tiempo indica cuándo es que se recibió el mensaje y sirve para determinar la confiabilidad de la información.

**4.5.2 Tabla de resolución de zonas**

El área de servicio es descrita por un conjunto de direcciones geográficas que son la posición de los vértices de una figura cerrada dentro de la cual se tienen los servicios de posicionamiento y comunicaciones de tal forma que se puede realizar el geocast [Young,1998]. Las direcciones se almacenan en una tabla de la forma:

<Posición 1>, <Posición 2>... <Posición N>

En el caso de un círculo solo se necesita la posición de su centro y el radio.

El **área de servicio** comprende toda el área donde se puede dar el servicio de Geocasting.

Hay que distinguir otra región que es el **área de interés**, ésta comprende la región donde se quiere realizar el geocast y generalmente es una sub-región del área de servicio (Figura 4.14 ).

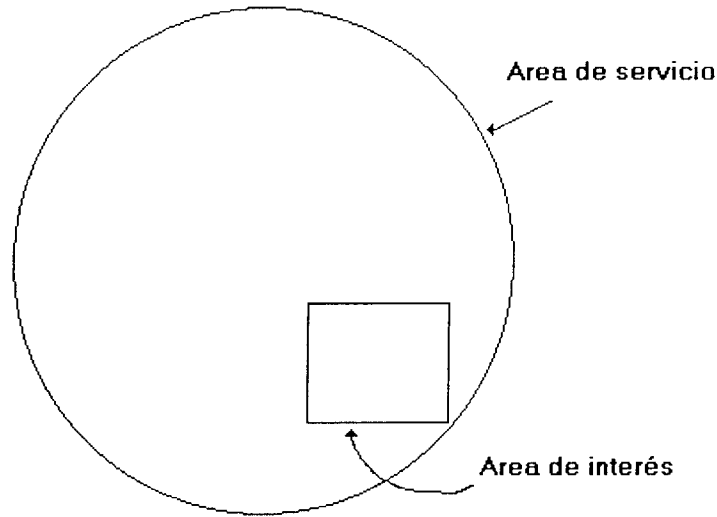


Figura 4.14 Área de servicio y área de interés

El área de interés es también descrita por un conjunto de puntos que forman una figura cerrada. En el caso de que por facilidad de manejo o requerimientos de la aplicación, toda el área de servicio se subdivida en zonas, se puede tener una tabla que relacione las zonas con el nombre de los nodos:

Zona	Nombre
1	Jupiter
1	Orion
1	Cirius
2	∅
3	Orion
3	Andromeda
...	
n	...

Figura 4.15 Tabla de resolución de zonas

Se tendría una relación de 1 a n dado que en cada zona puede existir más de una máquina. También pueden existir zonas que estén vacías, como la zona 2 en la Figura 4.15.

### 4.5.3 Formación del grupo

Cuando se quiere enviar un mensaje a los nodos dentro de una región determinada, la aplicación manda un mensaje de geocast al Módulo de Procesamiento de Información de Localización, donde se hace una búsqueda de todos aquellos nodos que queden comprendidos en área de interés usando la tabla de resolución de zonas. Esto genera una lista con las direcciones de los nodos dentro del área, con lo que se forma un grupo al cual se le envía el mensaje utilizando el proceso de multicast (Figura 4.16).

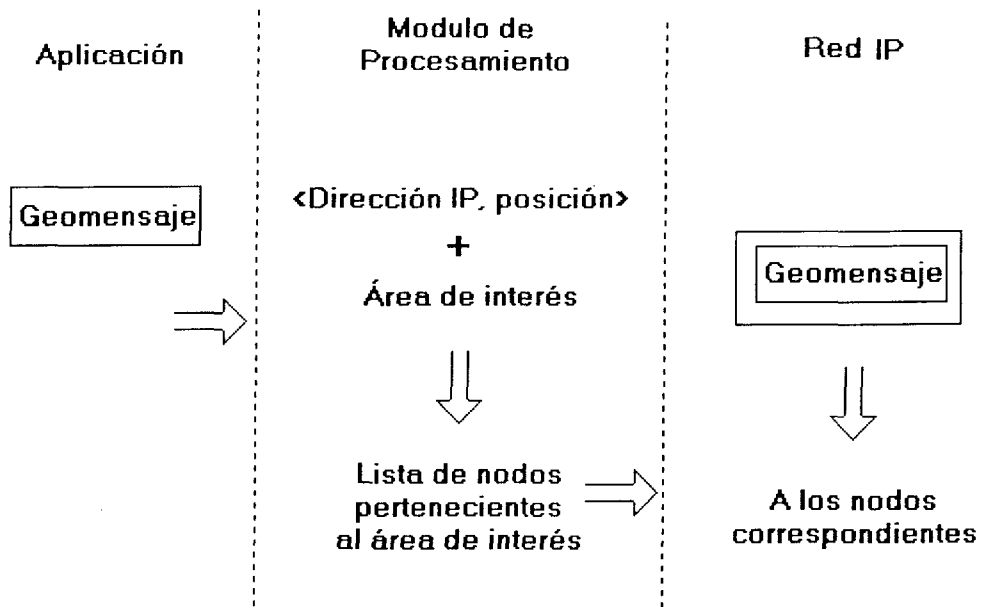


Fig 4.16 Modelo propuesto para Geocasting.

Dado que el multicast es más eficiente que el unicast y el broadcast, cuando se tienen áreas de interés definidas, es conveniente hacer una tabla que relacione el área donde se encuentra un nodo con la dirección de multicast que le corresponde. De esta forma, se tienen zonas asociadas con grupos de multicast:

Zona	Dirección de Multicast
1	a.b.c.d
2	e.f.g.h
...	...
n	j,k,l,m

Figura 4.17 Direcciones de multicast asociadas con zonas

Donde se tendría una relación 1 a 1 entre zonas y direcciones para grupos de multicast. Cada nodo puede tener una copia de la tabla y cambiar su dirección de multicast en función de la zona donde se encuentra, y recibir sólo los mensajes correspondientes a esa zona.

## 4.6 Conclusiones

La integración de información de posición en una arquitectura abierta, utilizando IP, provee los elementos básicos para la realización de aplicaciones de movilidad.

El modelo propuesto establece un esquema general que puede adaptarse a diferentes necesidades, a la vez que permite una compatibilidad entre las diferentes aplicaciones de geocasting, con lo que se pueden compartir tanto recursos de localización como de comunicaciones, evitando el comenzar un diseño desde cero en cada aplicación.

La propuesta de mensajes y su manejo provee cobertura de las necesidades de todas las aplicaciones que requieran información de movilidad y posicionamiento, ya que se pueden manejar todos los conceptos y características de movilidad y posicionamiento revisados en el capítulo 2. También se ha establecido un mecanismo de manejo de mensajes utilizando los servicios del IP vistos en el capítulo 3. De esta forma se tiene un modelo de integración suficientemente abierto para cubrir las necesidades de cada aplicación sobre una base de comunicaciones estándar.

En el siguiente capítulo se estudian las consideraciones necesarias para implementar una aplicación de movilidad, partiendo del modelo propuesto en este capítulo para manejo de información sobre IP y considerando aspectos más prácticos para la selección de tecnologías de localización y de comunicaciones.

## Capítulo 5

# Consideraciones de diseño para aplicaciones de movilidad

### 5.1 Introducción

En el presente capítulo se hace un diseño para una aplicación que utiliza información de posición. Se describe su funcionamiento así como los criterios para seleccionar las tecnologías a utilizar, partiendo de la propuesta de manejo de información presentado en el capítulo anterior. Con esto se tiene ya resuelto el manejo de información y la integración, por lo que es posible centrarse en características más específicas de la aplicación y que es necesario considerar para una implementación futura.

