

*Febrero - Mayo 2017*

## **Práctica 2: Generación, transmisión y recepción de señales GSM mediante el entorno de desarrollo NI LabVIEW y el hardware NI USRP-2920**

(4 horas)

### **Objetivos**

Los objetivos que se plantean con esta práctica son los siguientes:

- Reforzar los conocimientos sobre la formación de ráfagas de canales de tráfico y de control en el sistema GSM.
- Reforzar los conocimientos sobre el sistema GSM.
- Adquirir soltura en el manejo de equipos de laboratorio para comunicaciones como transceptores con los que poder trabajar mediante *Software Defined Radio* (SDR), así como familiarizarse con el entorno de desarrollo NI LabVIEW.

Al finalizar esta práctica el estudiante deberá haber comprendido de forma precisa cómo funciona el sistema GSM, desde la formación de la señal hasta su transmisión. Asimismo habrá adquirido más soltura con el manejo de equipos HW propios de un laboratorio de comunicaciones.

### **1. FRAMED-SOFT**

La plataforma Flexible Radio Access Mobile Environment Defined by SOFTWARE (FRAMED-SOFT) ha sido creada en la Universidad Carlos III de Madrid con el objetivo de acercar los estándares de comunicaciones móviles a los estudiantes. La plataforma está dividida principalmente en tres partes: el hardware, las estaciones bases diseñadas y los receptores. La parte hardware está compuesta de los NI USRPs, siendo usados dos normalmente para cada parte de software. Aunque el mismo USRP puede trabajar simultáneamente como transmisor y como receptor (una antena para transmitir y otra para recibir), este diseño usa dos diferentes USRP conectados por el cable de interconexión provisto. De esta forma, el diseño de cada parte es más simple y permite el uso de ordenadores menos potentes para controlar el USRP.

FRAMED-SOFT permite la modificación u optimización de las partes de transmisión y recepción de forma independiente, lo cual es muy útil para el trabajo práctico. Así pues, una estación base necesita 2 USRPs, uno para la transmisión y otro para la recepción. Porque ambos están controlados por diferentes programas de LabVIEW (incluso corriendo en diferentes

ordenadores aunque no sea obligatorio), ellos intercambian información usando el cable de interconexión provisto con el paquete USRP.

La estación base diseñada permite la selección de trabajar con los estándares GSM o UMTS. Dependiendo de cuál es elegido, se ejecuta el programa de LabVIEW adecuado. Se han creado dos diseños diferentes, uno para cada estándar, porque ambos estándares son completamente diferentes desde el punto de vista de la capa física. Sin embargo, desde el punto de vista lógico, tienen algunas similitudes.

Fíjese que dentro de la interfaz de LabVIEW se encuentra el NI LabVIEW MathScript RT que permite el uso de código de MATLAB directamente en el programa LabVIEW. Esto puede ser usado cuando un algoritmo complejo necesite ser evaluado primero para decidir si será implementado o no.

En este laboratorio el estudiante recibirá una versión incompleta de FRAMED-SOFT y, después de estudiar el estándar correspondiente, programará las partes que le son pedidas. De esta manera el estudiante toma conciencia del funcionamiento de las tecnologías de las comunicaciones móviles.

En próximas prácticas, al estudiante se le propondrá un reto que consiste en el diseño de una parte de la estación base importante para mejorar su funcionamiento, como puede ser la estimación de canal, ecualizador, sincronización, etc.

## 2. Descripción de la práctica

El objetivo de la práctica consiste en generar, utilizando el software de desarrollo NI LabVIEW, la transmisión de 2 de los canales de control del estándar GSM y uno de tráfico. Una vez desarrolladas estas secuencias, se conformarán las ráfagas apropiadas para la transmisión de esos canales formados.

Finalmente, la última parte de la práctica consiste en el manejo de dos estaciones base GSM, concretamente el transmisor de una BTS y el receptor de otra. Para ello se hará uso de la plataforma FRAMED-SOFT junto con el hardware NI USRP-2920 para transmitir y recibir señales. La transmisión se basa en los canales creados anteriormente y en recepción se observarán y analizarán sus constelaciones y espectros. Se comentarán los resultados.

