

Capítulo 8

Pruebas realizadas y resultados obtenidos

8.1 Pruebas realizadas

8.1.1 Fase de detección

Las medidas realizadas se han desarrollado en la red GSM, y usando principalmente dos terminales Nokia, N95 y E65:



Figura 31. Imágenes de los terminales usados en las pruebas.

La primera parte de las pruebas ha consistido en monitorizar la fuerza de la señal recibida en los teléfonos móviles. Al lanzar la aplicación, los terminales muestran por pantalla el valor de la señal, como se ha descrito en el Capítulo “Descripción de la aplicación”. Se han realizado pruebas y tomado medidas de los valores de esta señal al encenderse el inhibidor de frecuencia, obteniendo los resultados esperados.



Figura 32. Monitorización de la señal recibida en el terminal.

También se ha comprobado que la aplicación es capaz de realizar múltiples llamadas (50 llamadas, con separación entre llamadas de 1 segundo), dependiendo del valor elegido de la intensidad medida.

8.1.2 Fase de señalización

La segunda parte de las pruebas realizadas ha consistido en tomar capturas con el receptor USRP y la plataforma SDR de los mensajes de señalización en el canal de control común descendente, emitidos por la estación base.

Para poder entender las pruebas realizadas en la fase de señalización se comenta a continuación el funcionamiento básico del terminal y la estación base, tal y como ya se introdujo en el Capítulo 3.

El terminal móvil envía las peticiones a la estación base por el enlace ascendente UL, a través del canal de acceso aleatorio RACH. Para la solicitud del establecimiento de conexión se envía un mensaje Channel Request, que contiene dos parámetros importantes: Random Reference que son 5 bits (son aleatorios y se

toman como marca distintiva del remitente) y Establishing cause, que son 3 bits. Dependiendo del valor de estos 3 últimos bits se podrá diferenciar entre:

- Llamada de emergencia 101
- Respuesta a paging 100
- Origen de llamada 111
- Llamada de restablecimiento 110
- Actualización de posición 000

La estación base responde las peticiones del terminal por el enlace descendente DL, con mensajes Immediate Assignment (IA), en los que en el campo Request Reference se incluyen los 8 bits nombrados anteriormente.

Las capturas con el receptor se han tomado tanto en situaciones sin inhibición como en situaciones con inhibición. Se ha programado el detector para que filtre de entre todos los mensajes Immediate Assignment que envía la estación base, solo aquellos que identifican a los terminales que están solicitando hacer una llamada. En la siguiente figura se puede ver el contenido de un mensaje IA localizado por el receptor.

```

HEX 12_data_out_Bbis:471 Format Bbis DATA
000: 2d 06 3f 30 0e a8 06 3f - d5 72 00 00 de 17 83 4c
001: 1f d0 03 c4 0b 2b 2b
  0: 2d CONTADOR DE MENSAJES 12Bbis: 2292, !!!
  0: 2d 001011-- Pseudo Length: 11
  1: 06 0----- Direction: From originating site
  1: 06 -000---- 0 TransactionID
  1: 06 ----0110 Radio Resouce Management
  2: 3f 0-111111 RRimmediateAssignment
  2: 3f -x----- Send sequence number: 0
  3: 30 NUMERO DE MENSAJES de IA totales 93:
  3: 30 -----00 Page Mode: Normal paging
  3: 30 -0----- No meaning
  3: 30 --1----- Assigns a resource identified in the IA rest octets.
  3: 30 ---1---- Temporary Block Flow (TBF)
  4: 0e 00001--- Channel Type : 1
  4: 0e -----110 Time Slot Number : 6
  5: a8 101----- Tranining Sequence Code: 5
  5: a8 ---0---- non-hopping RF channel config or indirect encoding of hopping RFCC
  5: a8 ----1--- indirect encoding of hopping RF channel config
  6: 06 xxxxxxxx MAIO [FIXME]
  7: 3f 001----- Establishing Cause : All other cases
  7: 3f ---xxxxx Random Reference : 31
  8: d5 xxxxxxxx T1/T2/T3
  9: 72 xxxxxxxx T1/T2/T3
 10: 00 --xxxxxx Timing advance value: 0
 11: 00 00000000 Length of Mobile Allocation: 0
 12: de YYYYYYYY REST OCTETS (9)

```

Figura 33. Detección de un IA con el receptor.

Las capturas sin inhibición tienen interés puesto que, se puede analizar la frecuencia con la que la estación base emite los mensajes Immediate Assignment que se quieren localizar cuando no se ha producido inhibición alguna, por lo que se estudia la probabilidad de falsa alarma. Resulta útil para minimizar estas falsas alarmas, establecer el límite de mensajes IA consecutivos que se deben medir para detectar la situación de inhibición.

