

Redes TCP/IP Móvil

Luis Marrone

LINTI – UNLP

8 de mayo de 2015

Estamos en:

1 Introducción

2 IP Móvil

3 IPv4 Móvil

4 IPv6 Móvil

5 TCP Móvil

6 Bibliografía

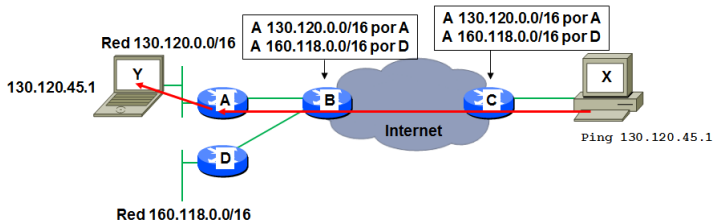
Redes Móviles vs. Redes Portables

- No confundir redes móviles con redes portátiles
- Una red portátil requiere conexión al mismo AP
- Una red móvil mantiene la conexión al cambiar de AP

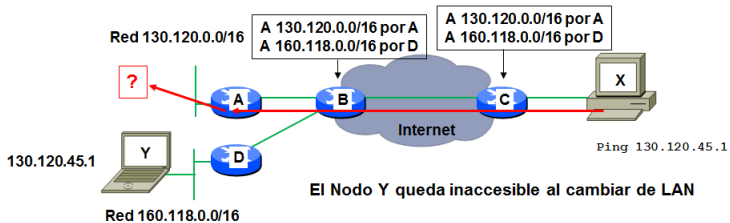
Movilidad – IP

- El uso de las direcciones IP contradice los requerimientos de movilidad
- Las direcciones identifican unívocamente a los usuarios
- Esa identidad define el ruteo resultante
- La movilidad cambia la identidad
- El usuario móvil o fijo necesita mantener su identidad para permanecer visible/alcanzable

X ejecuta ping a Y



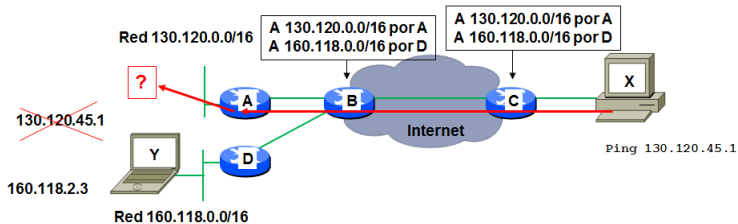
Y se desplaza



Soluciones a la portabilidad

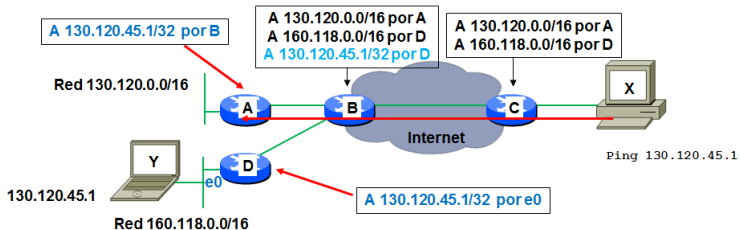
- DHCP
 - Y recibe una IP \in a la red visitada
- DNS dinámico
 - Y solicita al DNS principal de su dominio que asocie su nombre con la nueva IP

DHCP – DNS dinámico



Soluciones a la portabilidad

- Solución propietaria
 - CISCO: LAM (Local Area Mobility)
 - Incluir direcciones de host en las tablas de ruteo



Estamos en:

1 Introducción

2 IP Móvil

3 IPv4 Móvil

4 IPv6 Móvil

5 TCP Móvil

6 Bibliografía

Mobile IP

- Cubre portabilidad y movilidad
- Especificado en IPv4 e IPv6

IPv4	IPv6
RFC 2002 – 10/1996	RFC 3775 – 06/2004
RFC 3220 – 01/2002	RFC 6275 – 07/2011
RFC 3344 – 08/2002	
RFC 5944 – 10/2010	

Mobile IP

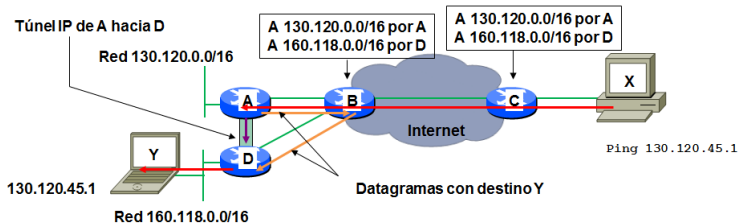
- Cubre portabilidad y movilidad
- Especificado en IPv4 e IPv6

IPv4	IPv6
RFC 2002 – 10/1996	RFC 3775 – 06/2004
RFC 3220 – 01/2002	RFC 6275 – 07/2011
RFC 3344 – 08/2002	
RFC 5944 – 10/2010	