**Para la correcta ejecución de esta práctica, es altamente recomendable haber leído el tutorial de *LabVIEW* proporcionado. En caso de no haberlo hecho se recomienda estudiarlo antes de comenzar la realización de la práctica.**

## 3. Generación de la transmisión GSM

Como bien debe recordar de la asignatura de Comunicaciones móviles, la transmisión en GSM se realiza en un único slot de los 8 disponibles en cada trama [1], utilizando modulación GMSK [2]. En esta práctica se le va a pedir que genere dos de los canales de control de GSM, en concreto el SCH (*Synchronization CHannel*) y el FCCH (*Frequency Correction CHannel*), y uno de tráfico TCH. Con el objetivo de conocer todo el proceso desde la creación de los bits de información a transmitir hasta que finalmente se transmiten, también se le pedirá el diseño e implementación de la formación de ráfagas, concretamente la NB (*Normal Burst*), FB (*Frequency Correction Burst*) y SB (*Synchronization Burst*).

Nota: Debido a las características tan especiales del FCCH, este canal se formará directamente en el módulo *Burst\_Practicas.vi* que hay que generar y que se explicará más adelante.

### 3.1. Canal SCH (*Synchronization CHannel*) [3, 4, 5]

Genere este primer canal de control, que se utiliza para permitir a la estación móvil identificar una estación base cercana y hacer una sincronización temporal de las tramas.

Genere los 78 bits encriptados del correspondiente canal, sabiendo que se estará transmitiendo continuamente la trama  $15000 + 600 \times (\textit{Grupo} + 1)$  y la información correspondiente de la Tabla 1.

Grupo	Pais	BS
1	España	0
2	Reino Unido	1
3	Portugal	2
4	Francia	3
5	España	0
6	Reino Unido	1
7	Portugal	2
8	Francia	3

Tabla 1: Tabla de valores

Utilice la función *check\_SCH.vi* para comprobar si ha generado correctamente los bits de información de este canal. Existen dos modos de llamar a esta función:

1. Para comprobar los bits antes del codificador convolucional  $u(0) \dots u(38)$ . Puede utilizarse de guía para comprobar si la construcción de la ráfaga hasta el momento es correcta.
2. Para comprobar los bits codificados tras el codificador convolucional  $e(0) \dots e(77)$ .

Los parámetros de entrada que recibe el VI *check\_SCH.vi* son (se introducen en este orden):

1. Número de grupo: 1 – 6
2. Array de entrada con los bits correspondientes: 39 o 78 bits dependiendo de cada caso.
3. Tipo de información que se quiere comprobar: SCHp para el primer modo de llamada o CSCH para el segundo.

El mensaje que salga por pantalla dirá si la generación de los bits son correctos o incorrectos para el grupo indicado.

### 3.2. Canal TCH (*Traffic CHannel*) [3, 4]

Dadas las restricciones temporales de la práctica, que ya ha realizado un proceso de codificación para el canal SCH, y para buscar maximizar la utilidad de la práctica, se le propone ahora la formación de una ráfaga del canal TCH. Para ello, y para evitar sobrecargar su trabajo, debe transformar el patrón  $\textit{Grupo} \times 2$  de la Tabla 2. Simplemente deberá replicar este patrón que previamente ya ha sido codificado y encriptado para generar un número adecuado de bits de la ráfaga.

Utilice la función *check\_TCH.vi* para comprobar si ha generado correctamente los bits de información de este canal. Los parámetros de entrada que recibe este VI son (se introducen en este orden):

Número	Patrón
0	11110000
1	00001111
2	11001100
3	00110011
4	10101010
5	01010101
6	11100111
7	00011000
8	11111111
9	00000000
10	11101110
11	00010001
12	10001000
13	01110111
14	10011001
15	01100110

Tabla 2: Patrones posibles para TCH

1. Grupo: correspondiente al número de grupo al que pertenece.
2. Un array con los bits de información que conforman el TCH (116 bits).

