

# Dificultades de la coexistencia con LTE. Un enfoque a escala del sistema

Artículo cedido por Keysight



## Antecedentes

www.keysight.com

Autor: Nidhish Nair

Los teléfonos móviles empezaron a estar disponibles comercialmente y a fabricarse en masa hace unos 30 años. Esos teléfonos estaban equipados con GSM, la tecnología elegida para la prestación de servicios de voz y datos de vía aérea (OTA) en dispositivos de mano.

Con la aparición de estándares nuevos para móviles y conectividad, a saber, CDMA, WCDMA, WiMAX y LTE, Bluetooth, Wi-Fi, etc., que mejoran la eficiencia del ancho de banda y utilizan esquemas de modulación diferentes y distintas tecnologías de acceso para ofrecer mejoras en los modelos de rendimiento y uso de los teléfonos móviles, ahora, además de llamar o enviar mensajes de texto a otras personas, podemos:

- imprimir documentos enviándolos directamente del teléfono a la impresora de casa, o
- compartir nuestra boda con nuestros amigos, por ejemplo, utilizando transferencias de vídeo HD en directo mediante aplicaciones de VoIP comerciales desde móviles que emplean redes de datos rápidas de amplia cobertura como LTE.

Ahora, en los teléfonos "inteligentes" modernos, los diferentes estándares de radio son una necesidad básica y un argumento de venta importante. La necesidad de smartphones más pequeños y ligeros, capaces de ofrecer la velocidad de servicio de LTE, la conectividad rápida de Bluetooth y NFC (comu-

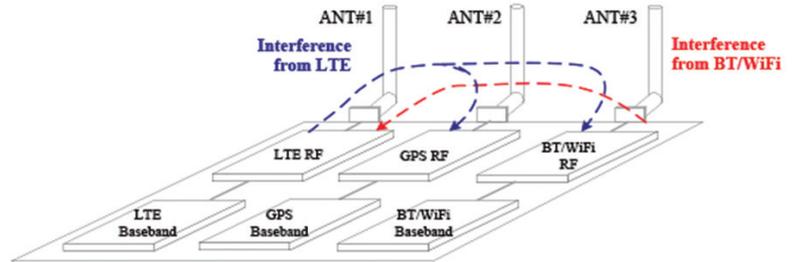


Figura 1. Interferencia de coexistencia en el mismo UE (fuente: especificación 36.816 del 3GPP).

nicación de campo cercano) y la sencillez de uso de los hotspots de Wi-Fi rápidos desplegados en locales comerciales, hace que todas estas tecnologías de radio acaben embutidas en el pequeño factor de formato de los móviles de hoy en día.

Por consiguiente, al utilizar las señales de radio de una de las tecnologías aparecen interferencias no deseadas con las señales de radio de las otras tecnologías, lo que a su vez provoca un comportamiento del dispositivo peor del previsto. A causa de esto, es necesario probar la coexistencia dentro del dispositivo (IDC), tanto en los transmisores como en los receptores de las señales de radio individuales desde la perspectiva de la señal de radiofrecuencia (RF), y también se debe probar la degradación del rendimiento a nivel del sistema en lo que respecta a los efectos de las velocidades de datos máximas alcanzables en diferentes condiciones de radio.

Este artículo presenta una introducción a la IDC y posibles casos de uso en los que puede aparecer

la IDC en concreto con las tecnologías LTE y Wi-Fi. A continuación analiza algunos datos recabados a partir de simulaciones de laboratorio para mostrar los resultados del rendimiento de un receptor de LTE afectado por el transmisor de Wi-Fi.

## Introducción a la coexistencia dentro del dispositivo

La mayoría de las tecnologías móviles y de conectividad que encontramos en los teléfonos móviles actuales (LTE, WCDMA, Bluetooth, Wi-Fi) emplean un espectro de frecuencias definido por las autoridades normativas de las tecnologías correspondientes. En muchos casos, la asignación de frecuencias se realiza de modo que los espectros no se solapen, principalmente para evitar la interferencia entre tecnologías.

Sin embargo, al aumentar el espectro de frecuencias de LTE desplegado en el mercado, es bastante habitual que se produzcan solapamientos de frecuencias entre tecnologías. Por ejemplo, la banda de LTE 7 (FDD) y las bandas de funcionamiento de ISM para WLAN comparten el mismo espectro de frecuencias, lo que da lugar al concepto de coexistencia dentro del dispositivo (IDC).