Generalidades

- Confluyen tres mecanismos
 - 1 Descubrimiento de la red visitada
 - 2 Registro de la nueva ubicación del móvil
 - 3 Actualización del ruteo
- No se pierden las conexiones
- Depende de la velocidad del nodo móvil
- Depende del alcance del área de cobertura

Mobile IP en acción



Estamos en:

1 Introducción

2 IP Móvil

3 IPv4 Móvil

4 IPv6 Móvil

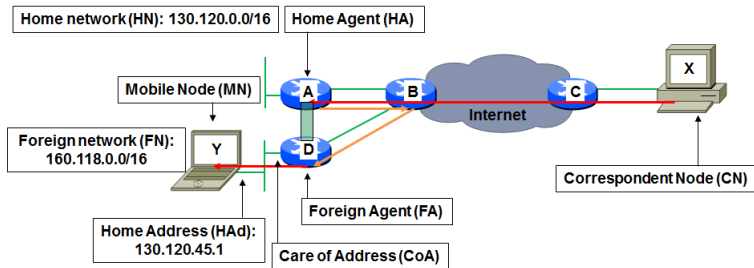
5 TCP Móvil

6 Bibliografía

Integrantes

- **Nodo Móvil(Mobile Node – MN)**
- **Red Nativa(Home Network – HN)**
- **Dirección Nativa(Home Address – HAd)**
- **Agente Local(Home Agent – HA)**
- **Red Visitada(Foreign Network – FN)**
- **Nodo Corresponsal(Correspondent Node – CN)**
- **Care of Address – CoA**

Integrantes ...



Servicios

- ❑ Descubrimiento de Agente
- ❑ Registro
- ❑ Descarte Silencioso

Resumen de operaciones

- ✓ Los agentes móviles se anuncian con Aviso de Agente o mediante Solicitud de Agente
- ✓ El nodo móvil determina si se encuentra en red nativa o de visita
- ✓ Si red nativa
 - Opera normalmente
 - Si de regreso anula el Registro con Solicitud de Registro – Respuesta de Registro
- ✓ Si red de visita obtiene CoA
- ✓ El nodo móvil registra el CoA con su agente local, intercambiando Solicitud de Registro – Respuesta de Registro
- ✓ El corresponsal envía normalmente los datagramas al nodo móvil
- ✓ Esos datagramas son interceptados por el agente local.
- ✓ El agente local los encapsula en un túnel con destino CoA
- ✓ El nodo móvil envía datagramas al corresponsal normalmente

Mecanismos y Mensajes de Mobile IPv4

Operación	Mecanismo
Descubrimiento de agentes(HA, FA)	ICMP y extensiones
Registro	UDP
Túnel	IP-en-IP Encapsulado mínimo GRE

Registro

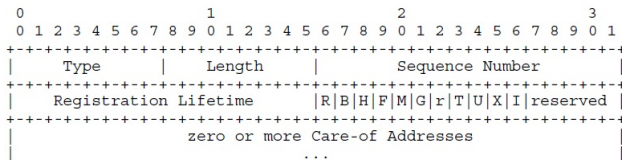
- ✓ Mensajes encapsulados en UDP
- ✓ Paradigma cliente servidor
- ✓ Port bien conocido 434
- ✓ Mensajes:
 - Solicitud de Registro
 - Respuesta de Registro

Descubrimiento de Agentes, HA, FA

- ✓ ICMP
- ✓ Aviso de Router
- ✓ Solicitud de Router
- ✓ Dos Tipos de Extensiones
 - ✓ Asociados a Control – UDP
 - ✓ Asociados a los de aviso – ICMP
- ✓ Tres formatos – según extensión

Descubrimiento de Agentes

✓ Aviso de Agente – Extensión del Aviso de Router de ICMP



- ✓ IP – TTL = 1
- ✓ Frecuencia de envío = 1/3 del tiempo de vida
- ✓ Frecuencia ajustada aleatoriamente

✓ Aviso de Agente – Extensión del Aviso de Router de ICMP

Type	Length	Reserved	Status
Registration Solicited	16	0	0
Advertisement	16	0	0
Reply	16	0	0
Registration Succeeded	16	0	0
Registration Failed	16	0	0
Registration Cancelled	16	0	0
Registration Revoked	16	0	0
Registration Rescinded	16	0	0
Registration Suspended	16	0	0
Registration Rejected	16	0	0
Registration Withdrawn	16	0	0
Registration Aborted	16	0	0
Registration Pending	16	0	0
Registration In Progress	16	0	0
Registration Completed	16	0	0
Registration Failed	16	0	0
Registration Cancelled	16	0	0
Registration Revoked	16	0	0
Registration Rescinded	16	0	0
Registration Suspended	16	0	0
Registration Rejected	16	0	0
Registration Withdrawn	16	0	0
Registration Aborted	16	0	0
Registration Pending	16	0	0
Registration In Progress	16	0	0
Registration Completed	16	0	0