### 3.3. Creación de ráfagas [3]

Crear el módulo *Burst\_Practicas.vi* correspondiente a la generación de ráfagas, el cual recibe los bits de información de los canales SCH y TCH<sup>1</sup> y obtiene 148 bits de ráfaga (los 8,25 bits de período de guarda se incluyen tras el proceso de modulación, por lo que no se debe ocupar de ello). En concreto, hay que generar las ráfagas correspondientes para estos canales, que son:

- *Synchronization Burst (SB)* para SCH.
- *Normal Burst (NB)* para TCH.
- *Frequency Correction Burst (FB)* para FCCH.

Para el TCH, suponer que siempre se transmite en el TN (*Timeslot Number*) igual al número de Grupo. El alumno deberá llamar a la función *check\_Burst.vi* para comprobar si ha generado correctamente las ráfagas SB, NB y FB. Esta función recibe como parámetros de entrada lo siguiente (y se introducen en este orden):

1. Tipo de ráfaga: Cadena de caracteres correspondiente al tipo de ráfaga que se quiere comprobar. Posibles valores: NB, SB, FB.
2. Ráfaga: conjunto de 148 bits que conforman una ráfaga completa (tenga en cuenta que en el caso del FCCH no es necesario introducir en esta función ningún bit ya que dentro se formará la ráfaga completa).

---

<sup>1</sup>Para el canal FCCH no se introduce ningún array de bits, ya que dentro de ese módulo se creará la ráfaga completa ya que no contiene bits de información.

3. Grupo: número de grupo al que pertenece.

El resultado de este módulo debe ser una cadena de 148 bits, independientemente del tipo de ráfaga en cuestión.

#### 4. Transmisión y recepción de canales GSM a través del transceptor NI USRP-2920

**Nota:** Se recomienda comenzar con este ejercicio si a falta de media hora de la finalización de la última sesión no ha terminado los apartados anteriores.

Para la realización de este apartado consulte al profesor para la instalación de todo el hardware requerido.

Se va a realizar la configuración del transmisor de una estación base (BTS) de GSM para transmitir exactamente los mismos canales que se han implementado en la práctica a través del transceptor NI USRP-2920. Además, se configurará adecuadamente el receptor de una estación móvil (MS) de GSM para recibir esos mismos canales mediante otro el transceptor NI USRP-2920.

Tras la creación de las ráfagas, la plataforma FRAMED-SOFT realiza todo el procesamiento de señal para transmitirla (generador del pulso conformador gaussiano, codificación diferencial, modulación GMSK, inclusión de 8.25 períodos de bits de guarda, conformado de trama, configuración de los parámetros de transmisión, etc.).

Al estudiante se le proporciona dos aplicaciones llamadas *BTS-Transmitter App.exe* y *MS-Receiver App.exe*<sup>2</sup>. En las Figuras 1 y 2 se puede observar el panel frontal de cada una de ellas.

