

# **IP MÓVIL PROTOCOLO TCP/IP PARA REDES MÓVILES PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CONECTIVIDAD CON WINDOWS NT**

**Ing. Yezid Enrique Donoso Meisel**

[ydonoso@guayacan.uninorte.edu.co](mailto:ydonoso@guayacan.uninorte.edu.co)

**Grupo de Redes de Computadores - Departamento de Sistemas y Computación  
Universidad del Norte  
Barranquilla, Colombia**

**Con la colaboración de:**

**Ing. Alvaro Rendon Gallon**

**Ing. Diego Andres Acosta**

**Grupo de Ingeniería Telemática - Universidad del Cauca  
Popayan, Colombia**

**Septiembre del 2000**

\* Proyecto apoyado y financiado por **COLCIENCIAS** (Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología)

## **RESUMEN**

Hasta el momento la versión actual de TCP/IP, proporciona un mecanismo para soportar los enrutamientos y ubicaciones de hosts por medio de direcciones IP estáticas; es decir para que un equipo sea encontrado en la red (Internet) debe tener siempre su dirección IP. Ahora, cuando se requiere que equipos se conecten a otra red es necesario reconfigurar su dirección a una nueva del estilo de la nueva red donde se encuentra conectado. Nuevas tendencias están tratando de mejorar y adecuar a las nuevas necesidades a este protocolo, tales como Ipv6 (nueva versión de TCP/IP) e IP Móvil, el cual es un protocolo que trabaja con Ipv4 e Ipv6 y que permite la movilidad de hosts a otras redes sin que ellos cambien su dirección original, por lo tanto mantienen su comunicación y contacto con las otras redes (Internet). Este artículo presenta a este protocolo con sus características y su funcionamiento.

**Palabras Claves:** IP Móvil, TCP/IP, Redes de Computadoras, Redes Móviles

## **1. INTRODUCCIÓN**

Desde sus inicios de TCP/IP como protocolo, sus especificaciones se centraron en la resolución de direcciones estáticas para los hosts. El presente artículo muestra una nueva tecnología a nivel de protocolo de Red para permitir la movilidad de los equipos de una red sin que estos pierdan su dirección original y que por lo tanto puedan seguir ofreciendo los servicios y recursos prestados.

