



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
PROGRAMAS ACADÉMICOS



GUÍA DE LABORATORIO O PRÁCTICA ACADÉMICA

Título: Puesta En Marcha Estación Base 2G GSM.	
Asignatura: SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES	Núcleo: TELECOMUNICACIONES
Código: 14803	Semestre: 8º
Requisitos: TRANSMISIÓN II Y LAB	Créditos: 3
Semanas: 16	Horas Semanales: 6
Total horas de trabajo presencial del estudiante: 96	Horas prácticas al semestre: 32
Horas teóricas al semestre: 64	Horas de trabajo independiente del Estudiante: 80

RESUMEN
Un sistema de segunda generación 2G GSM es la base tecnológica para que las redes de telefonía móvil evolucionen constantemente generando así, nuevas tecnologías y servicios. Por lo tanto, es competencia de un profesional en telecomunicaciones conocer el funcionamiento de todos los elementos que componen dicha red.

CATEGORÍA	COMPETENCIAS A FORTALECER
<i>Cognitiva</i>	Analiza el funcionamiento de un sistema de telecomunicaciones con los elementos que lo componen.
<i>Aplicación cognitiva</i>	Analiza los modelos con diferentes herramientas que permitan caracterizar los sistemas de telecomunicaciones a nivel de procesamiento de señal, anchos de banda y capacidad del canal.
Las competencias axiológicas, investigativas y comunicativas expresadas en el Syllabus se tienen en cuenta en su totalidad.	

OBJETIVO GENERAL DE LA PRÁCTICA
Realizar la configuración de una estación base 2G GSM por medio de radio definido por software en consola de distribución Linux.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Configurar la dirección IPv4 del ordenador utilizado para conformar compatibilidad con el SDR.
Ingresar a la consola de OpenBTS y de esta forma configurar los parámetros básicos de la estación base 2G GSM.
Realizar el proceso de búsqueda de la red en terminas 2G para registrarlo en la red.
Agregar a la base de datos sipauthserve los terminales que interactúan con la estación base 2G GSM.

Configurar los parámetros necesarios de los terminales y estación base para ultimar el servicio de mensajería de texto.

Configurar los parámetros necesarios de los terminales y estación base para ultimar el servicio de voz.

CONTENIDO APLICADO DEL SYLLABUS

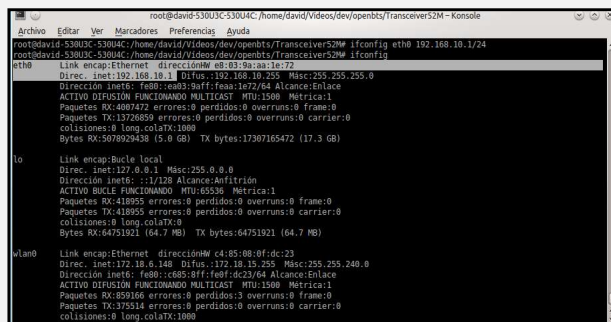
ARQUITECTURA DE REDES 2G Y EL ACCESO EN REDES 2G: FDMA/TDMA.

DESARROLLO

Nota: Los comandos de color azul son utilizados en el CLI de distribución Linux en modo administrador.

Prueba de conectividad.