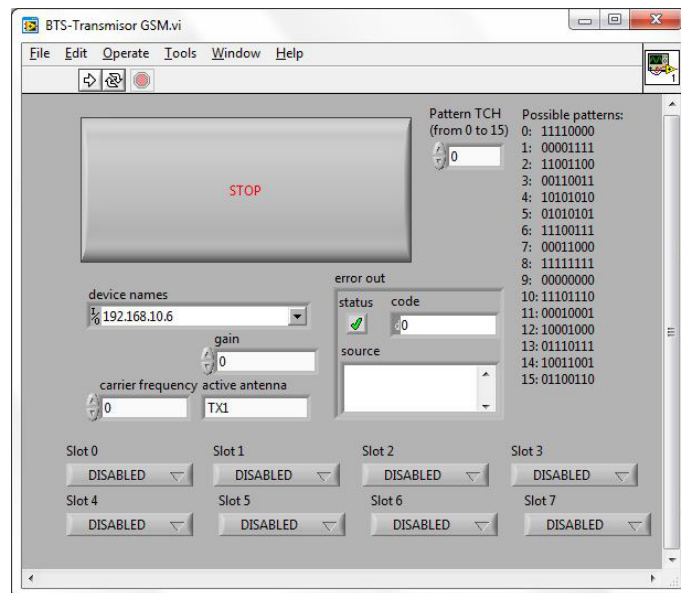


Figura 1: *Panel Frontal del transmisor de la Estación Base*

Con ellas se van a parametrizar el transmisor de la BTS y el receptor de la MS para así obtener lo que se pide a continuación:

<sup>2</sup>Estas aplicaciones sólo se pueden ejecutar en ordenadores que tengan la versión 2010 de LabVIEW Run-Time Engine. Además, para su correcto funcionamiento se requieren los drivers necesarios para la comunicación con el hardware NI USRP.

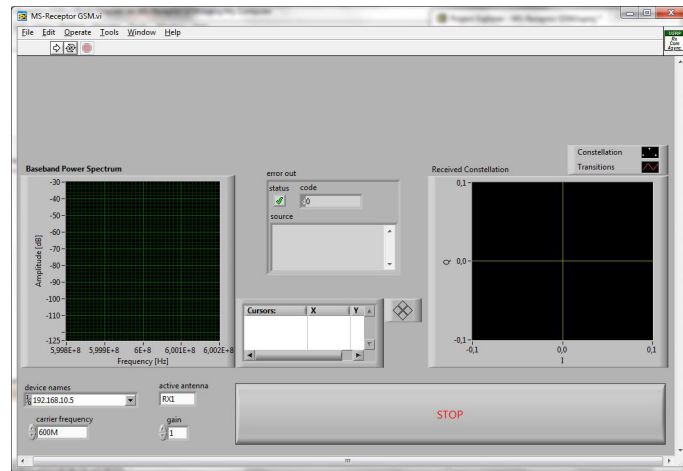


Figura 2: *Panel Frontal del receptor de la Estación Móvil*

- a) Transmitir una trama formada por los canales correspondientes para que los terminales sincronicen sus PLLs a la frecuencia adecuada, y además reciban información de datos en los  $TN4$  y  $TN6$  (*Timeslot Number 4 y 6*).
- b) Transmitir una trama formada por los canales correspondientes para que los usuarios puedan sincronizar las tramas en tiempo, y además reciban información de datos en los  $TN4$  y  $TN6$  (*Timeslot Number 4 y 6*).

En ambos casos, suponer que se trata de celdas con poco tráfico, que se transmite a una frecuencia de  $600MHz$  y una ganancia a la salida de  $10\text{ dB}$ . Se utiliza esta frecuencia portadora para no interferir con las señales GSM de estaciones base reales.

Capturar en recepción la constelación y el espectro en frecuencia de los 3 posibles diferentes slots, y comentar los resultados. Si no es posible capturar las señales independientes con la transmisión conjunta, individualizar y transmitir canal por canal.

Nota: Para introducir un nuevo cursor en la gráfica del espectro en frecuencia siga estos pasos: Botón derecho  $\rightarrow$  *Create Cursor*  $\rightarrow$  *Single-Plot*  $\rightarrow$  Escriba en el apartado del eje X donde quiera que está situado inicialmente este cursor y luego varíelo manualmente.

Opcional: Vea qué ocurre si modifica en tiempo real los patrones de bits de datos enviados en el transmisor. Configure la transmisión de un canal de datos con el patrón número 4 ó 5 y explique qué ocurre y por qué.

## 5. Evaluación

La evaluación de esta práctica, como a lo largo de todo el laboratorio, se realizará en el puesto de prácticas en el que el grupo deberá mostrar los resultados obtenidos.