Las capturas con inhibición se han realizado en el departamento de Teoría de la Señal y comunicaciones de la Escuela de Ingenieros. Inhibidor y receptor deben de estar lo suficientemente separados como para que el inhibidor no interfiera en la captura de mensajes. Una vez encendido el inhibidor se comprueba el comportamiento del terminal (disminución de la señal recibida y proceso de llamadas) y se analizan los resultados obtenidos con el receptor USRP y la plataforma SDR.



Figura 34. Imagen del inhibidor y el detector usados en las pruebas.

8.2 Resultados obtenidos

8.2.1 Fase de detección

En la fase de detección, se podría destacar que se ha obtenido un tiempo de respuesta, en cuanto se conecta el inhibidor y el terminal detecta la ausencia de señal de unos 15 segundos en el E65 y 8 segundos en el N95. Debido a la notable

disminución del tiempo de respuesta, en casi el 50%, se puede considerar que usando terminales más potentes se podrá reducir aún más este tiempo.

Una vez que el terminal detectase la situación de ausencia de cobertura, se realizarían las llamadas de forma inmediata. El tiempo de separación entre sucesivas llamadas se ha acotado a un segundo. Aunque cabe esperar que sea posible minimizarlo con sistemas más potentes.

8.2.2 Fase de señalización

En la fase de señalización, el dispositivo de seguimiento solo tendrá que filtrar de entre todos los mensajes IAs enviados por la estación base, aquellos que tengan los tres bits correspondientes a llamadas normales. De este modo, obteniendo solo los mensajes IAs de interés se podrán seleccionar más tarde los relativos a una posible situación de inhibición.

En situaciones sin inhibición se ha podido identificar que al usar la aplicación del terminal y realizar múltiples llamadas consecutivas, la estación base retransmite los correspondientes IA en un periodo de tiempo muy bajo. Situación que no se ha localizado sin usar la aplicación, aunque de poderse encontrar se trataría como una situación de falsa alarma.

A continuación se muestran unos gráficos, donde se ilustran los resultados obtenidos en dos capturas, el primero representativo de situaciones donde no se ha usado la aplicación del terminal, y el segundo donde si se ha usado.

El primer gráfico se corresponde con una captura de varios minutos, de una situación sin inhibición y sin usar la aplicación del terminal. Donde todos los IAs capturados se dividen en varios grupos, de 2 IAs, de 3 IAs,... los mensajes IAs solo se han unido a alguno de los grupos si la separación entre cada uno de ellos era de microsegundos, se agrupan de este modo ya que se busca un comportamiento similar al que se da con la aplicación del terminal. Se puede ver, por ejemplo, que de los 30 IAs capturados se han realizado dos grupos de 4 IAs con poca separación entre ellos. Sin embargo, no se ha obtenido ningún caso en el que lleguen 6 IAs o más, con una separación entre cada uno de ellos de microsegundos, por lo que este puede ser el límite para minimizar la probabilidad de falsa alarma. Aunque también hay que tener en cuenta que en situaciones en las que la estación base curse más tráfico se podrán capturar muchas más respuestas a peticiones de canal consecutivas, ya que habrá más terminales queriendo establecer conexiones de voz.

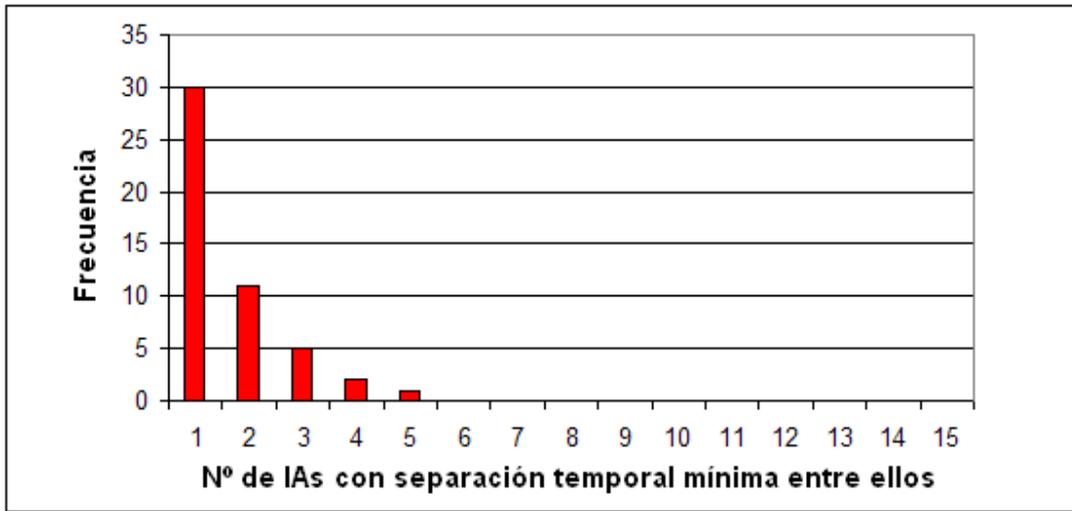


Figura 35. Sin inhibición y sin aplicación del terminal.