✓ IP – TTL = 1

✓ Frecuencia de envío = 1/3 del tiempo de vida

✓ Frecuencia ajustada aleatoriamente

Type: 16 Length: La longitud de la extensión en bytes, a partir del Sequence Number Sequence Number: Representa el número de mensajes enviados desde que se activó el agente Registration Lifetime: El tiempo de vida máximo que este agente aceptará en el pedido de registro recibido. R: Se requiere registro B: Ocupado. El agente no acepta más pedidos de registro H: El agente que envía este mensaje actúa como agente local (HA) F: Ídem para el caso que actúe como agente extranjero (FA) M: Recibe datagramas provenientes de túneles con encapsulamiento mínimo. G: Acepta datagramas provenientes de túneles con encapsulamiento de ruteo genérico (GRE). r: Fijo en 0 T: Soporta túnel inverso U: Soporta túnel de UDP X: El agente soporta revocación de registro I: El agente soporta registro regional reserved: Por el momento sin uso, se transmiten los bits en 0

Registro

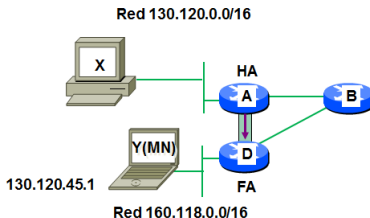
- ✓ El nodo móvil anuncia su ubicación
- ✓ Renueva su registro
- ✓ Anula el registro
- ✓ Descubre su dirección nativa
- ✓ Mantener múltiples registros simultáneos
- ✓ Anular parcialmente los registros
- ✓ Descubrir la dirección del Agente local

Registro en Acción



Algunos Inconvenientes

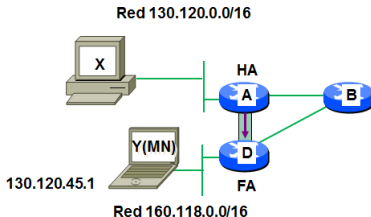
Corresponsal en la misma red que el móvil



- ✓ Los datagramas enviados por Y a X llegarán sin inconvenientes
- ✓ Los datagramas que X envíe a Y no llegan
- ✓ Y aplicará direccionamiento directo al \in Y a la misma red

Algunos Inconvenientes

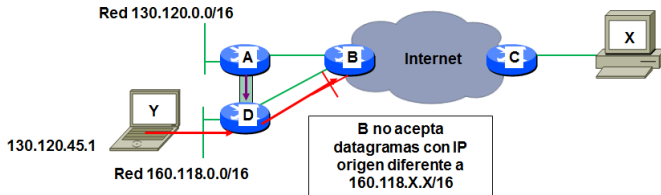
Soluciones



- ✓ “Proxy ARP” en HA
- ✓ “ARP gratuito” por parte de HA
 - HA envía un ARP broadcast: MAC Y – CoA

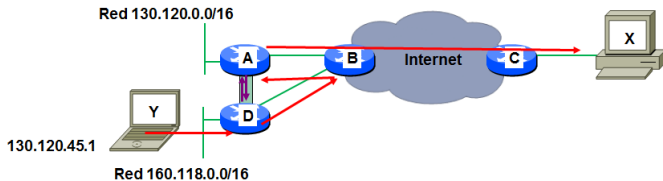
Algunos Inconvenientes

Firewalls – Listas de Acceso



Algunos Inconvenientes

Soluciones – Firewalls – Listas de Acceso



✓ Túnel FA → HA – D ⇒ A

✓ Observación:

- Paso obligado por B
- Ruteo no óptimo

Redes Móviles

Nodo Móvil se conecta a una red móvil

- ✓ Y viaja en tren (T) con servicio de IP Móvil
- ✓ Y se registra con CoAT
- ✓ El Home Agent de Y (HAY) actualiza su tabla
- ✓ El tren se registra con un FAD (Foreign Agent Disponible), según su marcha, con CoAD
- ✓ El corresponsal X envía un datagrama a Y
- ✓ El datagrama es ruteado a la red fija de Y
- ✓ El HAY lo encapsula con el CoAT
- ✓ El datagrama llega a la red fija de T
- ✓ Lo captura el HAT y lo encapsula con el CoAD
- ✓ El FAD lo desencapsula y lo envía al FAT
- ✓ El FAT lo desencapsula y lo envía a Y

Estamos en:

1 Introducción

2 IP Móvil

3 IPv4 Móvil

4 IPv6 Móvil

5 TCP Móvil

6 Bibliografía

Generalidades

- * RFC 3775 – junio 2004
- * RFC 6275 – julio 2011
- * Participan:
 - Neighbour Discovery (RFC 4861)
 - Autoconfiguración sin memoria (RFC 4862)
- * Corresponsal \Rightarrow Nodo Móvil – Direccionamiento tradicional
- * Nodo Móvil \Rightarrow Corresponsal:
 - No se requiere FA para obtener el CoA
 - Autoconfiguración y Neighbour Discovery lo suplen

Generalidades...