Utilizando el comando `ifconfig eth0 192.168.10.1/24`, podemos cambiar la dirección IP del ordenador y así añadirlo a la subred que tiene el dispositivo Ettus USRP N210 por defecto.



```
root@david-530UJC-530UJC: /home/david/Videos/dev/opencv3/TransceiverS2M - Konsole
root@david-530UJC-530UJC: /home/david/Videos/dev/opencv3/TransceiverS2M ifconfig eth0 192.168.10.1/24
root@david-530UJC-530UJC: /home/david/Videos/dev/opencv3/TransceiverS2M ifconfig
eth0  Link encap:Ethernet  direcciónHW e8:03:5a:33:1c:72
      Direc. inet:192.168.10.1  Másc:192.168.0.255  Msc:255.255.255.0
      Dirección inet6: fe80::ea03:9aff:feaa:1e72/64 Alcance:Enlace
      ACTIVO DIFUSIÓN FUNCIONANDO MULTICAST  MTU:1500  Métrica:1
      Paquetes RX:4007472 errores:0 perdidos:0 overruns:0 frame:0
      Paquetes TX:13726859 errores:0 perdidos:0 overruns:0 carrier:0
      colisiones:0 long.colaTX:1800
      Bytes RX:5078929438 (5.0 GB)  TX bytes:17307165472 (17.3 GB)

lo    Link encap:Bucle local
      Direc. inet:127.0.0.1  Másc:255.0.0.0
      Dirección inet6: ::1/128 Alcance:Anfitrión
      ACTIVO BUCLE FUNCIONANDO MTU:65536  Métrica:1
      Paquetes RX:418955 errores:0 perdidos:0 overruns:0 frame:0
      Paquetes TX:418955 errores:0 perdidos:0 overruns:0 carrier:0
      colisiones:0 long.colaTX:0
      Bytes RX:64751921 (64.7 MB)  TX bytes:64751921 (64.7 MB)

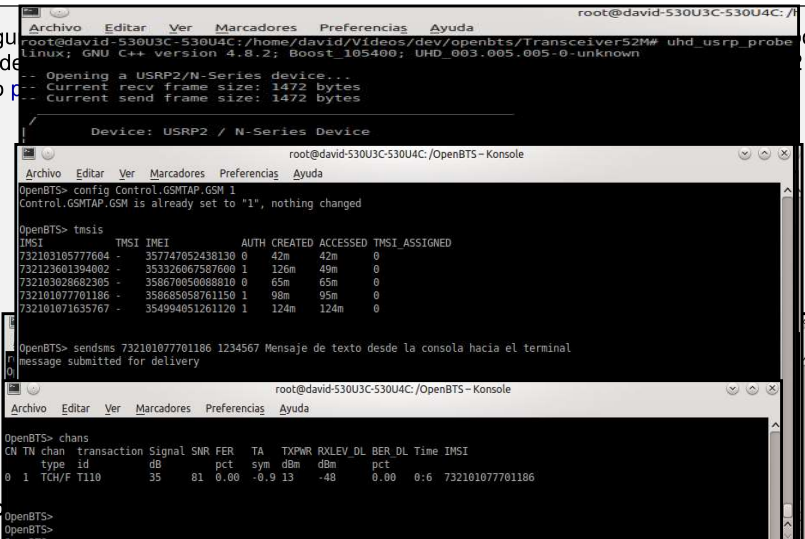
vland0 Link encap:Ethernet  direcciónHW c4:85:06:0f:dc:23
      Direc. inet:172.18.0.148  Difus.:172.18.15.255  Msc:255.255.240.0
      Dirección inet6: fe80::605:81f:11ef:dc23/64 Alcance:Enlace
      ACTIVO DIFUSIÓN FUNCIONANDO MULTICAST  MTU:1500  Métrica:1
      Paquetes RX:859166 errores:0 perdidos:3 overruns:0 frame:0
      Paquetes TX:375314 errores:0 perdidos:0 overruns:0 carrier:0
      colisiones:0 long.colaTX:1000
```

Figura 1. Cambio dirección IP puerto Gigabit Ethernet del ordenador.

Se debe tener en cuenta que el puerto eth0 puede variar según el ordenador utilizado, para verificar el puerto habilitado se utiliza el comando `ifconfig`. En la Figura 1, se muestra el cambio de dirección IP en el puerto eth0.

En la Figura 3, un ping enviado desde el comando

o, un ping 10, con el



Verificac

Nota: es necesario detener los procesos para verificar la conectividad, se utilizan los siguientes comandos:

- stop asterisk
- stop sipauthserve
- stop smqueue
- stop openbts

Una vez las herramientas de software estén correctamente instaladas, es posible realizar la conexión del ordenador con el radio mediante el puerto Gigabit Ethernet, es necesario entonces digitar el paquete uhd binary que se instaló anteriormente. Utilizar los siguientes comandos para verificar la conectividad.

- uhd_find_devices

Este comando nos permite identificar la dirección IP por defecto y el serial del equipo desde su fabricación, tal como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Dirección IP del USRP por defecto en consola.