Este capítulo complementa el modelo del capítulo 4 al analizar aspectos de diseño que surgen de la integración de tecnologías de comunicaciones y localización a las aplicaciones.

Para el diseño se propone la siguiente metodología, que será utilizada a lo largo del capítulo:

- Descripción de la aplicación
- Definición de requerimientos de localización
- Delimitación del área de trabajo
- Definición de la precisión requerida
- Selección del sistema de coordenadas a utilizar
- Caracterización del ambiente de trabajo.
- Definición de intervalo mínimo de actualización de información de posición
- Selección de tecnologías de localización
- Identificación del sistema de coordenadas utilizado por el sistema de localización
- Definición del mecanismo de conversión de coordenadas
- Selección de la tecnología de comunicaciones
- Definición de mecanismos de interacción entre tecnologías de comunicación y localización

Para la evaluación de la aplicación se tomarán en cuenta los siguientes puntos:

- Beneficios
- Costos

## 5.2 Descripción de la aplicación

Para la aplicación se propone un proyecto para una compañía de mensajería que le permita aumentar la eficiencia y mejorar el servicio, las características de la compañía son:

### **Empresa de mensajería:**

La empresa de mensajería “Paquetería Cuahnahuac” se encuentra en la Ciudad de Cuernavaca, donde tiene varias oficinas de servicio directo al cliente y almacenes que funcionan como estación intermedia para concentración y ordenamiento de los paquetes. Los paquetes que tienen que ser enviados fuera de la ciudad, y que son finalmente repartidos por empresas de mensajería en otras ciudades con las que se tienen acuerdos, se clasifican como foráneos. Los paquetes que tienen que ser entregados dentro de la ciudad se consideran paquetes locales.

### **Entrega de paquetes:**

La entrega de paquetes a los destinatarios se puede hacer en las oficinas de la mensajería o directamente en el domicilio establecido, dependiendo de la opción que se haya seleccionado al hacer el envío, siendo la última la más común. Se cuenta con cinco camionetas que cubren el área de reparto, estas unidades también realizan la recolección de paquetes.

### **Recolección de paquetes:**

Los paquetes se pueden entregar directamente en alguna de las sucursales, sin embargo la mensajería tiene el servicio de recolección de paquetes en el domicilio del cliente, para su envío a cualquier parte del país. En servicio urgente se garantiza recoger el paquete en un tiempo máximo de una hora después de que se ha solicitado el servicio.

### **Metodología:**

Al inicio del día las camionetas salen con un conjunto de paquetes a repartir en una zona específica cada una. Al conductor se le entrega una lista de direcciones agrupadas por colonias y calles de los destinatarios y otra para recoger paquetes, en cuanto termina el recorrido regresa a uno de los almacenes por otro grupo de paquetes. Cada camioneta realiza entre 2 y 6 recorridos de entrega.

### **5.2.1 Áreas de oportunidad**

La empresa desea hacer más eficiente el proceso de recolección y entrega de paquetes, esto mediante la eliminación de algunas deficiencias detectadas como son:

- Tiempos excesivos para entregas
- Dificultades para encontrar direcciones
- Uso de rutas ineficientes
- Falla en los tiempos de entrega
- Reclamos de los clientes

### 5.2.2 Propuesta de solución

Se propone un sistema de localización de vehículos y control desde una oficina central. Esto permite saber dónde se encuentra cada unidad en un momento determinado para optimizar el proceso de entrega y recolección, se lograrán los siguientes puntos:

- Controlar los tiempos y rutas que cubren las unidades de entrega y recolección.
- Saber dónde se encuentra cada unidad en un momento determinado.
- Tener comunicación directa con las unidades en todo momento.
- Detectar rutas anómalas o paradas excesivas.
- En caso de robo poder determinar la ubicación de la unidad.
- En caso de descompostura saber donde se encuentra el centro de servicio más cercano.
- Poner el sistema de rastreo disponible a cualquier lugar del país en caso de expansión del área de trabajo de la mensajería o como servicio a los usuarios.

El sistema de localización de vehículos se compone de tres elementos principales:

#### **Localizador**

Provee el servicio de posicionamiento con base en alguna de las tecnologías descritas en el capítulo 2. Los criterios de selección se hacen más adelante.

#### **Red de comunicaciones**

Permite que el vehículo pueda transmitir su posición y otra información a la estación base. De igual manera la estación base puede verificar el estatus del vehículo, enviar nuevas instrucciones y comunicarse con el conductor.

La red de comunicaciones provee además la posibilidad de tener la información de los vehículos disponible en cualquier lugar de país o del mundo mediante su integración a Internet, lo cual es muy directo al utilizar el modelo propuesto en el capítulo anterior para manejo de información.

#### **Estación central**

Es un sistema computacional con aplicaciones que manejan los reportes de información y las comunicaciones con los vehículos, además:

- Despliega los vehículos en un mapa
- Guarda información para un análisis posterior
- En base a la información toma decisiones en diversas condiciones.
- Hace interface con otros sistemas y aplicaciones.



### 5.3 Consideraciones de diseño

Existen varios aspectos a considerar en el diseño de una aplicación de localización. Concretamente en la localización de vehículos hay que tomar en cuenta el área de trabajo, la precisión requerida en posición y tiempo así como la interfaz que se le presenta al usuario final del sistema.

#### 5.3.1 Delimitación del área de trabajo

La principal zona de trabajo es la Ciudad de Cuernavaca y sus alrededores. En la Figura 5.1 se muestra la delimitación geográfica de la zona poblacional. Para el resto del Estado de Morelos y del país se trabaja en colaboración con otras filiales de la mensajería por lo que no son de interés para la aplicación.

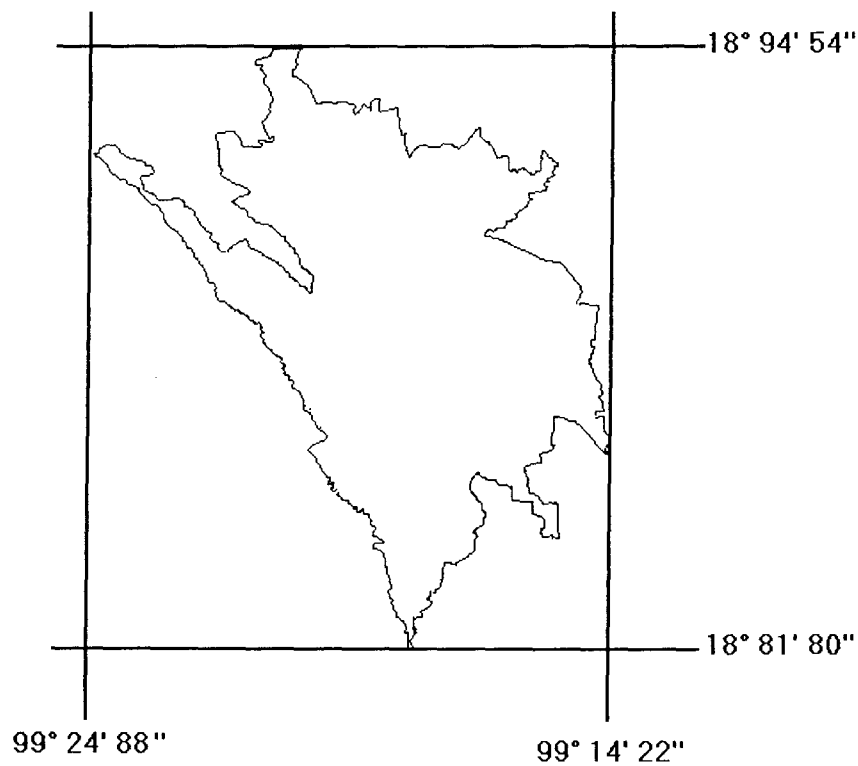


Figura 5.1 Mapa Poblacional de Cuernavaca [INEGI,2000]

#### 5.3.2 Definición de precisión requerida

A este respecto deben considerarse algunas cuestiones como ¿con qué precisión se necesita saber la localización del vehículo? ¿se necesita saber en qué calle está el vehículo, a que altura en la calle o también hay que saber de qué lado de la calle está estacionado? ¿es la misma precisión requerida cuando el vehículo está en reposo que cuando está en movimiento?