* Mejoras de ruteo

- Extensiones de header para que el nodo móvil actualice el “binding” al corresponsal antes de su desplazamiento
- Extensiones de header con opciones de ruteo para evitar túneles

* Independencia del nivel de enlace al utilizar Neighbour Discovery (Nivel de Red) en lugar de ARP(Nivel de Enlace, aprox)

Operación básica de IPv6

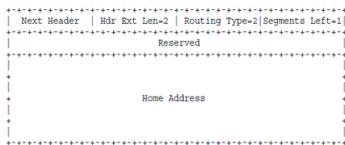
* Túnel bidireccional

- No necesita soporte del correspondal
- Los datagramas se encapsulan desde el nodo móvil al HA
- El HA recurre al Neighbour Discovery para interceptar los datagramas destinados al nodo móvil

Operación básica de IPv6

* Ruta óptima

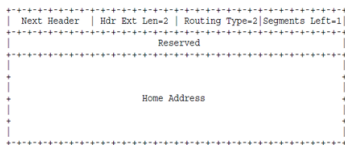
- El nodo móvil registra su CoA con el corresponsal
- Los datagramas desde el corresponsal se enrutan directamente al CoA del móvil
- El corresponsal acude a la extensión de ruteo tipo = 2
- La ruta óptima queda asegurada
- La extensión utilizada permite incorporar la dirección nativa del móvil



Operación básica de IPv6

* Ruta óptima

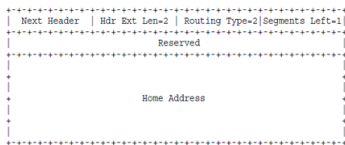
- El nodo móvil registra su CoA con el corresponsal
- Los datagramas desde el corresponsal se enrutan directamente al CoA del móvil
- El corresponsal acude a la extensión de ruteo tipo = 2
- La ruta óptima queda asegurada
- La extensión utilizada permite incorporar la dirección nativa del móvil



Operación básica de IPv6

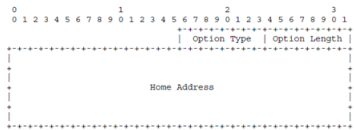
* Ruta óptima

- El nodo móvil registra su CoA con el corresponsal
- Los datagramas desde el corresponsal se enrutan directamente al CoA del móvil
- El corresponsal acude a la extensión de ruteo tipo = 2
- La ruta óptima queda asegurada
- La extensión utilizada permite incorporar la dirección nativa del móvil



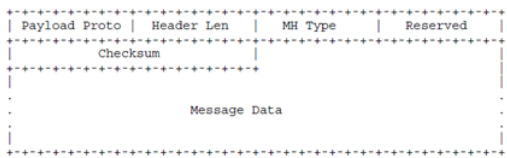
Operación básica de IPv6

* Extensión de Opción Nativa, type = 201



Operación básica de IPv6

- * Extensión de Movilidad, type = 135
- * Utilizada por los correspondientes, nodos móviles y home agents
- * Mensajes de “bindings”



- * Extensión de Movilidad, type = 135
- * Utilizada por los correspondientes, nodos móviles y home agents
- * Mensajes de "bindings"



Payload Proto: Identifica el tipo de header que sigue a esta extensión. Serán los headers de IPv6 tradicional. Header Len: La longitud del header en unidades de 8 bytes. MH Type: Identifica el mensaje de movilidad particular que transporta. Reserved: para uso futuro. Checksum: Con una operatoria similar a la de IP conocida y con el agregado de un pseudo header con componentes relevantes del header del datagrama [RFC 2460] Message Data: Contiene el dato acorde con tipo de header mobility que le corresponde. Entre los varios tipos de mensajes de movilidad que transporta tenemos: Home Test Init, Home Test, Care-of Test Init, Care-of Test. Mensajes que le permiten al nodo correspondiente verificar la ubicación del nodo móvil. Es decir verificar el CoA asociado con la dirección IP del nodo móvil

ICMPv6 en IP Móvil

- * Nuevos mensajes enviados por el nodo móvil y home agent
 - Home Agent Address Discovery Request
 - Home Agent Address Discovery Reply

- * Nuevos mensajes enviados por el nodo móvil y su home agent
 - Mobile Prefix Solicitation
 - Mobile Prefix Advertisement

Seguridad en IPv6 Móvil

- * Protege:
 - Actualizaciones de “binding”
 - Aviso de prefijos
 - Transporte de datos
 - Alcance sobre nodo móvil, corresponsal y home agent
- * El nodo móvil y el home agent utilizan IPsec – ESP en modo transporte
- * Las actualizaciones a los corresponsales van por mensajes de ruteo(RFC 4225)

Estamos en:

1 Introducción

2 IP Móvil

3 IPv4 Móvil

4 IPv6 Móvil

5 TCP Móvil

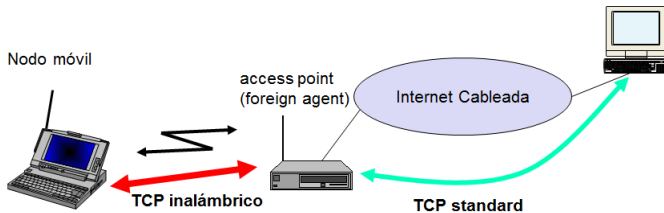
6 Bibliografía

Generalidades

- * Control de congestión afecta la performance
- * “Slow Start” disparado por RTO
- * En redes fijas alta probabilidad que el RTO expire por congestión
- * En redes móviles mayor probabilidad de pérdida con disparo del RTO en ausencia de congestión
- * Debido al enlace inalámbrico y su método de acceso
- * Debido a la propia movilidad

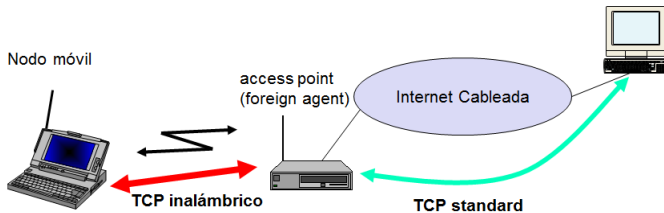
I-TCP (TCP Indirecto)

- * Divide la sesión en parte fija/estándar y parte móvil/inalámbrica



I-TCP (TCP Indirecto)

- * Divide la sesión en parte fija/estándar y parte móvil/inalámbrica

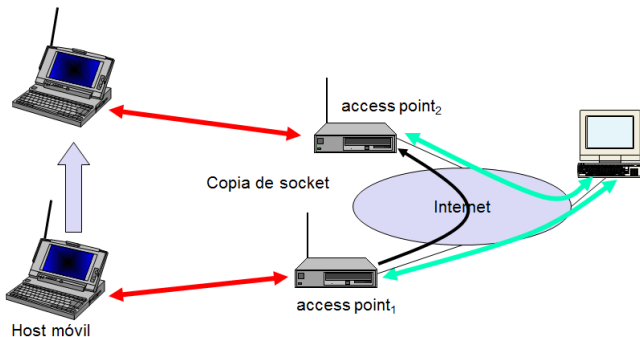


I-TCP en acción

- * El AP actúa como proxy de TCP
- * El AP es el nodo móvil para el corresponsal
- * El AP es el nodo fijo para el móvil
- * El corresponsal no percibe el enlace inalámbrico
- * El FA despacha los segmentos en ambas direcciones
- * Los datagramas transmitidos por el corresponsal son validados por el FA y éste los transmite al móvil
- * El nodo móvil lo recibe y lo valida
- * La validación queda en el FA.
- * En sentido contrario lo mismo

I-TCP Tareas adicionales

- * Desplazamiento del nodo móvil con “handover”
- * El AP almacena los datagramas a retransmitir temporariamente
- * El nodo móvil se registra en el nuevo AP
- * El nuevo FA avisa al anterior de la nueva ubicación
- * Se traslada al nuevo FA el “socket”



I-TCP – Ventajas

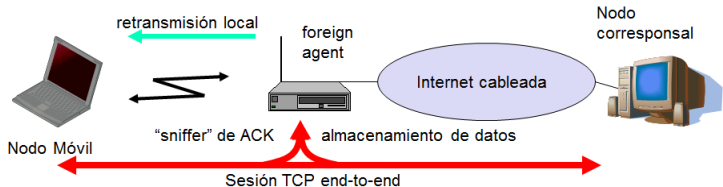
- ✓ Los errores de transmisión de un sector no se transfieren al otro
- ✓ No requiere cambios de TCP en aquéllos que no participan de la conexión
- ✓ Los cambios se dan en actores que no están vinculados a Internet
- ✓ Update de protocolo en ambas zonas. FA \longleftrightarrow “Gateway”

I-TCP – Desventajas

- ✓ La pérdida de la sesión puede generar problemas si FA sale de servicio
- ✓ La división no es visible para el corresponsal. Una caída en el AP provocará la caída de la sesión sin motivos para el corresponsal
- ✓ El FA debe integrarse a la infraestructura de seguridad

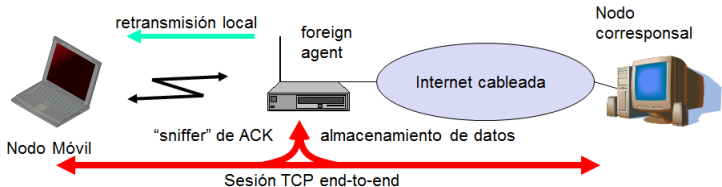
Snoop TCP

- * Modalidad transparente
- * Mantiene la sesión end-to-end
- * Almacena temporariamente los datagramas en un “buffer” para retransmitirlos en caso que haga falta
- * Reside en el FA del nodo móvil