- uhd_usrp_probe

Este comando es utilizado para consultar información más específica y detallada de las características que posee el equipo, tal como se observa en la Figura 4.

Figura 4. Características USRP en consola.

Finalmente en la Figura 5, se utiliza el comando `./transceiver` para verificar la detección del radio en el ordenador. Este comando se puede utilizar únicamente al ingresar al directorio `/dev/openbts/Transceiver52M`.

Figura 5. Detección del USRP en el ordenador.

Nota: Si la detección del radio no fue exitosa, se debe a problemas en la conexión física del cable Ethernet o el puerto del ordenador utilizado.

Puesta en marcha de la estación base y configuración parámetros iniciales.

Luego que las pruebas de conectividad son exitosas, todos los elementos de hardware y software han sido correctamente instalados y conectados entre sí. El primer paso para la puesta en marcha de la red es activar las herramientas previamente instaladas (asterisk, sipauthserve, smqueue y openbts).

En el directorio raíz existe otro de estos con el nombre `/OpenBTS`, se debe ingresar a este directorio y digitar el siguiente comando `./OpenBTSCLI`.

OpenBTS es una herramienta que posee su propia consola predeterminada (CLI) Command Line Interface, donde podemos configurar los parámetros de red. En la Figura 6, se observa dicho proceso.

Figura 6. Ingreso a CLI de OpenBTS.

Nota: Los comandos de color verde son utilizados en el CLI de OpenBTS.

Para consultar la información de la red por defecto ingresamos el comando (`config GSM.Radio`), En la Figura 7 se observa dicho proceso.

Figura 7. Configuración inicial de la estación base.

Igualmente en la Figura 7, se observa los parámetros básicos que limitan la red, los dos de mayor importancia son:

- Banda de frecuencia: En Colombia las bandas disponibles para el servicio de telefonía móvil celular GSM (2G) son 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz. Es importante seleccionar una adecuada banda para disminuir el ruido en el canal de transmisión.
- ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number) y C0: es el canal inalámbrico de la banda seleccionada que se va a ocupar en el momento de realizar las transmisiones.

Para cambiar la configuración de estos parámetros no es necesario salir del CLI de OpenBTS, pero si es necesario reiniciar el proceso, en la Figura 8 y Figura 9, se observa la aplicación de los comandos en la configuración del radio para el cambio de banda de frecuencia y para el cambio del canal inalámbrico a utilizar respectivamente.

- Para cambiar la banda de frecuencia se utiliza el comando (`config GSM.Radio.Band`) seguido de la banda a la que se quiere migrar, ejemplo (`config GSM.Radio.Band 850`).

Figura 8. Configuración banda de frecuencia en consola.

La configuración cambia satisfactoriamente, pero informa al usuario que hay dos peticiones pendientes para el cambio de banda de frecuencia. La primera radica en la utilización de un canal comprendido entre 128 a 251 (ver próxima viñeta) y la segunda el reinicio de la consola openbts para este fin.

- El cambio del canal inalámbrico de transmisión, se realiza mediante el comando (`config GSM.Radio.C0`) seguido del canal que se pretende utilizar, a manera de ejemplo, (`config GSM.Radio.C0 166`).

Figura 9. Configuración canal inalámbrico en consola.

Igualmente en el cambio del canal, para subir la configuración al proceso openbts, la consola realiza petición de reinicio.

Para reiniciar la consola y subir las configuraciones establecidas al sistema se utilizan los siguientes comandos: `quit`, `stop openbts`, `start openbts` y `./OpenBTSCLI`. El proceso de observa en la Figura 10.

Figura 10. Proceso de reinicio de consola OpenBTS.

A continuación, se debe verificar el ruido existente en la interfaz de aire para esto utilizar el comando (`noise`), si los niveles de ruido no son aceptables, es posible que las antenas del radio no se encuentren en posición adecuada. Para corregir el posicionamiento de las antenas y sostener niveles adecuados en la transmisión, es necesario que las antenas formen 90° grados de ángulo entre sí.

En la Figura 11, se observa los niveles de ruido en la interfaz de aire.

Figura 11. Ruido en la interfaz de aire en consola.