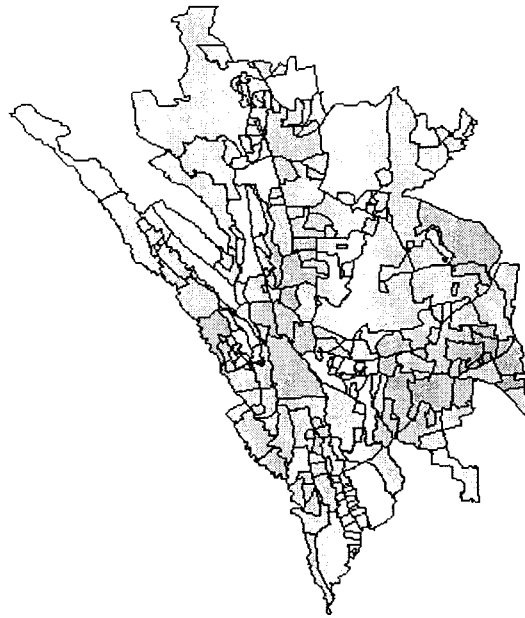
Dependiendo de la tecnología de localización a utilizar se puede obtener una precisión en la posición para áreas de esta naturaleza de hasta 2m (usando DGPS estándar se pueden obtener hasta menos de 1 metro de precisión), sin embargo dado que un vehículo de reparto mide 3 metros de largo o más, esta precisión sería exagerada. Para este caso, se puede trabajar con una precisión de  $\pm 10$  metros, ya que considerando la longitud del vehículo se tendría un error final de  $\pm 7$ m en reposo.

### 5.3.3 Sistema de coordenadas a utilizar

En un principio, la localización se hará con base en coordenadas geográficas terrestres utilizando el sistema WGS-84, debido a la extensión del área de trabajo. Aunque se puede utilizar un sistema referenciado solamente al mapa de la Figura 5.1, pudiendo seleccionarse el centro como el origen o cualquier punto arbitrario, es conveniente utilizar un sistema estándar que permita que el sistema pueda crecer y unirse a otros, por ejemplo podría considerarse el caso de que alguna mensajería quisiera implantar el sistema a nivel nacional, en cuyo caso al escoger el sistema WGS-84 no se tendrían problemas de compatibilidad de coordenadas.

Para el usuario final del sistema es necesario proporcionarle la información de manera tal que pueda entenderla. El decirle al controlador de las entregas que la unidad 5 se encuentra en la posición  $\langle 88^\circ 55'10'', 70^\circ 50'06'' \rangle$  difícilmente le proporcionará un dato útil. Es mejor decirle que la unidad se desplaza por la Avenida Morelos sur en dirección al centro a 40 Km/h o que se encuentra estacionada en la Unidad Teopanzolco. Para la aplicación no es importante saber que un vehículo se encuentra a 2.23 m hacia el sur de la entrada principal de Catedral, con saber que está frente a Catedral se tiene suficiente información. En la siguiente sección se revisan los distintos tipos de cartografías que pueden usarse y se hace una propuesta de selección.

Para la interfaz de usuario hay que dividir la ciudad en regiones que le sean significativas, además de que le permitan una rápida localización en la pantalla. Una posibilidad es dividir el área de trabajo en colonias y unidades habitacionales, que son más conocidas y fáciles de manejar que simples coordenadas (Figura 5.2). Entonces las coordenadas geográficas tendrían que convertirse a su equivalente de calles y colonias de la ciudad.



**Figura 5.2** Mapa de colonias y fraccionamientos de la ciudad de Cuernavaca.

#### 5.3.4 Mapas y cartografías

Existen muchas clases de mapas, dependiendo de la utilización que se le quiera dar y el tipo de información que ofrecen, sin embargo para la aplicación de localización además es importante la manera en que la información del mapa es representada, al igual que sus características de manejo e integración a un sistema de localización. El Instituto Nacional de Geografía e Informática provee diversos tipos de cartografías del territorio nacional y ciudades principales [IgTp,1998], con varias escalas. Los diferentes formatos cartográficos que se manejan son los siguientes:

##### Mapas de imágenes:

También conocidos como mapas raster o escaneados, los cuales son simplemente imágenes digitalizadas de mapas impresos, como ventajas tienen:

- Se encuentran disponibles de casi todos lados, aun de áreas aisladas.
- Fáciles de obtener de mapas impresos.
- Muestran características básicas del terreno como elevaciones y accidentes geográficos.

La desventaja de los mapas de imagen es que no proveen mucha flexibilidad para poder modificar su escala y que sigan siendo legibles, por lo que se necesita digitalizar imágenes para diferentes escalas. Además los mapas de imágenes requieren de mucho espacio para almacenamiento, aunque son fáciles de dibujar dado que utilizan formatos estándares de imágenes.

## Mapas de vectores

Son bases de datos de información de mapas, como nombres de calles, edificios, la longitud y latitud de las intersecciones, lugares de interés etc. El software que dibuja el mapa lo hace en base a esta información. Los mapas de vectores tienen muchas ventajas, entre ellas:

**Diferentes niveles de aumento:** Permiten manejarlos a diferentes niveles de aumento. Cuando se hace un alejamiento para ver una área mayor, sólo se muestran los caminos principales y se eliminan detalles como el nombre de calles. Conforme se hace el acercamiento se reduce el área y se aumenta el nivel de detalle.

**Características específicas:** Los mapas de vectores pueden contener cualquier tipo de información como la localización de monumentos, tomas de agua, paradas de autobús, semáforos, instalaciones telefónicas, etc. También se pueden incluir características de tráfico como el sentido de las calles, límites de velocidad, topes, etc.

**Georeferencia:** Dado que el mapa está referenciado con latitud y longitud es más fácil ligarlo con software de posicionamiento para determinar la localización de un objeto, así como los servicios más cercanos a su posición.

**Espacio de almacenamiento:** Los datos del mapa vectorizado ocupan menos espacio que los de imágenes respecto a la información que proporcionan, aunque pueden requerir de mayor capacidad computacional para ser reproducidos.

## Mapas Alfanuméricos:

Son descripciones en modo texto de los mapas, con los diferentes toponímicos ordenados por categorías, este tipo de mapas no proporcionan imagen alguna, generalmente sirven como índice para localizar un lugar de interés o dar instrucciones de cómo ir de un lugar a otro.

Los elementos que se describen en los mapas alfanuméricos son conocidos como toponímicos o accidentes geográficos. Los diferentes tipos son:

- Puntuales: son los que se describen por un par de coordenadas como una torre de microondas, una intersección o un monumento.
- Lineales: son representados por una secuencia de coordenadas, como una calle, avenida o río.
- Localizados: son aquellos que tienen una traza urbana delimitada, como una unidad habitacional o colonia, se representan por el centro geográfico y perímetro aproximado. También pueden ser representados por el toponímico más importante que contengan (un parque, edificio, laguna)

## Mapas híbridos

Son mapas de imágenes a los cuales se le agregan datos vectorizados y alfanuméricos para soportar características de geo-codificación. Generalmente estos mapas son de propósito muy específico y de carácter privado, sin embargo son más baratos que los vectorizados y más útiles que los de imágenes.