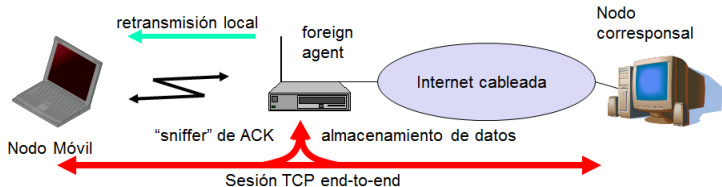
Snoop TCP

- * Modalidad transparente
- * Mantiene la sesión end-to-end
- * Almacena temporariamente los datagramas en un “buffer” para retransmitirlos en caso que haga falta
- * Reside en el FA del nodo móvil



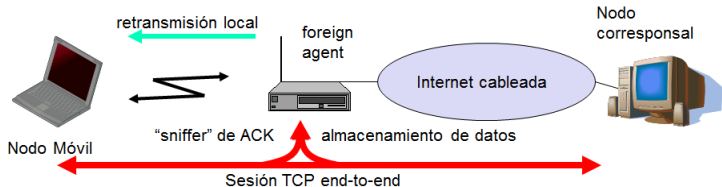
Snoop TCP

- * Modalidad transparente
- * Mantiene la sesión end-to-end
- * Almacena temporariamente los datagramas en un “buffer” para retransmitirlos en caso que haga falta
- * Reside en el FA del nodo móvil



Snoop TCP

- * Modalidad transparente
- * Mantiene la sesión end-to-end
- * Almacena temporariamente los datagramas en un “buffer” para retransmitirlos en caso que haga falta
- * Reside en el FA del nodo móvil



Snoop–TCP Operatoria

Datos del corresponsal al nodo móvil

- ✓ El FA almacena los datos
- ✓ Los descarta cuando recibe el ACK del nodo móvil
- ✓ Monitorea el tráfico en ambos sentidos
- ✓ Análisis particular de los ACK
- ✓ Frente a ACK repetidos que evidencian la pérdida de segmentos los captura/filtra y procede a la retransmisión

Snoop–TCP Operatoria

Datos del nodo móvil al corresponsal

- ✓ El FA revisa si se perdió un segmento
- ✓ Si detecta la pérdida envía un **NACK** al nodo móvil
- ✓ El nodo móvil retransmite inmediatamente el segmento

Snoop-TCP – Ventajas

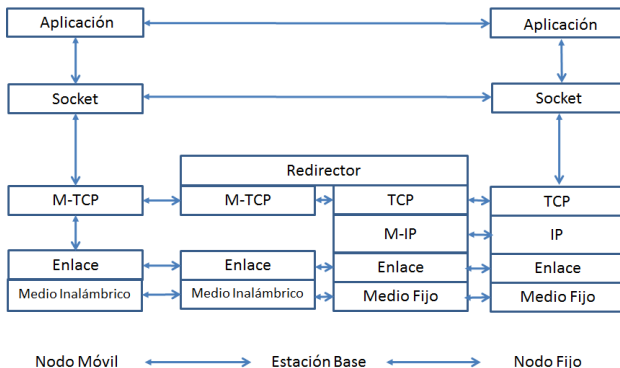
- ✓ Mantiene la sesión TCP end-to-end
- ✓ No requiere cambios en el correspondal
- ✓ No requiere actualización de estado si el nodo móvil se desplaza a otro FA
- ✓ Si el nuevo FA no soporta este mecanismo se pasa a operar en TCP estándar

Snoop–TCP – Desventajas

- ✓ El enlace inalámbrico es visible para el correspondiente
- ✓ Incorporación del **NACK** a los AP y nodos móviles
- ✓ Si se trabaja con IPsec en la modalidad de Security Payload, la retransmisión por parte del FA se puede entender como ataque de “replay”
- ✓ La seguridad debe subir de nivel

MTCP–Mobile TCP

- * Protocolo que emula la funcionalidad de TCP entre el nodo móvil y el fijo
- * Presente en el segmento directo entre el AP y el nodo móvil
- * Escenario de un nivel de enlace
- * Divide en tramo fijo y tramo inalámbrico
- * Optimiza el tramo inalámbrico



MTCP–Características

- * Elimina el procesamiento IP
- * Elimina mecanismos de control de congestión
- * Pasa a ser control de flujo
- * Compresión del encabezado
- * Técnicas de recuperación optimizadas
- * No hay ventana en el segmento inalámbrico
 - En el tramo inalámbrico los segmentos llegan en orden
 - Técnicas de recuperación sencillas
 - Validaciones selectivas, **SACK**

