

# Mobile IP en INET

## Práctica 3 – Diseño de Redes

### Instrucciones

Elabore una **memoria** explicando los resultados de simulación obtenidos al seguir los pasos indicados. Incluya todas las figuras que se piden, así como cualquier figura adicional que considere importante para explicar los resultados de simulación. Las explicaciones deben hacerse a la luz de lo explicado en la teoría de la asignatura.

- El único formato aceptado es **PDF**.
- Utilice la plantilla **LaTeX Overleaf** oficial del Trabajo Fin de Grado disponible en la Wiki FIC.
- **Referencie todas las figuras** en el texto.
- El contenido de las figuras debe ser legible **sin necesidad de hacer zoom**.
- Cuide la **redacción** y la **ortografía**. Ambas serán tenidas en cuenta.
- Utilice el **formato vectorial SVG** para almacenar las figuras siempre que sea posible. Para incluirlas en la memoria, puede convertirlas a PDF con la utilidad *rsvg-convert*, incluida en el paquete *librsvg2-bin* de Ubuntu. El siguiente comando convierte a PDF todos los archivos SVG de una carpeta:

```
$ for i in *.svg; do rsvg-convert -f pdf -o ${i%.*}.pdf $i; done
```

### Escenario

El objetivo de esta práctica es el estudio del comportamiento de una red IPv4 y de una red Mobile IPv6 en las que un nodo móvil se desplaza entre la cobertura de dos puntos de acceso inalámbricos.

Cree un proyecto INET<sup>1</sup> con dos definiciones de redes. La primera, `IPv4.ned`, tendrá los siguientes elementos:

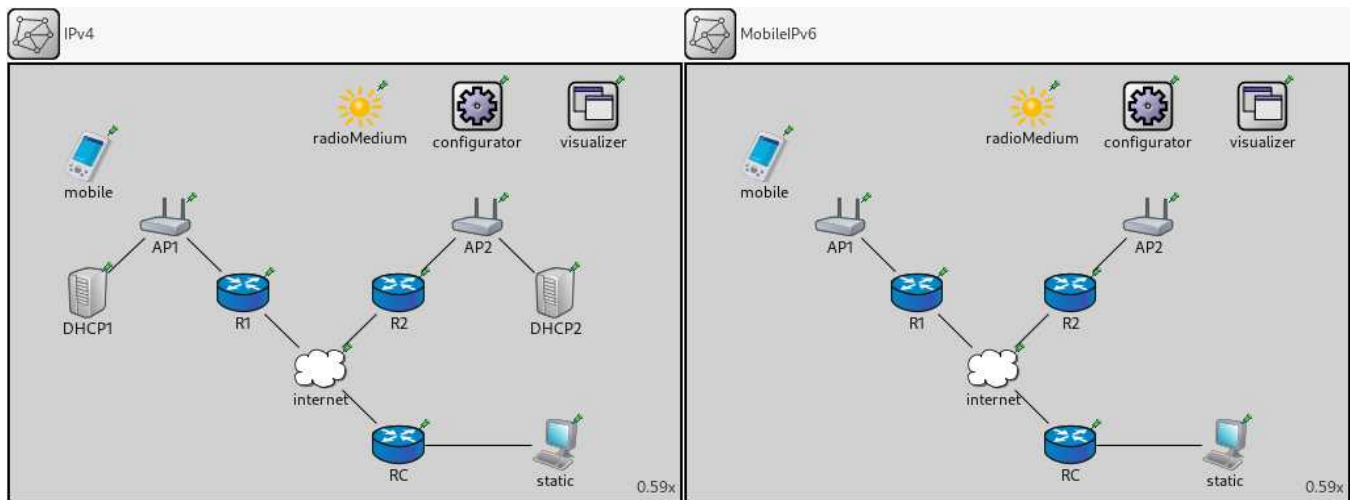
- Un punto de acceso *AP1* (`wireless.AccessPoint`) conectado a un router *R1*.
- Un punto de acceso *AP2* conectado a un segundo router *R2*.
- Un servidor DHCP (`inet.StandardHost`) conectado a cada punto de acceso *AP1* y *AP2*.
- Un nodo estático *static* (`inet.StandardHost`) conectado a un router *RC*.
- Un router intermedio *internet* (`inet.Router`) uniendo los 3 routers anteriores.
- Un nodo móvil *mobile* (`inet.WirelessHost`) situado inicialmente dentro de la cobertura de *AP1*.