### Requerimientos cartográficos:

Para la interfaz de usuario de la aplicación se requiere un mapa de tipo híbrido, con datos vectorizados y alfanuméricos, con lo que se puede hacer la transformación de las coordenadas WGS-84 a colonias, calles y avenidas. La escala recomendable es de 1:20 000, donde un centímetro del mapa representa 200 metros sobre la superficie real (escala un poco mayor a la de la Guía Roji).

INEGI proporciona la información cartográfica requerida en forma de base de datos con un pequeño programa para su lectura, el costo de la información para la ciudad de Cuernavaca es aproximadamente de \$2,500.00 pesos. Tecnolider [Tecnolider,2000] también vende información cartográfica de la Ciudad con un costo de \$ 3500.00 USD. Esto hace la opción de INEGI más viable de utilizar.

### 5.3.5 Características del ambiente de trabajo

La aplicación es para vehículos que recorren largas distancias y se encuentran al aire libre. Aunque la Ciudad de Cuernavaca presenta muchas depresiones en su topología, se puede considerar como un plano dado que no hay posibilidad de que dos vehículos ocupen la misma latitud y longitud pero diferente altura. Otro aspecto importante es que en la ciudad existen pocos edificios altos por lo que se puede considerar que en cualquier calle o avenida se tiene línea de vista al cielo.

### 5.3.6 Intervalo mínimo de actualización

El intervalo de actualización de información establece con qué frecuencia se necesita saber la posición de los vehículos y qué tan actualizados deben ser los datos, ¿es necesario saber su la posición cada 5 segundos o cada minuto? Considerando que la velocidad máxima de un vehículo en la ciudad es de 60 Km/h si se escoge un intervalo de actualización de 1 minuto el vehículo puede estar a 1 Km de distancia de la última posición conocida.

También es importante notar que el tiempo de transmisión no es instantáneo, debido al retardo de transmisión, dependiendo del sistema, y aunque el vehículo reporte su posición cada segundo el tiempo para procesar tal información puede ser mayor.

Considerando que en una entrega o recolección promedio el repartidor se tarda 5 minutos interactuando con el cliente, es aceptable que el tiempo de actualización de información se haga cada minuto, y dado que el vehículo no está en movimiento durante

este tiempo se tendrá la localización exacta. Para el caso de que el vehículo esté en movimiento en el peor de los casos se tendrá un error de 1 a 2 km en la última medición, sin embargo dado que la mayoría del tiempo se circula en ciudad la velocidad será reducida y el error menor.

## **5.4 Tecnología de comunicaciones**

Se puede utilizar cualquier sistema de comunicaciones, la selección depende de qué tan frecuentemente se utilizará, el área de cobertura que provee, así como el costo. Es deseable que el sistema sea una red de comunicaciones estándar, que no quede obsoleta pronto, impidiendo que el sistema pueda crecer en servicios y futuras aplicaciones. De igual forma debe proveer la posibilidad de utilización de los servicios de redes IP, con la finalidad de poder utilizar el esquema propuesto en el capítulo anterior. Entre las opciones se encuentran:

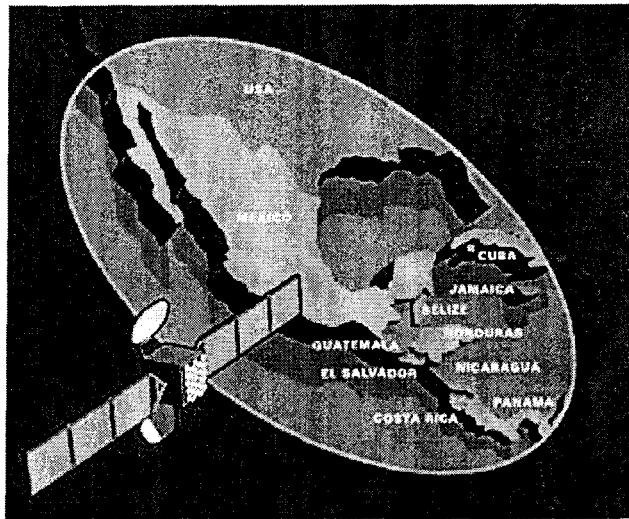
### **5.4.1 WAN móvil propietaria.**

Una opción sería implementar una red inalámbrica móvil propietaria, instalando puntos de acceso para red amplia en toda la ciudad, sin embargo la instalación de los dispositivos de recepción de WAN inalámbrico implica conseguir permisos para su colocación, además de un gran gasto en el propio equipo dadas las dimensiones del área a cubrir, por lo que en términos de tiempo de implementación y costo no resulta una opción viable. La ventaja que tendría implementar este sistema es que podría proveerse el servicio a otros usuarios.

### **5.4.2 Red Satelital**

Telecomunicaciones de México (TELECOM) cuenta con un sistema de comunicaciones vía satélite conocido como Movisat-Datos, cuya cobertura es de todo el país, parte de Estados Unidos y Centroamérica (Figura 5.3).

El sistema Movisat-Datos utiliza los satélites geoestacionarios Solidaridad, y cuenta con un centro de Control de Comunicaciones Móviles en la Ciudad de México. A través de las estaciones terrenas de Movisat-Datos los usuarios pueden enviar o recibir datos entre sí. También se pueden enviar mensajes a máquinas de fax, a PSDN y PSTN. El sistema puede proveer una dirección IP a cada equipo terrestre, ya sea móvil o fijo y la posibilidad de conexión directa a Internet.



**Figura 5.3** Área de cobertura del sistema Movisat-Datos

### 5.4.3 Red Celular

La Red de Comunicaciones del Sistema de Telefonía Celular tiene una infraestructura bien establecida, con diferentes coberturas, precios y servicios dependiendo de la compañía telefonica.

Para el presente trabajo se consultó la opción de contratar los servicios de transmisión de datos por la red celular Datacell, que forma parte del sistema Iusacell Digital. Cuenta con las siguientes características:

#### **Cobertura:**

Datacell funciona a nivel nacional. La red propiedad de Datacell cubre el centro de la república, mientras que el norte y el sur son cubiertos por AMCEL, con quien se tiene contrato para asegurar la cobertura nacional. En el presente caso sólo interesa la Ciudad de Cuernavaca, por lo que se utilizará puramente la red Datacell.

#### **Servicios:**

En el área de cobertura de DATACELL se cuenta con:

- El servicio de transmisión de voz, en un esquema normal de telefonía celular
- El servicio de transmisión de datos en base a Unidades de Transferencia de Datos (UDT), que son unidades de 10 segundos de utilización de la red celular.
- Velocidad de transmisión de datos de hasta 19.2 kbps.
- Conexión a redes TCP/IP y X.25
- Asignación de dirección IP al equipo móvil dentro de la red de Datacell.
- Capacidad para formar una subred dentro de Datacell.
- Conexión a Internet.
- Conexión a la red telefónica convencional

**5.4.4 Selección de tecnología**

La Tabla 5.1 muestra un comparativo de las tecnologías de comunicación, en base a la cual se selecciona la red celular debido a que provee el servicio en el área de interés y resulta la opción más barata, además de que brinda la posibilidad de crecer a otras regiones y ofrece conexión a redes IP.