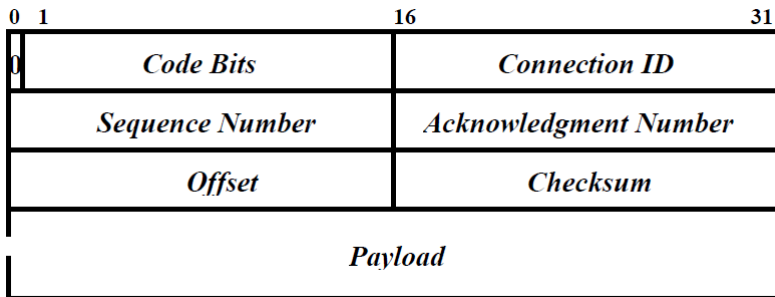
MTCP – Estructuras de Datos

Paquete de Control

01	16	31
1	<i>Code Bits</i>	<i>Connection ID</i>
	<i>Sequence Number</i>	<i>Acknowledgment Number</i>
	<i>Reverse Connection ID</i>	<i>Checksum</i>
	<i>Max Buffer Size</i>	<i>Maximum Packet Size</i>
	<i>Destination Port</i>	<i>Source Port</i>
<i>Destination IP Address</i>		
<i>Source IP Address</i>		

MTCP – Estructuras de Datos

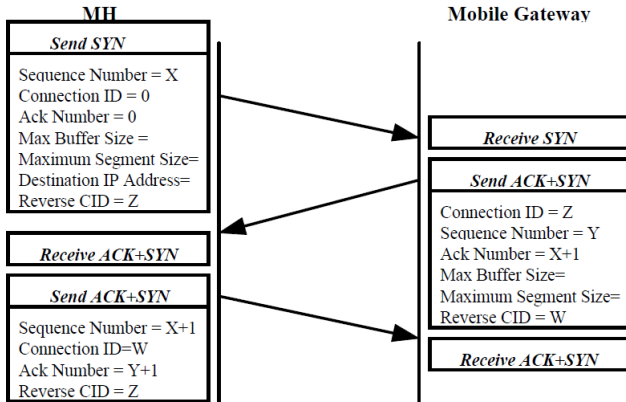
Paquete de Datos



MTCP-Code Bits

Bit	Name	Meaning (when set)
1-2	Reserved	
3	<i>RET</i>	Retransmit request
4-6	<i>MFC</i>	MH Flow Control bits
7	<i>ONF</i>	Mobile Gateway ON/OFF Flow Control
8	<i>SYN</i>	Synchronize the connection parameters
9	<i>ACK</i>	Acknowledgement field is valid
10	<i>URG</i>	Urgent pointer is valid
11	<i>PSH</i>	This packet is to be pushed
12	<i>RST</i>	Reset the connection
13	<i>POL</i>	Poll for the status of the receiver
14	<i>FIN</i>	Terminate the connection
15	Reserved	

MTCP-Establecimiento de Sesión (Open Active)



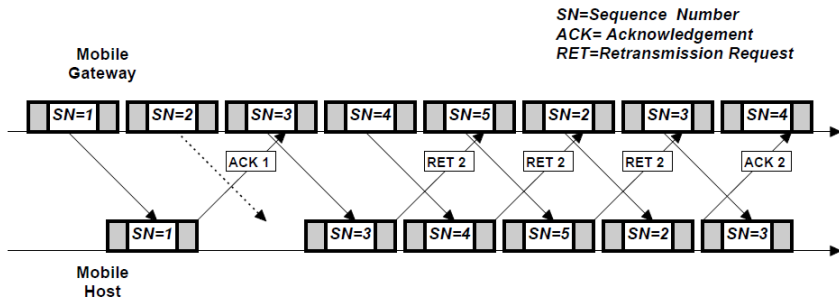
Control de Conexión

- * Secuenciamiento por paquetes, no por bytes.
- * Connection ID, identificación de la conexión a la que pertenece el paquete
- * Sequence Number y Acknowledgment Number como en TCP, pero en 16 bits
- * Checksum extensible a todo el paquete
- * Max Buffer Size y Maximum Buffer Size como en TCP
- * En ausencia de tráfico se dispone de un mecanismo de “Persist Timer” similar al de TCP
- * Control de Flujo asimétrico

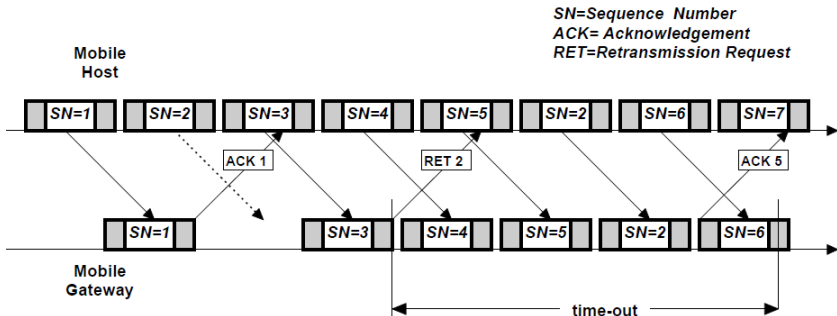
Retransmisión y Timers

- * Diferentes esquemas en cada sentido de la transmisión
- * “Go-Back-N” para la retransmisión de paquetes por el “Mobile-Gateway”
- * Implementar timers en el “Mobile-Gateway”
- * “Selective Reject” en las retransmisiones del “Mobile Host”