La segunda, `MobileIPv6.ned`, será igual que la primera con las siguientes modificaciones:

- Sustituya el tipo del nodo *static* por `xmipv6.CorrespondentNode6`.
- Sustituya el tipo del nodo *mobile* por `xmipv6.WirelessHost6`.
- Sustituya el tipo del router *R1* por `xmipv6.HomeAgent6`.
- Sustituya el resto de nodos por los correspondientes IPv6 (e.g., `inet.Router` por `ipv6.Router6`)
- Elimine los servidores DHCP.

---

<sup>1</sup> Es recomendable estudiar los ejemplos de INET en `examples/wireless/handover` (para la configuración de la movilidad del nodo *mobile*) y en `examples/dhcp` (para la configuración del cliente y servidor DHCP y para la configuración manual de IPs en el `NetworkConfigurator`).



En el escenario IPv4, las redes de los puntos de acceso deben tener prefijos de red distintos:  $8.0.0.0/16$  para la red de *AP1* y  $8.1.0.0/16$  para la de *AP2*. Para ello asigne IPs y máscaras de red manualmente a los 4 interfaces ethernet conectados a dichas redes mediante el parámetro config del NetworkConfigurator<sup>2</sup>. El resto de interfaces ethernet debe tener IPs asignadas automáticamente por el *configurator* ( $8.x.x.x/16$ ).

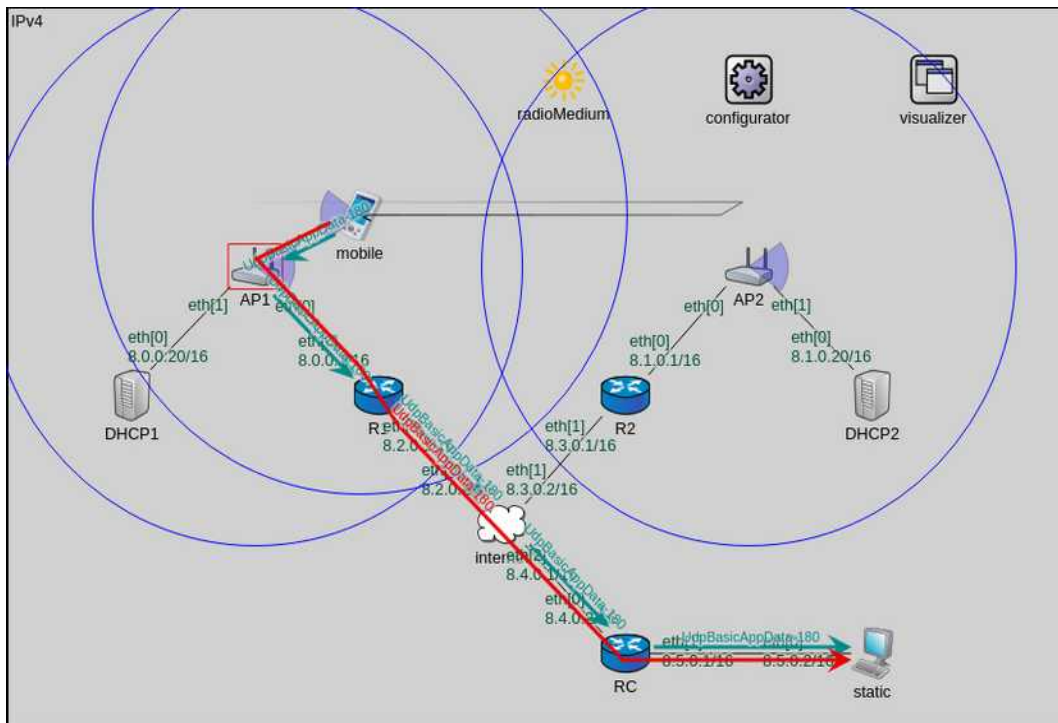
Se simularán los siguientes 8 escenarios:

- Red IPv4
  - TCP
    - *mobile* → *static* (1)
    - *static* → *mobile* (2)
  - UDP
    - *mobile* → *static* (3)
    - *static* → *mobile* (4)
- Red Mobile IPv6
  - TCP
    - *mobile* → *static* (5)
    - *static* → *mobile* (6)
  - UDP
    - *mobile* → *static* (7)
    - *static* → *mobile* (8)

En los escenarios UDP, el nodo que envía datagramas (a la izquierda de la flecha) tendrá un *UdpBasicApp* con *startTime=10s* y *sendInterval=2s* y el que los recibe un *UdpSink*. En TCP, el nodo que abre la conexión (izquierda de la flecha) tendrá configurado un *TcpBasicClientApp* con *startTime=10s* y *thinkTime=2s* y el que recibe conexiones un *TcpGenericServerApp*. La conexión TCP debe durar toda la simulación, sin envío de paquetes FIN. Para ello asigne *numRequestsPerSession=100000*. Configure el tamaño de todos los paquetes a 100 bytes (*requestLength/replyLength* en TCP y *messageLength* en UDP).

<sup>2</sup> <https://inet.omnetpp.org/docs/tutorials/configurator/doc/step2.html>. Para evitar conflictos entre la asignación manual y la automática de direcciones defina los nodos en el .ned en el siguiente orden: *mobile*, *R1*, *AP1*, *DHCP1*, *R2*, *AP2*, *DHCP2*, *internet*, *RC*, *static*.

El nodo *mobile* debe partir de un punto inicial en la cobertura de *AP1*, salir de esta para recorrer la cobertura de *AP2*, y volver a la cobertura de *AP1*. Use *RectangleMobility* para definir la ruta. Ajuste la velocidad del nodo *mobile* y la longitud de la ruta para que el nodo pase en torno a **60 segundos** en la cobertura de cada punto de acceso en cada vuelta. La simulación durará **20 minutos**. El nodo siempre debe estar dentro de la cobertura de uno de los dos puntos de acceso, por lo que las coberturas de los puntos de acceso deben solaparse. Configure el módulo *visualizer* para mostrar las rutas seguidas por el nodo y por los paquetes (*displayMovementTrails*, *displayRoutes*, *displayLinks*):



Utilice *extends* y diferentes configuraciones en el fichero *.ini* para reutilizar configuraciones lo máximo posible. Se recomienda usar la siguiente plantilla:

```
[General]

[Config _IPv4]
network = IPv4

[Config _MIPv6]
network = MobileIPv6

[Config _UDP]

[Config _TCP]

[Config _UDP_mobile-static]
extends = _UDP

[Config _UDP_static-mobile]
extends = _UDP

[Config _TCP_mobile-static]
extends = _TCP

[Config _TCP_static-mobile]
extends = _TCP
```

```
[Config IPv4_TCP_mobile-static]
extends = _IPv4, _TCP_mobile-static

[Config IPv4_TCP_static-mobile]
extends = _IPv4, _TCP_static-mobile

[Config IPv4_UDP_mobile-static]
extends = _IPv4, _UDP_mobile-static

[Config IPv4_UDP_static-mobile]
extends = _IPv4, _UDP_static-mobile

[Config MobileIPv6_TCP_mobile-static]
extends = _MIPv6, _TCP_mobile-static

[Config MobileIPv6_TCP_static-mobile]
extends = _MIPv6, _TCP_static-mobile

[Config MobileIPv6_UDP_mobile-static]
extends = _MIPv6, _UDP_mobile-static

[Config MobileIPv6_UDP_static-mobile]
extends = _MIPv6, _UDP_static-mobile
```

Para evitar un tráfico excesivo que pueda dificultar el seguimiento de la simulación, aumente el intervalo por defecto de los RA periódicos y de los *beacons* de los puntos de acceso a medio segundo. Para ello añada las siguientes líneas en la sección [General]:

```
*.AP*.wlan*.mgmt.beaconInterval = 0.5s  
**.neighbourDiscovery.minIntervalBetweenRAs = 0.5s
```

**Nota:** debido a bugs en el código de INET es necesario comentar el código de dos funciones en dos ficheros del directorio `inet/src/inet/networklayer/xmipv6`:

- En `xMIPv6.cc`: `xMIPv6::sendTestInit`
- En `BindingUpdateList.cc`: `BindingUpdateList::resetCareOfToken`

Para ello ponga un `return;` como primera línea de las funciones y recompile INET.