Sistema	Cobertura	Costo	Ancho de banda	Conexión a redes IP	Observaciones
Lan Propietaria	Cuernavaca	No disponible	2 – 10 Mbps	Sí	Alto costo de implementación en tiempo y dinero.
Movisat	México, parte de EU y Centroamérica	5,000 USD de instalación y 2000 USD de Renta mensual	64 kbps – 2 Mbps	Sí	Brinda mucho más cobertura de la necesaria.
Celular	Cuernavaca y resto del país	Sin costo de contratación. \$0.32 pesos por UDT en plan a largo plazo (2 años)	19.2 Kbps	Sí	El costo está en función del tiempo de utilización. Contratación de servicio regional.

**Tabla 5.1** Comparación de las tecnologías de comunicación.

**Unidad de comunicaciones portátil**

Iusacell provee unidades portátiles con conexión a su red celular, los equipos van desde tarjetas PCMCIA para lap-tops hasta equipos de cómputo portátiles (hand helds). La compañía TrakStar ofrece sistemas para unidades móviles como camiones, autobuses o autos particulares que son compatibles con la tecnología de Iusacell. Precel comercializa el equipo de comunicaciones y de cómputo como un sólo sistema. Para el presente caso se selecciona el equipo FX2500-C [IusaWave,1999], que cuenta con los siguientes componentes:

- Tarjeta de comunicaciones celulares datos/voz
- Antena
- Micrófono y auricular miniatura (EarSet)
- Coraza con teclado
- Display de 500x400
- 2MB de memoria
- SO Windows CE
- Aditamentos para instalación



El equipo soporta servicios digitales estándares de telefonía, protocolos de corrección de errores (LAP-M, MNP- 2-4, MNP10), compresión de datos (V.42 bis, MNP5) y aceleración celular para voz (TX-CEL), comunes en la industria celular. La potencia de transmisión es de 0.6W y capacidad de transmisión de hasta 18 kbps.

**5.4.5 Conexión de redes**

Para el sistema de comunicaciones completo del sistema se aprovecharía la opción de crear una red virtual dentro del sistema Iusacell, asignando una dirección IP a cada unidad móvil.

El esquema se muestra en la Figura 5.4, con dos redes conectadas a través de un ruteador, por un lado la LAN IP del centro de monitoreo y control, y por el otro una subred IP dentro del sistema Iusacell.

De esta forma la red celular proporciona el medio físico de transporte entre las dos redes y cada una interactúa con la otra como con cualquier red IP.

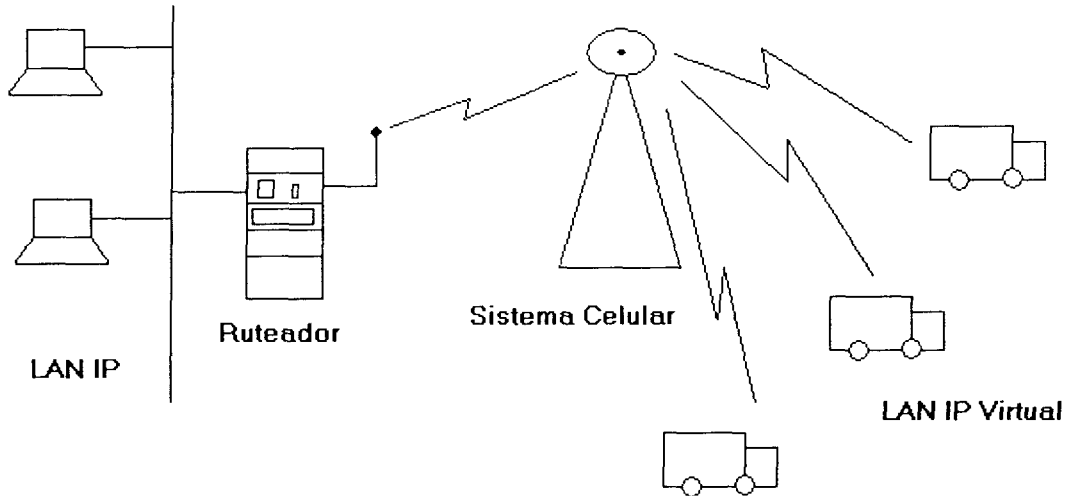


Figura 5.4 Esquema de conexión de redes

**5.5 Selección de tecnología de localización**

Debido al área que se quiere cubrir, que es del orden de una ciudad y áreas circunvecinas, y de acuerdo al cuadro comparativo presentado en el Capítulo 2, la opción más recomendable para utilizar como tecnología de localización es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Este sistema entrega la información en formato WGS-84 y funciona al aire libre, dado que los vehículos siempre tienen línea de vista con algún satélite el servicio siempre estará disponible. Un aspecto desfavorable son las depresiones geográficas, donde se puede tener línea de vista con sólo uno o dos satélites, en cuyo caso la adquisición de la posición se hará más lenta (idealmente se necesita línea de vista con 4 satélites).

### 5.6 Interacción entre los sistemas de comunicación y localización

Cada vehículo cuenta con una unidad de localización, por lo cual conoce en todo momento su posición. La unidad de procesamiento recoge la información de posición y la transmite al centro de control y monitoreo a través del sistema celular (Figura 5.5), este hace la transformación de coordenadas sobre el mapa de la ciudad y proporciona la posición alfanumérica para referencia rápida del operador central. Con la utilización del modelo propuesto en el capítulo anterior se obtiene el beneficio de poder conectar el sistema a Internet, lo que permite una futura expansión o la utilización de recursos de otras partes del país o del mundo.