Retransmisiones del Mobile Gateway



Retransmisiones del Mobile Host



Control de Flujo en Mobile Gateway

- * Mecanismo ON/OFF
- * Dos umbrales, “high.threshold” y “low.threshold”
- * Señaliza con Code Bit 7
- * ON, continuar transmisión. Si el nivel de ocupación del buffer es menor que “low.threshold”
- * OFF, detenerse. Si el nivel de ocupación supera al “high.threshold”

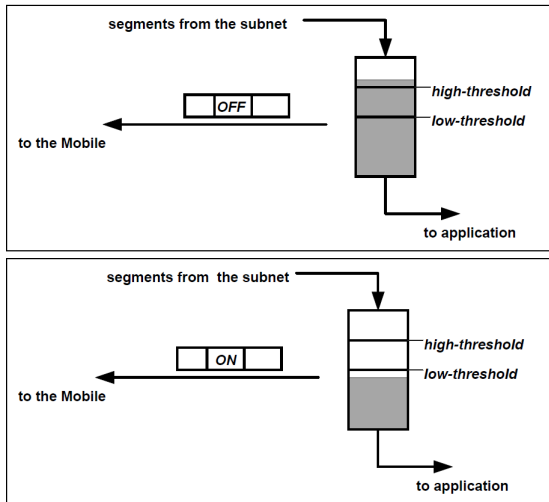
$$high.threshold = Buffer - RTT \times DR$$

$$low.threshold = RTT \times DR$$

DR = Data Rate

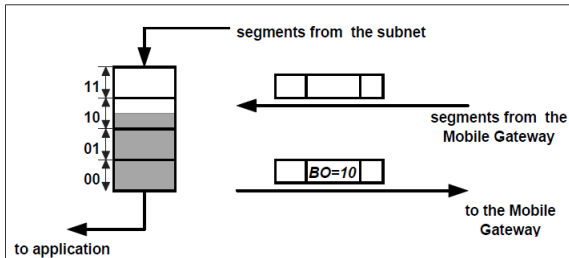
- * El MH valida el Bit 7 recibido repitiéndolo en los paquetes que envía al MG

Control de Flujo MG

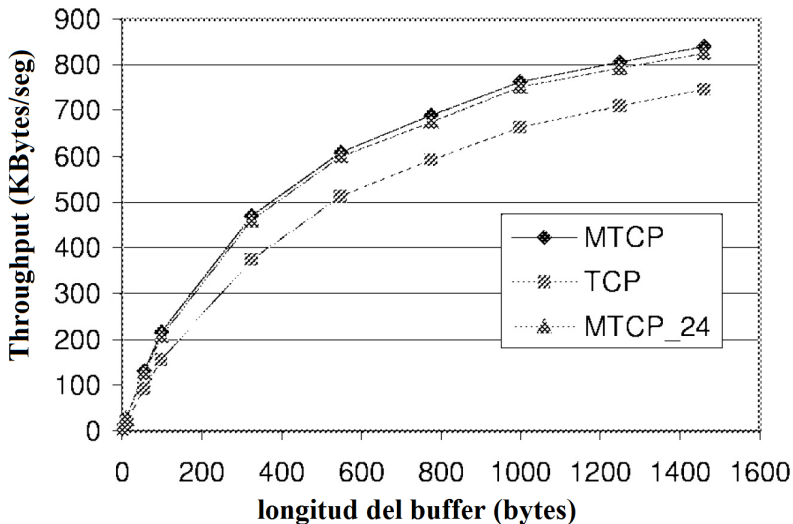


Control de Flujo en Mobile Host

- * Realizado por el MG
- * Estima la capacidad del buffer del MH
- * El MH envía los Code Bits BO para la estimación por parte del MG



Performance de MTCP



Estamos en:

1 Introducción

2 IP Móvil






3 IPv4 Móvil

4 IPv6 Móvil

5 TCP Móvil

6 Bibliografía

Bibliografía I

-  A. BAKRE ET AL., *I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts*, Department of Computer Science Rutgers University, Piscataway, NJ. DCS-TR-314. Octubre, 1994,
-  H. ELAARAG, *Improving TCP Performance over Mobile Networks*, ACM Computing Surveys, Vol. 34, No. 3, September 2002, pp. 357-374.
-  Z. J. HAAS Y A. WARKHEDI, *The design and performance of Mobile TCP for wireless networks*, Journal of High Speed Networks 10 (2001) 187-207.
-  C. E. PERKINS, *Request for Comments: 5944 IP Mobility Support for IPv4, Revised*, IETF November 2010.
-  C. E. PERKINS, *Request for Comments: 6275 Mobility Support in IPv6*, IETF July 2011.

Bibliografía II



CHI HO NG, J.CHOW, Y L.TRAJKOVIC, *Performance Evaluation of TCP over WLAN 802.11 with the Snoop Performance Enhancing Proxy.*