## **2. FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO IP MÓVIL**

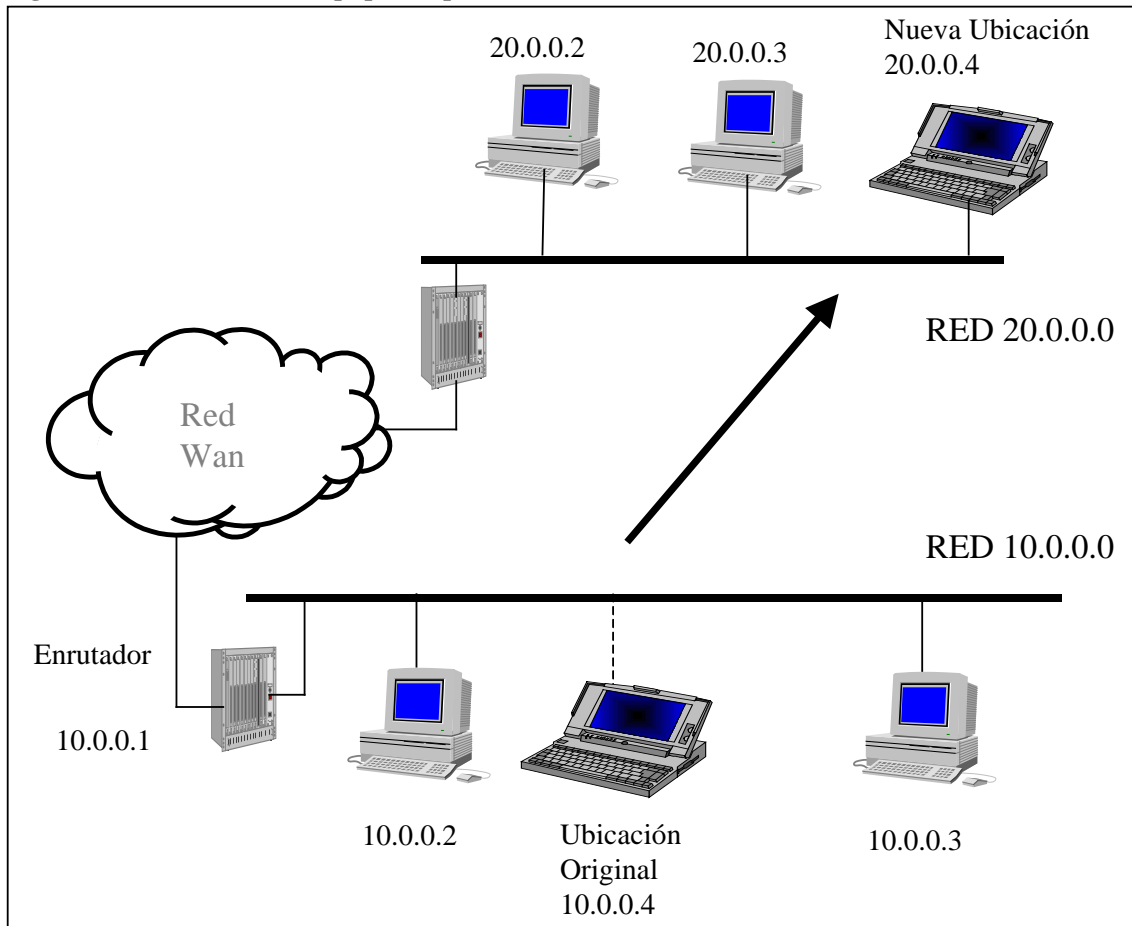
### **2.1. Generalidades**

Cuando un nodo que pertenece a una red y el cual se encuentra conectado por defecto a ella y decide moverse a otra red, es necesario que este equipo cambie su dirección IP a una dirección válida para esa nueva red en la cual se encuentra conectado. Cabe anotar que esta movilidad se maneja en el tercer nivel del modelo OSI es decir en el nivel de Red, es decir que el medio físico (UTP, Coaxial, Línea conmutada,

Línea dedicada, Microondas, etc.) y el nivel de enlace y acceso al medio es indiferente a esta conexión y a esta problemática.

Si algún equipo desea establecer conexión o utilizar algún servicio de ese equipo no lo encontrará debido a que esa dirección no se encuentra en Internet, y se asimilaría a que ese equipo no se encuentra en ninguna Red, lo cual es falso ya que el equipo como tal si existe, lo único es que su nueva dirección IP es diferente y esta asociada a la nueva red donde se encuentra conectado. Ver figura 1.

**Figura 1. Movilidad de un Equipo en Ipv4 Actual**



Este protocolo de IP Móvil presenta la solución de que el equipo que se traslado a otra red mantenga su dirección IP original y que por lo tanto si se pueda establecer conexión con este equipo en dondequiera que se encuentre ubicado.

## 2.2. Transmisión de Información al Nodo Móvil

Cuando el nodo móvil se ha trasladado a otra red o subred diferente de la original este debe registrarse mediante dos posibles mecanismos uno ante su *Home Agent* (Agente de Casa) o con un *Foreign Agent* (Agent Foráneo). Cuando el nodo móvil se encuentra registrado, proceso que será explicado posteriormente, se establece un túnel, el cual es el camino lógico para enviarle información desde la red original a través del *Home Agent*. El proceso que se sigue es el siguiente:

1. Un paquete es enviado al nodo móvil y llega a la red original mediante enrutamiento IP estándar.
2. El paquete es interceptado por el *Home Agent* en la red original del nodo y es enviado por el túnel a la dirección *Care-of Address*, la cual es la dirección que tiene actualmente el nodo móvil en la red donde se encuentra ubicado y la cual es en forma temporal a su tiempo de conexión.
3. El paquete es recibido al final del túnel y es entregado al nodo móvil.
4. Los paquetes que envíe el nodo móvil utilizará al *Foreign Agent*, si este se encuentra, o al enrutador por defecto mediante IP estándar.

### **2.3. Conexión de IP Móvil mediante Foreign Agent**

Cuando en la red destino de la nueva ubicación del nodo móvil se encuentra un agente foráneo (*Foreign Agent*) el registro de este se lleva a cabo mediante el *Foreign Agent* y es este el que le asigna la dirección IP perteneciente a esta nueva red sin perder su dirección original. El túnel para el envío de información hacia el nodo móvil se lleva a cabo entre el *Home Agent* y el *Foreign Agent*.