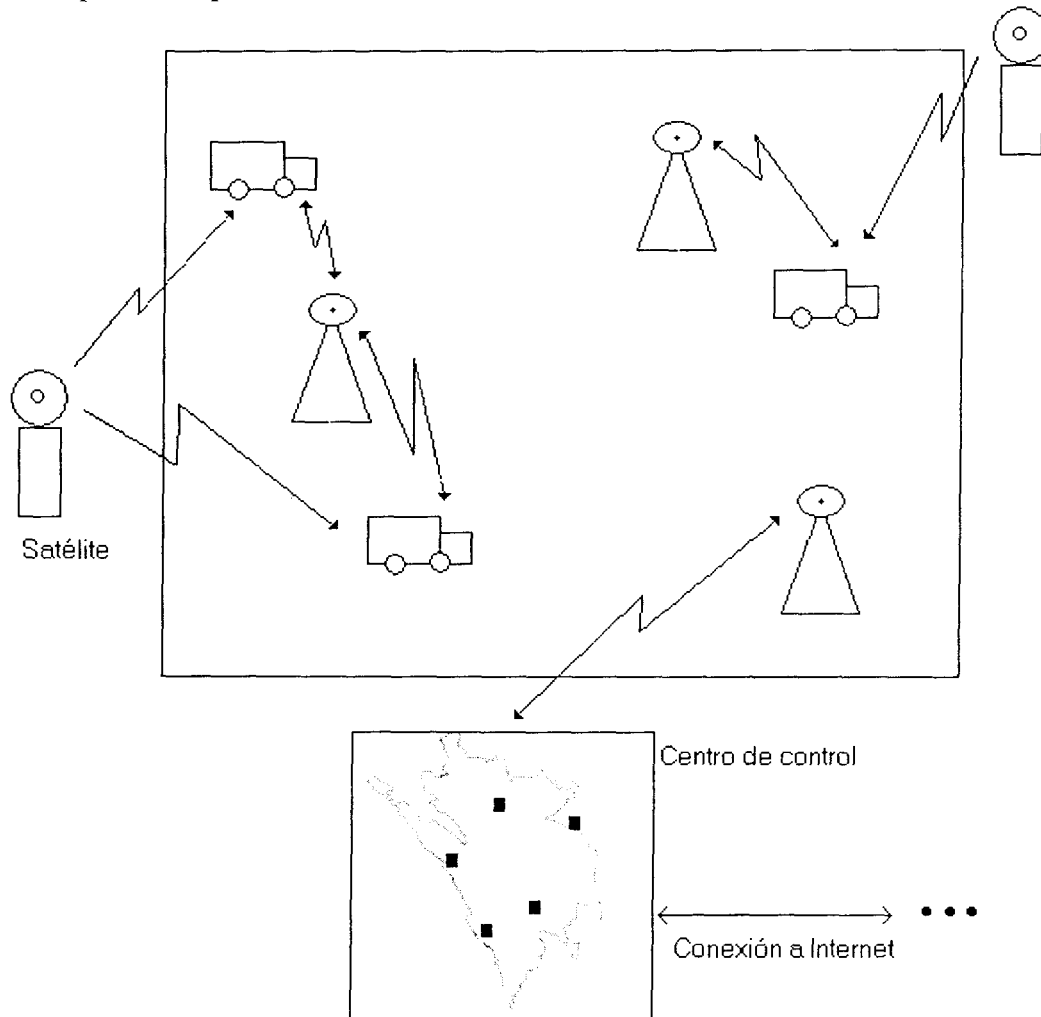


Figura 5.5 Interacción entre los sistemas

## 5.7 Estimación de costos

Componente	Proveedor	Costo
Unidad de cómputo portátil	Precel	\$ 700.00 USD
Unidad GPS	TrackStar	\$ 500.00 USD
Antena GPS	TrackStar	\$ 100.00 USD
Tarjeta de comunicaciones celulares	Datacell	\$ 350.00 USD
Antena Celular	Datacell	\$50.00 USD
Instalación	Precel	\$100.00 USD
<b>Total</b>		<b>\$1,800.00 USD</b>

**Tabla 5.2** Estimación de costos

El costo es por el equipo de un sólo vehículo equipado. También se debe considerar el costo de la estación central, el software y el uso de la red celular, el cual es un gasto constante.

### Tiempo aire:

Considerando un reporte por vehículo, con duración de 3 segundos una vez por minuto, se estarían consumiendo 18 UDTs por hora por vehículo. Para la flota completa de 5 unidades, con jornadas de 8 horas, 20 días al mes, se necesitarían 14,400 UDTs al mes. Cada UDT cuesta \$0.32 pesos [DtclIT,1999], dando en total de \$4,609.00 pesos de renta de tiempo aire al mes. Esto es sólo para transmisión de datos, si se quiere usar voz se estiman otros \$3,000.00 pesos de tiempo aire al mes.

## 5.8 Beneficios

Los beneficios que se obtienen de la implementación del sistema de localización de vehículos son:

### Rastreo de vehículos

Se puede saber dónde está cada vehículo en un momento determinado, así como medir los tiempos que el repartidor utiliza en actividades no relacionadas al trabajo.

### Ayuda a la navegación:

El despliegue de mapas en tiempo real permite al centro de control ayudar a los repartidores a pasar a través de lugares desconocidos, llegando al destino más rápido.

### Mensajes digitales

Se pueden enviar mensajes hacia y desde la unidad al centro de control sin necesidad de que el conductor este presente para recibirlos y sin riesgo de que el mensaje se pierda. Se puede tener confirmación del mensaje o solicitar más información. Se puede

enviar mensajes a todos, a una unidad o a algún grupo de unidades, además de que se puede llevar un historial de mensajes.

**Localización de centros de servicio:**

En el caso de una descompostura en los vehículos o accidente, el conductor puede saber rápidamente dónde se encuentra el taller u hospital más cercano a su posición.

**Planeación de rutas:**

Con la ayuda de un programa de optimización de rutas se puede calcular el trayecto más eficiente en términos de tiempo, combustible, seguridad u otras prioridades.

**5.8.1 Seguridad**

La seguridad de los vehículos, conductor y carga se puede mejorar al considerar algunas cuestiones en la implementación del equipo, como instalar las antenas de GPS y comunicaciones de manera que no sean fácilmente desprendibles. De igual forma es deseable instalar un sistema mínimo de respaldo en el caso de que la unidad de procesamiento principal de la unidad sea desconectada o deje de funcionar. Trackstar [Trackstar,2000] provee antenas que son empotradas en lugares estratégicos del vehículo (motor, dirección, caja de carga), además de cerraduras que pueden conectarse con el sistema de procesamiento, sistemas mínimos de respaldo, controles de encendido, dirección y suministro de combustible del vehículo, botones de pánico para el conductor, etc. estos dispositivos proveen ayuda en diversas eventualidades:

**Seguridad de la carga**

Se puede detectar si se abrió el compartimiento de carga en lugares no planeados, o si el vehículo está detenido en un lugar inusual.

**Robo:**

En caso de robo permite rastrear el vehículo con la seguridad de que los ladrones no podrán desactivar el sistema de manera rápida.

**Control a distancia:**

Algunas funciones del vehículo pueden ser controladas remotamente desde la central, se puede bloquear el acceso a la carga, activar el sistema de alarma, cortar el suministro de combustible, etc.

**Seguridad de los pasajeros:**

En el caso de una situación peligrosa o emergencia, el conductor puede activar el sistema de pánico presionando un botón, el cual reporta inmediatamente la condición de alarma y la posición del vehículo.

## 5.9 Conclusiones

Dados los servicios de localización y comunicaciones existentes actualmente y su disponibilidad al público en general, existe la posibilidad para realizar la implementación de una aplicación con información de movilidad, en este caso la de localización de vehículos, de manera confiable. Debido al precio de la implementación puede resultar poco atractivo ponerla en práctica, sin embargo se espera que los precios disminuyan al entrar en juego otras tecnologías en el área y más competidores de comunicaciones inalámbricas.

El basarse en el modelo propuesto en el capítulo anterior permite que el diseño de una aplicación de movilidad se centre en aspectos propios de la implementación y requerimientos como se hizo en este capítulo, a sabiendas que la interacción entre las tecnologías de localización y comunicaciones ya tienen un esquema de colaboración definido.

En este capítulo se analizaron características de integración y aspectos a considerar para una aplicación. Muchos de los conceptos vistos en este capítulo se aplican en general a las aplicaciones de movilidad y será necesario tomarlas en cuenta para realizar un diseño de implementación. Tales conceptos complementan el modelo de integración propuesto.

## Capítulo 6

# Conclusiones y trabajos futuros

### 6.1 Conclusiones:

En el desarrollo de esta tesis se revisaron los conceptos de movilidad y posicionamiento en redes, y se propuso un método básico de medición y cuantificación de la movilidad. También se realizó una revisión las tecnologías que pueden utilizarse y se propuso una arquitectura para el manejo de información de posición.

El trabajo en esta tesis es una base que aporta los elementos necesarios para llevar a la práctica aplicaciones que requieran información de posición, el cual es un campo que gradualmente requerirá más atención dado que algunas de las aplicaciones de movilidad se hacen cada vez más necesarias en las tareas cotidianas.

En un principio se había pensado en modificar el propio Protocolo de Internet para que incluyera información de posicionamiento y movilidad, sin embargo después de analizarlo y ver su funcionamiento se concluyó que la funcionalidad que provee como medio de transporte para datos permite establecer un modelo de Datos de Posicionamiento y Movilidad sobre IP. Dado que el IP está presente en muchos sistemas de comunicaciones y la tendencia en general es adoptarlo, el modelo propuesto en el capítulo 4 adquiere mayor validez y compatibilidad al trabajar sobre IP.