Para incrementar la potencia de la portadora o consultar su estado, utilizar el comando (`power`) seguido del nivel que se considere sea necesario, ejemplo (`power 40`), para consultar la potencia de la señal solo insertar el comando (`power`). El nivel de potencia posee un rango de 0 a 80 dB. En Figura 12, se observa la configuración de la potencia de la señal.

Figura 12. Configuración potencia de la portadora en consola.

En la Figura 13, se observa el cambio de banda de frecuencia a 900 MHz. Esto con el fin de migrar la portadora a una banda de frecuencia con menor ruido.

Figura 13. Cambio de banda de frecuencia a 900 MHz en consola.

El cambio de banda de frecuencia, implica también un cambio en la canalización que está en el rango de 1 a 124 para la banda seleccionada, el cambio de canal se puede observar en la Figura 13.

Como se observa en la Figura 14, se reinicia el servicio OpenBTS para guardar la configuración anterior.

Figura 14. Reinicio del servicio OpenBTS en consola.

Búsqueda de la red en los terminales.

Posterior a la configuración de la banda de frecuencia y la canalización de la portadora, es posible buscar la red en los terminales, los pasos para el logro de este objetivo difieren según el sistema operativo del terminal, a continuación se evidencia el proceso de búsqueda para terminales iOS y Android.

Terminales sistema operativo iOS.

En la Figura 15, se observa la manera adecuada para la selección de red. Los pasos para encontrar la red **Test PLMN 1-1** en un terminal con sistema operativo iOS son:

- Ingresar a ajustes.
- Seleccionar la barra de operadores.
- Deshabilitar la opción de operador automático, inmediatamente el terminal buscará las redes disponibles.
- Seleccionar la red **Test PLMN 1-1**.

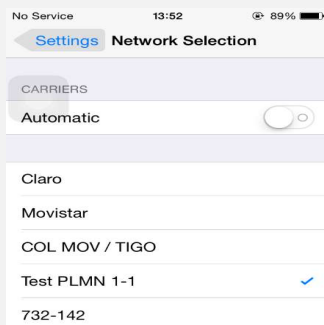


Figura 15. Búsqueda de la red Test PLMN en iOS.

Terminales sistema operativo Android.

En la Figura 16, se observa la manera adecuada para la selección de red. Los pasos para encontrar la red **Test PLMN 1-1** en un terminal con sistema operativo Android son:

- Ingresar a ajustes o configuraciones.
- Seleccionar la barra mas.

- Seleccionar la barra de redes móviles.
- Seleccionar la barra de operador de red.
- Automáticamente el terminal realiza la búsqueda de las redes disponibles, en caso contrario seleccionar la barra buscar redes.
- Seleccionar la red **Test PLMN 001-01**.



Figura 16. Búsqueda de la red Test PLMN en Android.

Una vez los terminales seleccionen la red, con el comando (**tmsis**) en el CLI de OpenBTS, aparecen datos del terminal como se observa en la Figura 17.

Figura 17. Información del comando tmsis en el CLI de OpenBTS.

La información suministrada por el comando tmsis en el CLI de OpenBTS, nos indica las siguientes características del terminal que intenta acceder a la red.

- **IMSI (International Mobile Subscriber Identity):** es un número que posee una extensión de 14 dígitos asociado a la SIM Card insertada en el terminal. Esta numeración indica el código del país, código del operador y el número de identificación de suscripción del móvil (por sus siglas en inglés MSIN).
- **IMEI (International Mobile System Equipment Identity):** es un número único internacional que identifica el terminal, posee una longitud de dígitos de 15. El último dígito

es cambiado por un cero en la configuración predeterminada de OpenBTS.

- **Authentication:** es un número binario, indica en caso de ser '0' que el terminal no está registrado en la base de datos, en caso contrario '1' el terminal ya está registrado y conectado exitosamente a la red.