**Incluya el contenido completo de los ficheros .ned y .ini en la memoria** y responda a las siguientes cuestiones:

1. Muestre una captura de los **4 paquetes** DHCP intercambiados entre el nodo móvil y el servidor DHCP durante el proceso de obtención de IP en el escenario 1, **filtrando** para que solo aparezcan el nodo móvil, el punto de acceso y el servidor DHCP. Explique la función de cada paquete.
2. ¿Qué direcciones IP origen y destino utiliza cada paquete DHCP? Explique su motivo.
3. Muestre el **contenido del paquete** DHCPOFFER, explicando los campos más relevantes.
4. En el escenario (1), ¿qué ocurre cuando el nodo móvil abandona la cobertura de *AP1* y entra en la de *AP2*? Muestre una **captura de la ventana de error** que aparece y explique el motivo. ¿Qué ocurriría en un escenario real en el que un nodo con una conexión TCP abierta cambia de IP?
5. ¿Qué ocurre en el escenario (2) durante el paso de *AP1* a *AP2*? ¿Se pierde algún segmento TCP durante la transmisión? Muestre una captura del **tráfico de paquetes** filtrando para que solo se muestren los nodos *static* y su router *RC* en la que se vea el **número de secuencia** de los segmentos. Explique lo que se observa.
6. En este escenario, ¿cada cuánto tiempo se produce un intento de reenvío de paquete por parte del nodo *static* sin recibir ACK? ¿Qué progresión sigue?
7. En el escenario (3), ¿qué ocurre cuando el nodo sale de la cobertura de *AP1* y entra en la de *AP2*? ¿Y cuando vuelve a la cobertura de *AP1*? Muestre capturas del nivel de aplicación del **nodo mobile** y del **nodo static** que muestren el número de paquetes enviados y recibidos (doble click en cada uno de los nodos). ¿Cuántos datagramas UDP se pierden durante toda la transmisión?
8. En el escenario (4), ¿qué ocurre al intercambiar los roles en UDP? ¿Cuántos paquetes se pierden ahora? Muestre de nuevo capturas del nivel de aplicación del **nodo mobile** y del **nodo static**.
9. En el escenario (5), explique el proceso de creación del túnel con capturas de: 1) los **paquetes** intercambiados entre *mobile* y *R1* (*home agent*); 2) el **log de R1** filtrando a nivel *mip6support*; y 3) la **bindingCache** del *home agent* tras la creación del túnel.

10. Explique el proceso de encapsulado y reenvío (paquetes del nodo *static* a *mobile*) y de desencapsulado y reenvío (paquetes de *mobile* a *static*) **en el home agent** en el escenario (5) con capturas del **log** (filtrando por los niveles *ipv6/ipv6* e *ipv6/ipv6tunneling* en el nodo *R1*).
11. Muestre el **contenido de un paquete** encapsulado IPv6 en el escenario (5) a nivel *IPv6Header*. ¿Qué IP origen y destino utilizan los paquetes interno y externo de los segmentos TCP enviados de *mobile* a *static*? ¿Y los de *static* a *mobile* que ya han pasado por el *home agent*?
12. En comparación con el escenario (1), ¿qué ocurre en el escenario (5) al pasar el nodo móvil al segundo punto de acceso? Muestre capturas del **escenario** en las que se visualicen las rutas seguidas por los paquetes en cada punto de acceso.
13. En comparación con el escenario (2), ¿qué ocurre en el escenario (6) al pasar el nodo móvil al segundo punto de acceso? Muestre capturas del **escenario** con el nodo móvil en cada punto de acceso.
14. ¿Cuántos datagramas se pierden en los escenarios (7) y (8) en comparación con los escenarios (3) y (4)? Muestre capturas de los **nodos** en las que se vean los paquetes enviados y recibidos y explique la diferencia observada.