El diseño de una aplicación de movilidad requiere la conjunción de varios campos: comunicaciones, cómputo móvil, tecnologías de localización, Protocolo de Internet, Cartografía, etc. Y resulta interesante ver como interaccionan unos con otros para finalmente trabajar en conjunto y dar lugar a algo útil y práctico. Evidentemente cada campo evoluciona a su propio ritmo, y en un futuro las capacidades individuales serán más notables para el desempeño de las aplicaciones móviles.

La tarea de diseño se simplifica si ya se tiene establecido un modelo de intercambio de información ya que para cada aplicación se puede utilizar el mismo esquema, el cual es suficientemente general y a la vez completo para servir a las diversas las aplicaciones de movilidad.

## 6.2 Trabajos futuros:

La presente tesis presenta las bases para otras investigaciones que profundicen en algunos aspectos como son:

### **Extensión al modelo de movilidad:**

Como se presenta en el capítulo 2, el modelo de movilidad sólo considera la medición en función de la posición de los nodos, sin embargo se pueden considerar otros aspectos como ancho de banda, eficiencia, tasas de errores, y en general los diversos parámetros que definen las características propias de una red.

### **Caracterización de regiones para geocast:**

Es importante desarrollar una metodología para describir de manera precisa la región de interés y realizar intersecciones con el área de servicio y la región de ruteo para eficientar el proceso de geocast, considerando áreas definidas por polígonos irregulares que son más difíciles de manejar.

### **Integración de geocast al IP móvil:**

El IP móvil puede obtener muchos beneficios y mejoras en desempeño si se considera la implementación de mecanismos de geocast en el propio protocolo. De esta forma se puede desarrollar el concepto de Georuteo como los mecanismos necesarios para realizar un geocast, pero no desde el nivel de aplicación, sino en la capa de red, al mismo nivel que el unicast, broadcast y multicast.

### **Modelado de geocast**

Realizar un modelo computacional que sirva para evaluar el desempeño de una posible aplicación.

### **Caracterización de escenarios**

Definir parámetros de implementación de aplicaciones de movilidad en función de las necesidades de comunicación de la aplicación (es un caso diferente para un chat, multimedia, telnet, etc. )

## Glosario

Anycast	Envío de mensaje a un nodo cualquiera de un grupo definido
Broadcast	Envío de mensaje a todos los nodos de la red
DNS	Sistema de Nombres de Dominios
Geocast	Envío de mensaje a un área determinada.
GIS	Sistema de Información Geográfica
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
IETF	Fuerza de Trabajo de Ingeniería en Internet
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
IP	Protocolo de Internet
IPv4	Protocolo de Internet versión 4
IPv6	Protocolo de Internet versión 6
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados
LAN	Red de Área Local
Latitud	Distancia de un lugar al ecuador de la tierra, cuyo valor va de $-90^{\circ}$ a $90^{\circ}$
Longitud	Distancia de un lugar al primer meridiano terrestre, cuyo valor va de $-180^{\circ}$ a $180^{\circ}$
MANET	Red Móvil Ad Hoc
Movisat	Sistema de satélites de TELECOM.
Multicast	Envío de mensaje a un grupo de nodos en la red
PCMCIA	Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria para PCs
PSDN	Red de Datos Pública Conmutada
PSTN	Red Telefónica Pública Conmutada



---

TCP	Protocolo de Control de Transmisión
TELECOM	Telecomunicaciones de México
Toponímico	Accidente o característica geográfica representada en un mapa
Triangulación	Medición de la posición de un objeto en base a los ángulos respecto a referencias conocidas
Trilateración	Medición de la posición de un objeto en base a la distancia respecto a referencias conocidas
UA	Unidad de Acceso
UDP	Protocolo de Datagrama de Usuario
Unicast	Envío de mensaje a un solo nodo en la red
UP	Unidad Portátil
WAN	Red de Área Amplia
WGS-84	Sistema Geodético Mundial 1984

# Referencias y Bibliografía

- [ActiveBadge,2000] "The Active Badge System"  
<http://www.cam-orl.co.uk/ab.html>
- [AMPS,1996] "Advanced Mobile Phone Service"  
[http://www.ora.com/reference/dictionary/terms/A/Advanced\\_Mobile\\_Phone\\_Service.htm](http://www.ora.com/reference/dictionary/terms/A/Advanced_Mobile_Phone_Service.htm)
- [Anderson,1987] Anderson, P.  
"Performance of a Heavily Congested Two-Dimensional Cartesian Routing Communications Architecture", 1987  
<http://web.cs.city.ac.uk/bibliography/soi/entry/TCU/CS/1987/18>
- [ARPANET,1999] "The history of ARPA leading up to the ARPANET"  
<http://www.dei.isep.ipp.pt/docs/arpa--1.html>
- [Azarang, 1996] Azarang Mohammad,  
"Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos"  
McGraw Hill, 1996.
- [Banks,1984] Banks , Jerry, et al  
"Discrete-Event System Simulation"  
Prentice Hall, 1984
- [Bellamy, 1991] Bellamy, John  
"Digital Telephony"  
Wiley & Sons, 1991
- [Bfence,1999] "THRO-NU Boundary fence (GPS)"  
[http://www.nps.gov/gis/metadata/thro/north\\_unit/fencegps97.html](http://www.nps.gov/gis/metadata/thro/north_unit/fencegps97.html)
- [Borenstein,1996] Borenstein J, H. R. Everett, and L. Feng  
"Navigating Mobile Robots: Sensors and Techniques"  
Publisher: A. K. Peters, Ltd., Wellesley, MA,1996
- [Claiborne,1990] Claiborne, J. D.  
Mathematical Preliminaries for Computer Networking,  
John Wiley & Sons, 1990
- [CSO,1995] Coordinate Systems Overview  
<http://www.colorado.Edu/geography/gcraft/notes/coordsys/coordsys.html>
- [Chappe,1999] "Claude Chappe : 1763 – 1805"  
[http://www.cinemia.net/SFCV-RMIT-Annex/rnaughton/CHAPPE\\_BIO.html](http://www.cinemia.net/SFCV-RMIT-Annex/rnaughton/CHAPPE_BIO.html)
- [Cheshire, 1996] Cheshire, Stuart  
"Internet 4x4"  
Appears in the proceedings of SIGCOMM 1996. Stanford University.
- [Dana,1998] Dana, Peter H., "An Overview of the Global Positioning System (GPS)",  
<http://wwwhost.cc.utexas.edu/ftp/pub/grg/gcraft/notes/gps/gps.html> , 1998