Luego de que el terminal seleccione la red intentará registrarse en este, pero solo hasta hacer el proceso de registro en la base de datos de OpenBTS, tendrá conexión satisfactoria con la red. Es decir, para que un terminal sea aceptado por la estación base, este debe estar previamente registrado y se puede identificar cuando aparezca con '1' en la columna de Authentication. Este proceso se puede observar en el siguiente apartado **Agregar un terminal a la base de datos.**

Para verificar que el terminal conectado con la estación base sea el que el usuario está intentando registrar en la red, digitar en el teclado del terminal `+#06#`, así se conoce el IMEI del teléfono y debe coincidir con el IMEI del comando `tmsis` insertado en el CLI de OpenBTS. En la Figura 18, se observa que el IMEI corresponde al IMSI 732101077701186 de la Figura 17.

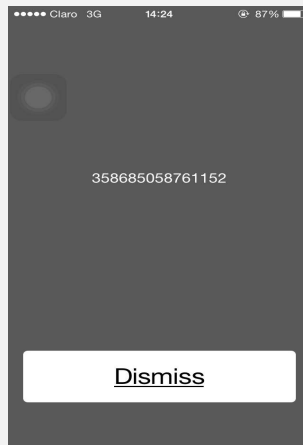


Figura 18. IMEI del terminal iPhone.

Agregar un terminal a la base de datos.

Este proceso es sencillo, basta con conocer el IMSI del terminal y asociarle un número telefónico que puede ser el que comúnmente utiliza. A manera de ejemplo con el comando `./nmcli.py sipauthserve subscribers create "nombre" IMSI"imsi del terminal" \ "número telefónico"`. Para que el comando tenga efecto se debe ingresar al directorio `/dev/openbts/NodeManager`.

En la Figura 18, se observa la aplicación del comando en consola, de igual manera el mensaje que retorna cuando el terminal se registra satisfactoriamente.

Figura 18. Comando para agregar un terminal a la base de datos en consola.

Luego de registrar el usuario en la base de datos, se debe realizar de nuevo los pasos de la sección **Búsqueda de la red en los terminales**. Así, el terminal debe conectar con la estación base y tendrá disposición para recibir y enviar mensajes de texto y llamadas de voz. En la Figura 19, se observa en la parte superior izquierda y en la barra operador que el terminal está conectado con la red Test PLMN 1-1.



Figura 19. Conexión establecida de terminal con red Test PLMN 1-1.

Servicio de mensajería de texto.

Después de todos los procesos de instalación y conectividad entre los terminales y la red, finalmente se pueden aplicar servicios de telecomunicaciones. El primer servicio es el envío de mensajería de texto entre la estación base y un terminal.

Mensaje de texto como prueba de conectividad desde el terminal.

Para verificar que el terminal tenga el servicio de mensajería activo, se realiza un envío mensaje al número 411, la estación base retornará un mensaje de acuso que permite hacer veraz la

comunicación, esta prueba se puede observar en la Figura 20.

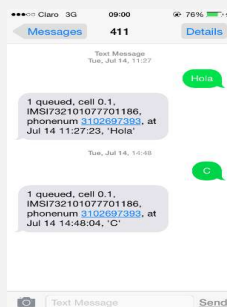


Figura 20. Mensaje como prueba de conectividad enviado desde el terminal.

Mensaje de texto desde el CLI OpenBTS hacia el terminal.

En el CLI de OpenBTS, es posible digitar el siguiente comando `sendsms "IMSI del terminal" "número del remitente" "Mensaje a enviar"`. Para enviar un mensaje de texto corto al terminal que se desee, desde que este esté registrado previamente en la base de datos de la estación base. En la Figura 21, se observa la aplicación correcta del comando `sendsms 732101077701186 1234567 Mensaje de texto desde la consola al terminal.`

Figura 21. Mensaje de texto desde CLI de OpenBTS hacia terminal.

En la Figura 22, se observa la entrega satisfactoria del mensaje de texto al terminal asociado al IMSI 732101077701186 desde el número escogido como remitente. Igualmente se observa que el número máximo de caracteres permitidos es de 40.



Figura 22. Mensaje de texto satisfactorio desde CLI de OpenBTS hacia terminal.

Finalmente en la Figura 23, se observa los eventos a razón de mensajería de texto que ocurrieron con éxito en el CLI de OpenBTS, para activar esta función se debe insertar el comando `stas SMS`.

Figura 23. Eventos de mensajería de texto en el CLI de OpenBTS.