1. El nodo móvil 10.0.0.4 (que se encuentra en la red 10.0.0.0) se va a mover a la red 20.0.0.0
2. El nodo móvil llega a la red 20.0.0.0 y le envía un mensaje de solicitud de registro al *Foreign Agent*.
3. El *Foreign Agent* recibe la solicitud de registro y se la reenvía al *Home Agent*.
4. El *Home Agent* le responde al *Foreign Agent* por la petición realizada.
5. Si la respuesta es afirmativa, el *Foreign Agent* le asigna una dirección al nodo móvil llamada *Foreign Agent Care-of Address* y esta será su nueva dirección en su estancia en esta nueva red. La cual en este caso es 20.0.0.4.
6. Todo mensaje para el nodo 10.0.0.4 se realizará mediante el túnel establecido entre el *Home Agent* y el *Foreign Agent*.

### **2.4. IP Móvil con conexión directa al Home Agent**

Cuando la red destino del nodo móvil no presenta a un *Foreign Agent* es decir que no soporta la movilidad, el nodo móvil se registrará directamente con su *Home Agent* de su red original. Este funcionamiento presenta una ventaja y es que no se requiere de agentes que soporten movilidad en todas las redes, sino que únicamente es necesario que exista un *Home Agent* ya se puede llevar a cabo la movilidad de cualquier equipo que pertenezca a su red.

Observando la figura número 1 vamos a presentar como sería el funcionamiento cuando no existe un *Foreign Agent* en la red destino y por lo tanto se requiere de un Registro directo con su *Home Agent*.

1. El nodo móvil 10.0.0.4 (que se encuentra en la red 10.0.0.0) se va a mover a la red 20.0.0.0
2. El nodo móvil llega a la red 20.0.0.0 y obtiene una dirección IP temporal por medio de DHCP o de cualquier otro mecanismo externo a IP Móvil. La dirección que se le ha asignado en este ejemplo es la 20.0.0.4.
3. El nodo móvil le envía un mensaje de solicitud de registro al *Home Agent* y le informa su nueva dirección.
4. El *Home Agent* le responderá si fue o no aceptado su petición de registro.
5. En caso de ser aceptada su petición de registro, cualquier información que sea dirigida al nodo móvil se realizará mediante el túnel establecido entre el *Home Agent* y el Nodo Móvil a través de la Co-Located Care-of Address.

## **3. REGISTRO DE UN NODO MÓVIL EN UNA RED FORÁNEA.**

Para el protocolo IP Móvil se ha especificado el uso de UDP (User Datagram Protocol) a nivel de transporte y se ha escogido el puerto 434, como el puerto de conexión entre los diferentes mensajes que son requeridos para su funcionamiento.

### **3.1. Descubrimiento del Agente**

Este mensaje es enviado por el agente de movilidad y su función consiste en informar a los nodo móviles que se encuentran en su red acerca de los servicios y requerimientos que el presenta. Con este mensaje es que los nodos móviles detectan que se encuentran en una red foránea. Este mensaje es un ICMP Router Advertisement que ha sido extendido para soportar movilidad. El formato del mensaje es el siguiente:

**Figura 2. Formato mensaje Descubrimiento del Agente**

Nivel de Enlace	Nivel de Red	Mensaje ICMP	Advertisement Extension	Prefix Lengths Extension	One-byte Padding Extension
-----------------	--------------	--------------	-------------------------	--------------------------	----------------------------

### 3.2. Registro del Nodo Móvil

Como se ha mencionado anteriormente el registro del nodo móvil se puede realizar por medio de dos formas:

- Por medio del Foreign Agent (En caso de que este presente)
- Directamente con su Home Agent

El proceso de Registro se lleva a cabo en dos pasos, como se mencionó anteriormente:

- Petición de Registro por parte del nodo móvil (*Registration Request*)
- Respuesta a través del Foreign Agent o por el Home Agent directamente (*Registration Reply*)

El formato del mensaje Registration Request se presenta a continuación:

**Figura 3. Formato Mensaje Registration Request**

0	7	15	23	31				
TIPO	S	B	D	M	G	V	rsv	LIFETIME
HOME ADDRESS								
HOME AGENT								
CARE-OF ADDRESS								
IDENTIFICACIÓN								
EXTENSIONES ...								