Además será necesario entregar una pequeña memoria en la que se describa y comente TODOS los resultados obtenidos, además de las dificultades encontradas y cómo se han solucionado. Asimismo deberá entregarse los códigos fuente de los programas implementados, concretamente tres (o más):

- VI encargado de crear los bits de información (encriptados) del SCH (78 bits).
- VI encargado de crear los bits de información (encriptados) del TCH (116 bits).

- VI(s) encargado(s) del conformado de ráfagas NB, SB y FB (148 bits como resultad).

Para facilitar la comprensión de los pasos a seguir se incluyen a continuación (Figuras 3, 4 y 5) los diagramas de bloque para la obtención de la ráfaga final de los canales FCCH, SCH y TCH:

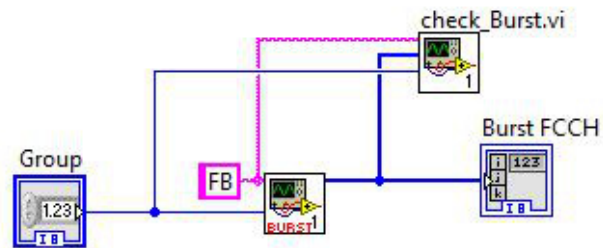


Figura 3: *Diagrama de bloques de la creación completa del FCCH*

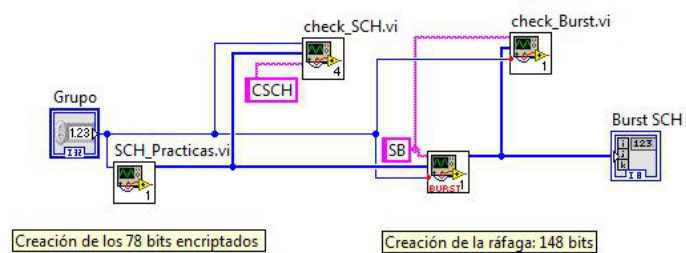


Figura 4: *Diagrama de bloques de la creación completa del SCH*

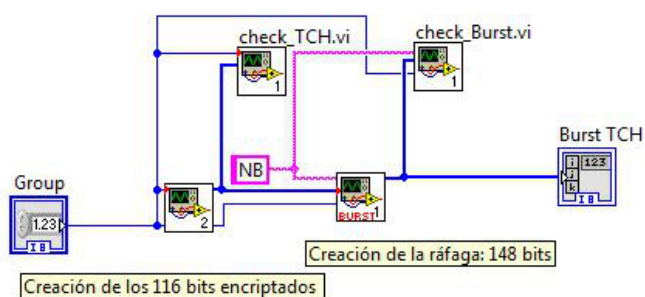


Figura 5: *Diagrama de bloques de la creación completa del TCH*

## Referencias

- [1] ETSI. ETSI TS 100 573 v8.4.0 (2000-07) Digital Cellular telecommunications system (Phase 2+); Physical layer on the radio path; General description (GSM 05.01 version 8.4.0 Release 1999). Technical report, ETSI, July 2000.
- [2] ETSI. ETSI EN 300 959 v7.1.1 (2000-06) Digital Cellular telecommunications system (Phase 2+); Modulation (GSM 05.04 version 7.1.1 Release 1998). Technical report, ETSI, June 2000.
- [3] ETSI. ETSI EN 300 908 v8.5.1 (2000-11) Digital Cellular telecommunications system (Phase 2+); Multiplexing and multiple access on the radio path (GSM 05.02 version 8.5.1 Release 1999). Technical report, ETSI, November 2000.
- [4] ETSI. ETSI EN 300 909 v8.5.1 (2000-11) Digital Cellular telecommunications system (Phase 2+); Channel Coding (GSM 05.03 version 8.5.1 Release 1999). Technical report, ETSI, November 2000.
- [5] ETSI. ETSI EN 300 927 v5.4.1 (2000-12) Digital Cellular telecommunications system (Phase 2+); Numbering, addressing and identification(GSM 03.03 version 5.4.1 Release 1996). Technical report, ETSI, December 2000.