Servicio de llamadas de voz.

Para realizar una llamada de un terminal hacia la estación base, es necesario ingresar al teclado de llamadas y digitar el número 2602, así se tiene comunicación con la estación base y esta retorna al terminal el mismo tráfico enviado. También se puede llamar al número 2600 y la estación base esta vez retorna un sonido continuo como prueba del servicio de llamadas de voz activo.

En la Figura 24, se observa que hay un canal de tráfico TCH (Traffic Channel) que se encuentra en uso, que es ocupado al momento de realizar un llamado al número 2602, igualmente se observan parámetros de transmisión y finalmente el IMSI del terminal que efectuó la llamada.

Figura 24. Canal de tráfico activo en un llamado de voz.

Servicio de llamada de voz entre dos terminales.

Una vez mínimo dos terminales se encuentren registrados en la base de datos de OpenBTS y estén conectados a la red, estos terminales soportan el servicio de llamadas de voz entre sí. Digitando el número con el cual fue registrado en la base de datos en el panel de llamada es posible efectuar la comunicación entre ellos.

En la Figura 25, se observa que hay dos canales de tráfico ocupados en la estación base, de esta manera se comprueba que la llamada ha sido satisfactoria.

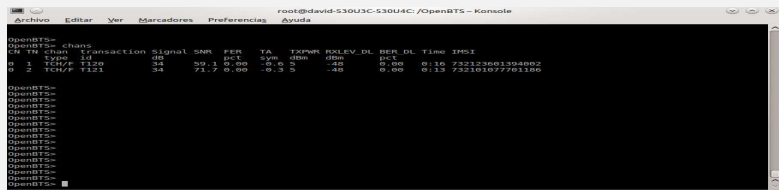


Figura 25. Canales de tráfico activos en llamada de voz.

Finalmente en la Figura 26, se utiliza el comando (**stats GMS**) para de observar los eventos a nivel de llamadas de voz ocurridos en la estación base.

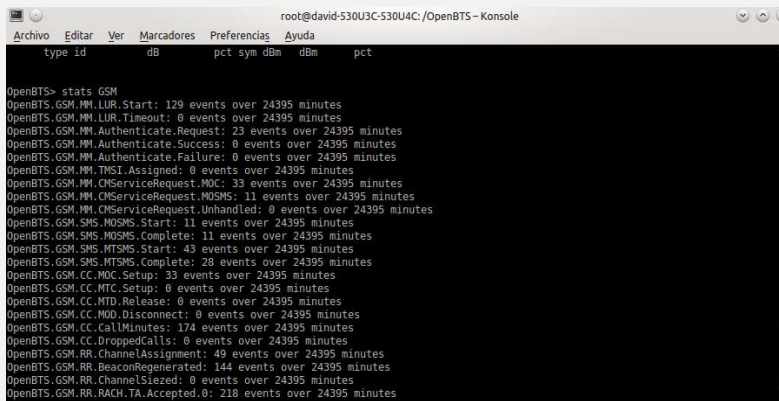


Figura 26. Eventos de llamadas de voz en el CLI de OpenBTS.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

1. Verifique la potencia y frecuencia central de la portadora OpenBTS en un analizador de espectro o dispositivo similar.
2. Verifique los protocolos utilizados en cada uno de los servicios por medio de capturas de tráfico en el software Wireshark.

REFERENCIAS

- JULIÁN D. VÁSQUEZ, IVÁN F. SANTA, JOSÉ V. RESTREPO, "PROTOTIPO DE UNA ESTACIÓN CELULAR PORTATÍL PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS", Universidad Pontificia Bolivariana.
- C. P. Hugo, *Redes móviles celulares*, Editorial@usantotomas.edu.co. Bogotá, D. C., Colombia: Universidad Santo Tomás, 2009.
- C. P. Hugo, *Comunicaciones Móviles de última generación*, María Paula Godoy Casasbuenas. Bogotá, D. C., Colombia: Universidad Santo Tomás, 2012.
- MICHAEL LEDEMA, "GETTING STARTING WITH OPENBTS", O'Reilly Media, Inc., Primera Edición. 2015.