Donde

- Tipo 1
- S Enlaces simultáneos
- B Broadcast datagrams

- D Decapsulation by mobile node
- M Minimal Encapsulation
- G GRE Encapsulation
- V Van Jacobson Header Compression
- Rsv Reservado (Ceros)

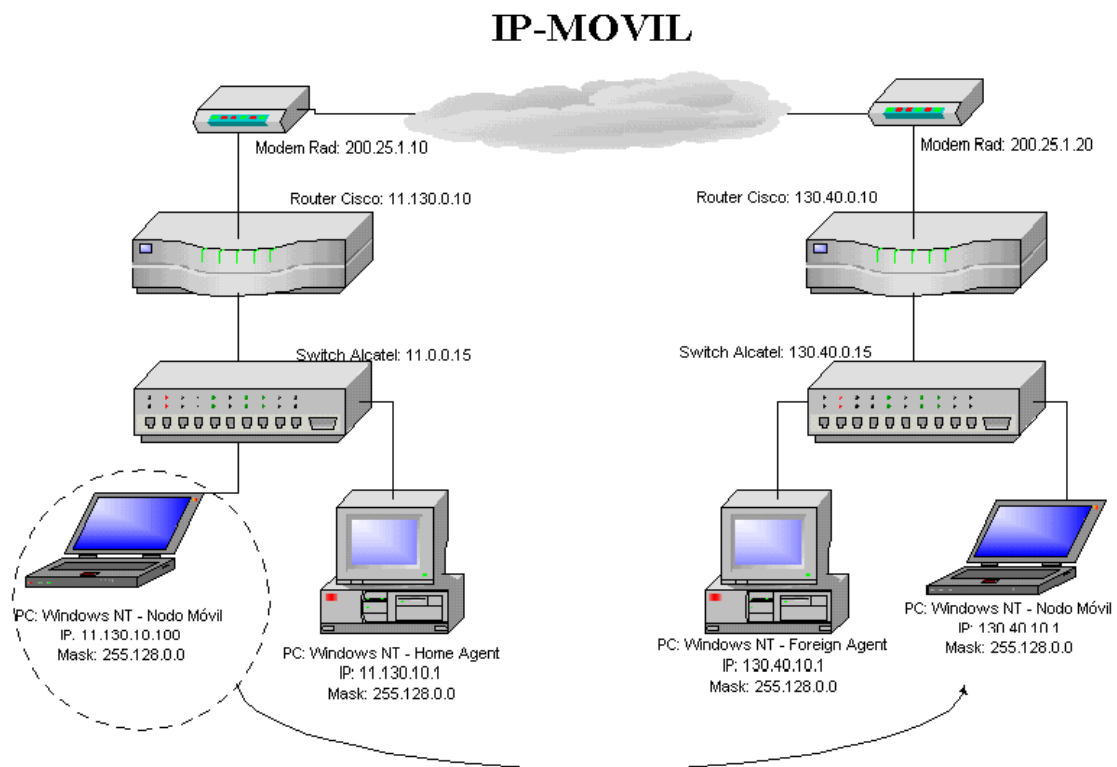
#### 4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se han realizado diferentes prototipos de funcionamiento y cabe destacar la utilización de los dos siguientes productos para pruebas académicas:

- Bajo ambiente Linux se encuentra la versión IPMovil 1.0.5 del Proyecto Stanford MosquitoNet.
- Bajo ambiente Windows NT se encuentra Roaming transparente de Internet usando Mobile IP, versión 2.1 bajo Windows NT de IKV++ GmbH.

En este caso se realizó las pruebas de funcionamiento de IP Móvil con Windows NT, la configuración fue la siguiente:

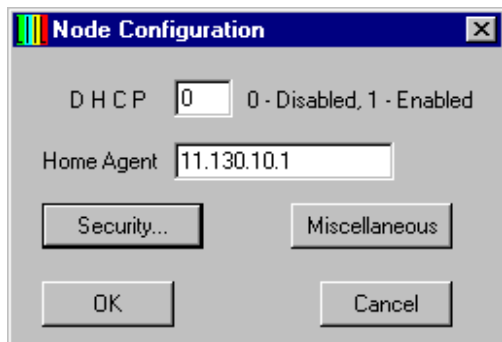
Figura 4. Configuración de la Red.



#### 4.1. Nodo Móvil

Los parámetros de configuración del Nodo Móvil se modifican al ejecutar la aplicación *config\_n.exe*.

Figura 5. Configuración del Nodo Móvil



Los valores significan lo siguiente:

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

- **0**, para deshabilitar el uso de un CoA (co-located) dirección.
- **1**, si un CoA se obtendrá de un servidor DHCP en la red foránea.
- Debe notarse que aunque si un co-located CoA es obtenida en la red foránea, el Foreign Agent (FA) es el responsable de actuar como enrutador entre el Nodo Móvil y el exterior (y viceversa).