- [DOM,1999] Edificios Inteligentes (Domótica)  
<http://www.tecnet.pt/dmn/dmn479.html>
- [DtelIT,1999] Datacell  
Carpeta de Referencia tarifaria de servicio  
Iusacell, División Datos, 1999
- [E911,2000] FCC ACTS TO REMOVE BARRIERS IMPEDING ENHANCED WIRELESS 911 SERVICE  
[http://www.fcc.gov/Bureaus/Wireless/News\\_Releases/1999/nrw19046.html](http://www.fcc.gov/Bureaus/Wireless/News_Releases/1999/nrw19046.html)
- [EDM,1998] ELECTRONIC DISTANCE MEASUREMENT  
<http://ceprofs.tamu.edu/rbruner/edm.htm>
- [EDNH,1999] "The Early History of Data Networks"  
[http://www.it.kth.se/docs/early\\_net/ch-1-2.html](http://www.it.kth.se/docs/early_net/ch-1-2.html)
- [Enriquez,1999] Enríquez Caldera, Dr. Rogerio  
Comunicaciones personales, Mayo - Noviembre, 1999
- [GLONASS,1999] "GLONASS HomePage"  
<http://mx.iki.rssi.ru/SFCSSIC/english.html>
- [Gómez, 1998] Gómez, Aguayo Abel  
"Modelo Adaptable de Enrutamiento de Paquetes en Redes Móviles Ad Hoc",  
Tesis de Maestría en Ciencias Computacionales,  
ITESM-Campus Morelos, Noviembre de 1998.
- [Goplal,1998] Goplal Dommetry, Raj Jain  
"Potential Networking Applications of Global Positioning Systems (GPS)"  
Research proposal submitted to the Department of Computer and Information Science  
from The Ohio State University. 1998
- [Govind,1992] Govind P. Agrawal,  
"Fiber Optic Communication Systems"  
Wiley & Sons Inc. 1992
- [GPSGIS,1999] Application of Remote Sensing GPS and GIS  
<http://www.agen.ufl.edu/~dkhona/gis/>
- [Huynh,1994] Huynh, Du  
"Feature-Based Stereo Vision on a Mobile Platform"  
<http://www.cs.uwa.edu.au/robvis/theses.html#DU>
- [IETF,2000] Active IETF Working Groups  
<http://www.ietf.cnri.reston.va.us/html.charters/wg-dir.html>
- [IgTp,1998] Diccionario de Datos  
Toponímicos  
INEGI, 1998
- [INEGI,2000] Cuernavaca, colonias y fraccionamientos  
<http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/fmor.html>
- [InterNIC,2000] "InterNIC"  
<http://www.internic.net/regist.html>

- [IPng,2000] IPNG (ipngwg)  
<http://www.ietf.cnri.reston.va.us/html.charters/ipngwg-charter.html>
- [IPv5,1996] Native ATM-Support in the Internet, ST2+ (IPv5)  
<ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc1819.txt>
- [IVHS, 1997] Decision-Theoretic Reasoning for Traffic Monitoring and Vehicle Control  
<http://www.redsword.com/GPS/apps/applications/ivhs.htm>
- [Jonson,1998] David B. Johnson "Mobility Support in IPv6"  
IETF Mobile IP Working Group - INTERNET-DRAFT  
Carnegie Mellon University, 1998  
<http://info.isoc.org/HMP/PAPER/042/html/paper.html>
- [Larsson,1999] Larsson, toy and Hedman Nicklas  
"Routing Protocols in Wireless Ad-hoc Networks. A Simulation Study"  
Master's thesis submitted to the Stockholm University of Technology, 1998
- [LEOSP,1999] LOW-EARTH ORBIT SATELLITE PROJECTS  
<http://www.satphone.com/lowearthorbit.html>
- [LORANC,1999] USCG Navigation Center LORAN-C  
<http://www.navcen.uscg.mil/loran/Default.htm>
- [LRN,1999] NIST LORAN-C Data Archive  
<http://www.boulder.nist.gov/timefreq/service/lorantrace.htm>
- [MANET,1999] "Mobile Ad-hoc Networks (manet)"  
<http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html> 1999
- [Martín,1994] Martín, James  
Local Area Networks, Architectures and Implementations, Second Edition  
Prentice Hall, 1994
- [Minasi,2000] Minasi, Mark  
Windows NT Server, seventh edition  
Chapter 14 - TCP/IP on Windows NT  
Sybex Inc. Press, 2000
- [MRN,1997] Mobile Robot Navigation  
[http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_97/journal/vol4/jmd/](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_97/journal/vol4/jmd/)
- [NAVGPS,1995] "NAVSTAR GPS"  
<http://www.spacecom.af.mil/usspace/gps.htm>
- [NAVSTAR,1999] "NAVSTAR GPS operations."  
<http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html> 1999
- [Netsizer,2000] "Evaluating the size of the Internet"  
<http://www.netsizer.com>
- [NGPS,2000] "NAVSTAR GLOBAL POSITIONING SYSTEM"  
<http://gps.laafb.af.mil/>
- [ngtrans,2000] IPng Transition (ngtrans) working group  
<http://www.6bone.net/ngtrans/>

- [Nobel,2000] GPS Improvement, Decision improves GPS precision  
<http://www.zdnet.com/eweek/stories/general/0%2C11011%2C2567816%2C00.html>
- [Parker,1996] Parker, Tim  
"Teach Yourself TCP/IP in 14 Days, Second Edition"
- [Pérez,1996] Pérez, S. "Cosideraciones de Diseño para una Red Móvil de Computadoras Utilizando la Banda L. Satelital", Tesis de Maestría en Ciencias Computacionales, ITESM-Campus Morelos, Diciembre 1996.
- [Pfinder,1995] "Pfinder, Real-Time Tracking of the Human Body"  
<http://fenn.www.media.mit.edu/vismod/demos/pfinder/>
- [PPO,2000] "Personal Portable Office : Nokia 2000i"  
<http://www.nokiausa.com/shopnokia/?body=%2Fphones%2F0%2C1003%2C%2CFF%2Ehtml%237100>
- [Prakash, 1999] Prakash Ravi  
"Unidirectional Links Prove Costly in wireless Ad-Hoc Networks"  
White paper from the Computer Science Program of the University o Texas at Dallas. 1999
- [RFC1190,1990] "Experimental Internet Stream Protocol, Version 2 (ST-II)"  
<http://www.andrew2.andrew.cmu.edu/rfc/rfc1190.html>
- [RFC1518,1993] "An Architecture for IP Address Allocation with CIDR"  
<http://andrew2.andrew.cmu.edu/rfc/rfc1518.html>
- [Robert,1998] "Sensor Driven Computing"  
Robert Ward, Andrew  
Ph. D. Dissertation submitted to de Corpus Christi Collegue  
University of Cambridge, August, 1998
- [SIPP,1994] "Simple Internet Protocol Plus (SIPP)"  
<http://town.hall.org/trendy/sipp/sipp-main.html>
- [Smartroom,1995] "Smart Rooms"  
<http://fenn.www.media.mit.edu/vismod/demos/smartroom/>
- [Stern,1999] From Stargazers to Starships, Parallax  
Stern , David P.  
<http://www-istp.gsfc.nasa.gov/stargaze/Sparalax.htm>
- [Stevens,1994] Stevens, W. Richard  
"TCP/IP Illustrated"  
Addison-Wesley, 1994
- [Tanenbaum,1997] Tanenbaum, Andrew S.  
"Computer Networks"  
Prentice Hall, 1997
- [Tecnolider,2000] "Tecnolider, software"  
<http://www.tecnolider.com/Software.htm>
- [TRANSIT,1999] "NavigationTRANSIT"  
<http://www.nfb.ca/FMT/F/MSN/04/4960.html>

- [Trax, 2000] "MICRO-TRAX Tracking and location Systems"  
<http://www.gcsd.harris.com/programs/microtrax/>
- [Tunneling, 1999] "IP Tunneling"  
<http://www.cs.hut.fi/~mart/seminar/ipinip/ppframe.htm>
- [ULS, 2000] "Ultrasonic Location Systems "  
<http://www.cam-orl.co.uk/bat/>
- [VTrk, 1997] "Intro to GPS Apps IVHS & Vehicle Tracking"  
<http://www.redsword.com/GPS/apps/applications/ivhs.htm>
- [Want, 92] Roy Want, Andy Hopper, Verónica Falcao and Jon Gibbons.  
"The Active Badge Location System"  
ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, No. 1, January 1992, pp 91-102.  
Technical Report 92.1
- [WAP, 2000] "Guide to wireless Internet"  
<http://www.wap.com/>
- [WGS84, 1999] "World Geodetic System 1984"  
<http://www.wgs84.com/>
- [Young, 1998] Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya,  
"Location-Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks",  
Paper from the 4th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and  
Networking (MOBICOM '98 in Dallas)



Centro de Informacion-Biblioteca



30002006011480