El segundo gráfico, también es sin inhibición, pero se ha usado la aplicación del terminal. Se corresponde con una captura de 30 segundos. En este caso la aplicación del terminal ha realizado entre 25 y 30 llamadas, de las cuales se han podido perder algunos de los IAs en la recepción del receptor.

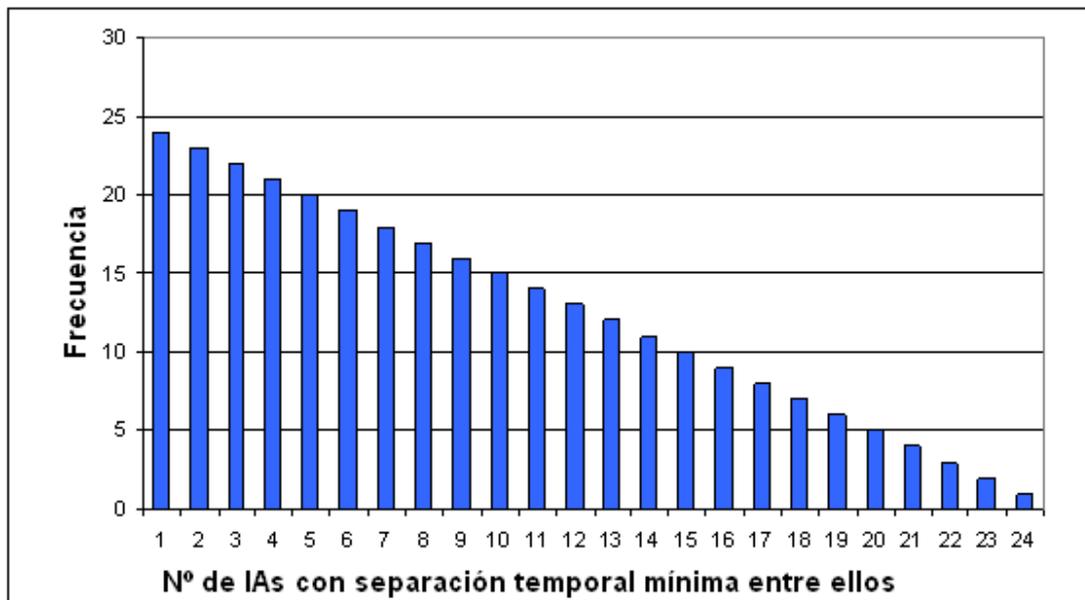


Figura 36. Sin inhibición y con aplicación del terminal.

En este gráfico, parece ser que todos los mensajes capturados se corresponden con las llamadas emitidas por el terminal. Llegan un total de 24 IAs (algunos mensajes se han podido perder), con separación mínima entre ellos.

Por lo tanto, al usar la aplicación del terminal se han capturado muchos más IAs casi consecutivos en el tiempo, por lo que se ve clara la necesidad de ésta en el proceso de detección de interferencias en el enlace descendente, ya que el receptor detectará un comportamiento inusual. Como se ha comentado anteriormente, se puede programar el receptor para que acote al valor de 6 IAs consecutivos como situación de inhibición. Tomando este valor mayor se minimizaría aún más la probabilidad de falsa alarma, sin embargo se podría llegar a un valor de compromiso acotándolo a 7 ó 8 para que el proceso sea lo más rápido posible.

Finalmente en situaciones con inhibición, no se han localizado los mensajes IAs de interés, correspondientes a las llamadas emitidas por la aplicación del terminal. A pesar de que la aplicación del terminal se comporta como si se estuviesen realizando las llamadas, con inhibición no se ha podido acceder al enlace ascendente para enviar las peticiones de llamadas, puesto que los teléfonos móviles usados no lo permiten, suponemos que al no poderse decodificar el enlace descendente. Por lo tanto, las capturas realizadas han sido similares a las de la figura 35. Este punto queda como una futura línea de avance del proyecto.