Las pruebas se realizaron con ambos casos tanto con servicio DHCP como sin este servicio.

Luego, se deben definir las opciones de Seguridad entre el Nodo Móvil y el Home Agent.

El **SPI** (Security Parameter Index) es una cadena de caracteres numéricos que se utiliza como parámetro de seguridad (12345, en nuestro caso).

En el campo **IP Address** se ingresa la dirección IP del Home Agent (HA).

La **Secret Key** es una cadena de caracteres alfanuméricos usados como la llave de validación con el Home Agent (HA) o Foreign Agent (FA).

## 4.2. Home Agent y Foreign Agent

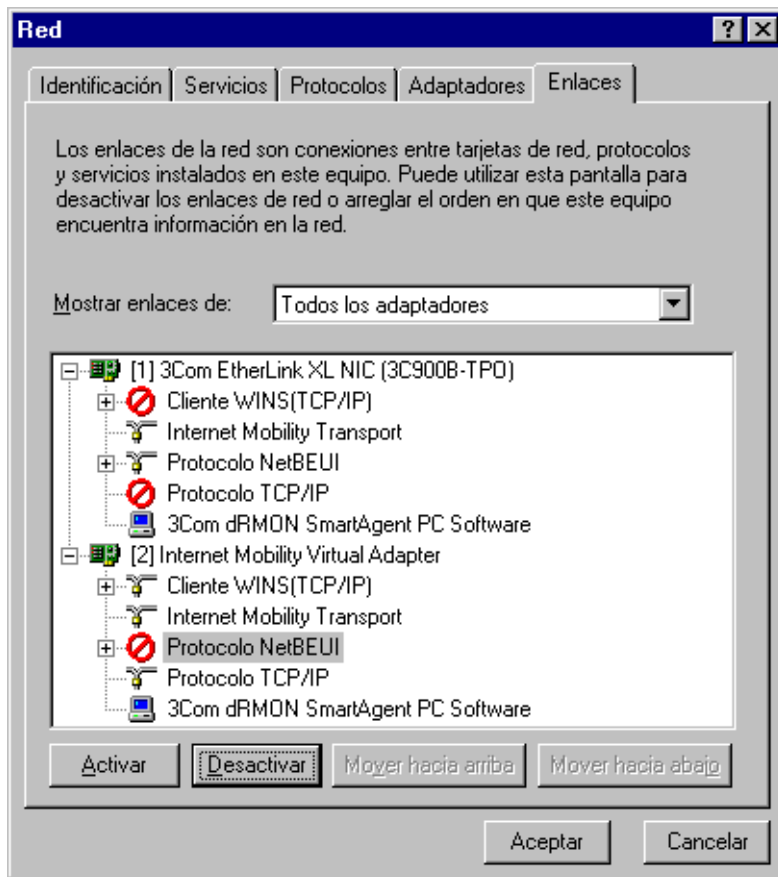
Los parámetros de configuración del Home Agent se modifican al ejecutar la aplicación *config\_r.exe*.

El valor del tipo de Agente pueden ser 1 para Home Agent, 2 para Foreign Agent y 3 para actuar como Home Agent y Foreign Agent al mismo tiempo.

De igual forma como el nodo móvil se debe definir los parámetros de seguridad entre el Home Agent (o Foreign Agent) y el Nodo Móvil.

El paso final consiste en configurar el protocolo en el Sistema Windows NT como aparece en la gráfica siguiente:

**Figura 6. Configuración del Protocolo**



En este caso es necesario desactivar el protocolo en la Interface de Red y Activarlo en el Adaptador de Movilidad, el cual va a servir como túnel para la transmisión de paquetes TCP/IP.

## 5. ANÁLISIS DE LA CONECTIVIDAD Y DEL RENDIMIENTO DE IP MÓVIL

En este proyecto se realizaron pruebas de conectividad con servidor DHCP y sin servidor. La diferencia exclusivamente se limitó a que con el servicio de DHCP la red foránea le asignó una dirección dinámica al equipo.

Los servicios que se probaron fueron los siguientes:

- FTP                      Protocolo de Transferencia de Archivos
- HTTP                    Servicios de Web
- PING                     Verificación de Conectividad
- TRACE                  Verificación de Rutas

Teniendo en cuenta que las redes locales son 10baseT y la conexión dedicada entre enrutadores es de 768kbps, se presentaron los siguientes resultados:

### Servicio FTP

#### *Red Local*

Tamaño Archivo	Taza de Transferencia	Tiempo de Transferencia
3,071,163 bytes	881.25 Kbytes	3.48 segundos

#### *Red Foránea*

Tamaño Archivo	Taza de Transferencia	Tiempo de Transferencia
3,071,163 bytes	91.27 Kbytes	33.65 segundos

En cuanto a la conectividad mientras no exceda el tiempo de timeout del servicio la conexión no se interrumpe de la movilidad. En cuanto al tiempo de respuesta, por obvias razones se demora más en la red foránea que en la red local, pero el servicio fue siempre el mismo y transparente para el cliente del servicio FTP.

### **Servicio HTTP**

Se realizaron pruebas de conectividad y continuidad en la transmisión para el protocolo HTTP mostrando resultados favorables y tiempos de respuesta óptimos tanto desde la Red Local como desde la Red Foránea.

### **PING**

Los tiempos de respuesta en los servicios de Ping fueron los siguientes:

#### ***Red Local***

#### **Tiempo de Transferencia**

**Menores a 10mseg**

#### ***Red Foránea***

#### **Tiempo de Transferencia**

**Entre 10mseg y 20mseg**

### **TRACE**

En cuanto al TRACE este fue el servicio particular donde se demostraba el proceso de túnel entre el Home Agent y el Nodo móvil localizado en la red foránea.

Definitivamente, en todos los servicios analizados se presentó continuidad y los tiempos de servicios siempre serán relativos a los anchos de bandas, demoras, entre otros, entre la red local y la red foránea.

### **Usuarios Potenciales y Conclusiones**

Después de analizar este protocolo y realizar las pruebas de conectividad y funcionamiento podemos presentar como conclusiones las siguientes consideraciones:

- Los usuarios potenciales que podría tener el uso de esta tecnología pueden ser:
  - Empleados que tengan a su disposición cotidiana el traslado de una entidad a otra y que disponga de un computador portátil y que se requiera de sus servicios en línea.
  - Entidades que ofrezcan productos variables de configuración.
- La importancia de establecer un protocolo que soporte que los equipos se cambien de red sin que pierdan los servicios que él estaba prestando.
- La importancia de un protocolo que permita que un equipo de se mueva de una red a otra sin que pierda su perfil y servicios de la conexión original a la que pertenece

### **Términos**

Nodo	Es cualquier host o enrutador
Nodo Móvil	Es un nodo que cambia su punto de conexión de una red o subred a otra
Home Agent	Es un nodo que se encuentra encargado de establecer el túnel Cuando un nodo de su red se ha movido a otra.
Foreign Agent	Es un nodo de la red visitante que presta los servicios de Movilidad mientras se encuentran registrados con él.
Care-of Address	Es el punto terminal para el nodo móvil cuando se le reenvían Mensajes en su ubicación. Existen dos tipos: Foreign Agent Care-of Address:



Es la dirección de un agente foráneo al cual el nodo móvil se encuentra registrado.

Co-located care-of address:

Es una dirección de la red local obtenida en forma externa mediante la cual este nodo se encuentra asociado a esta red. (Por ejemplo puede ser obtenida por DHCP)

Foreign Network Cualquier red diferente a la red original del nodo móvil.

Home Address Es la dirección de red original del nodo móvil.

Home Network Es la red original del nodo móvil

Mobility Binding Es la asociación de la Home Address con la care-of address

SPI Security Parameter Index : Es un índice de seguridad entre un par nodos.

## Referencias

### Internet Draft

[1] Perkins, C. IP Mobility for Ipv4, revised. Draft-ietf-mobileip-rfc2002-bis-00.txt. October 1999.

### RFC

Servidor de los artículos: [ftp.ietf.org](ftp://ftp.ietf.org) en el directorio rfc.

[2] Perkins, C.. IP Mobility suport. RFC 2002. October 1996.

[3] Postel, J. Internet Control Message Protocol, RFC 792. September 1981.

[4] Perkins, C. IP Encapsulation within IP, RFC 2003. October 1996.

[5] Stephen, E. ICMP Router Discovery Messages. RFC 1256. September 1991

[6] Stan Hanks. Generic Routing Encapsulation (GRE). RFC 1701. October 1994.

[7] Perkins, C. Minimal Encapsulation within IP. RFC 2004. May 1996.

### Software IP Móvil

MOSQUITONET PROJECT, <http://mosquitonet.stanford.edu>.

MOBILE COMPUTING, <http://www.ikv.de>