El problema de la coexistencia se hace más evidente cuando una de las señales (por ejemplo, la WLAN) transmitida es más fuerte que otra señal (por ejemplo, la de LTE) recibida. Esta situación hace que el espectro de frecuencias de WLAN

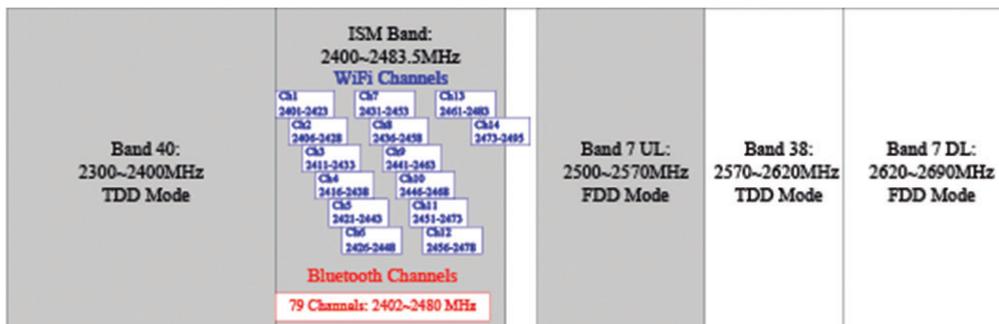


Figura 2. Bandas de frecuencia del 3GPP alrededor de la banda ISM (fuente: especificación 36.816 del 3GPP).

se solape con el espectro de frecuencias de la señal de LTE que se recibe en el equipo de usuario (UE) y lo anula. En la imagen siguiente se muestra la proximidad de las señales de radio de LTE e ISM (banda de frecuencia industrial, científica y médica) en un smartphone y los posibles casos de interferencias de las señales de radio entre sí.

## Casos posibles y ejemplos del mundo real

La imagen siguiente de la especificación 3GPP permite visualizar la proximidad de las frecuencias de funcionamiento de las diferentes señales de radio que existen en un teléfono móvil actual.

La banda ISM se encuentra entre dos bandas de funcionamiento de LTE muy utilizadas: la banda LTE 40 (TDD) y la banda LTE 7 (FDD, solo enlace ascendente).

La banda LTE TDD 40 incluye el enlace ascendente y el descendente en el mismo espectro de frecuencias. De esto se desprenden los posibles casos de IDC siguientes:

- Interferencia del transmisor LTE con el receptor Wi-Fi
- Interferencia del transmisor Wi-Fi con el receptor LTE

El funcionamiento del enlace descendente de la banda LTE FDD 7 está bien separado de la banda ISM. Sin embargo, el funcionamiento del enlace ascendente vuelve a estar junto a la banda ISM, lo que se traduce en un caso de IDC más probable de:

- Interferencia del transmisor LTE con el receptor Wi-Fi

Un ejemplo del mundo real es el uso de voz sobre LTE mientras un usuario accede a aplicaciones específicas de VoIP, las cuales, de forma inherente, utilizan Wi-Fi para obtener un ancho de banda y una velocidad de datos más rápidos. En ese caso, están en funcionamiento tanto el transmisor y el receptor LTE como el receptor y el transmisor Wi-Fi, lo que puede provocar interferencias de unos componentes con otros si funcionan en las bandas indicadas anteriormente.

## Posibles soluciones

Además de mejorar el filtrado y el diseño de la radiofrecuencia para



Figura 3.1. Barrido periódico en busca de actividad de redes Wi-Fi por parte de la GUI del UE que da lugar a una BLER considerable.



Figura 3.2. Captura de HARQ registrada por el simulador de LTE que muestra la tercera retransmisión durante uno de los barridos.

abordar el problema de la IDC, se han propuesto diversas soluciones que utilizan mecanismos de protocolos. Algunas de las soluciones propuestas son las siguientes:

### Reubicación de la frecuencia de funcionamiento de LTE/ISM

Pensemos en un ejemplo en el que el UE utilice una conexión LTE, entre en un rango de señal de un punto de acceso (AP) Wi-Fi, se conecte a él y empiece a transmitir datos (tráfico) por ese AP.

En este caso, utilizando algún mecanismo de coordinación entre el UE y la estación base, se puede trasladar el funcionamiento de LTE a un canal diferente que esté más alejado del canal Wi-Fi utilizado para llevar a cabo una operación de tipo traspaso.

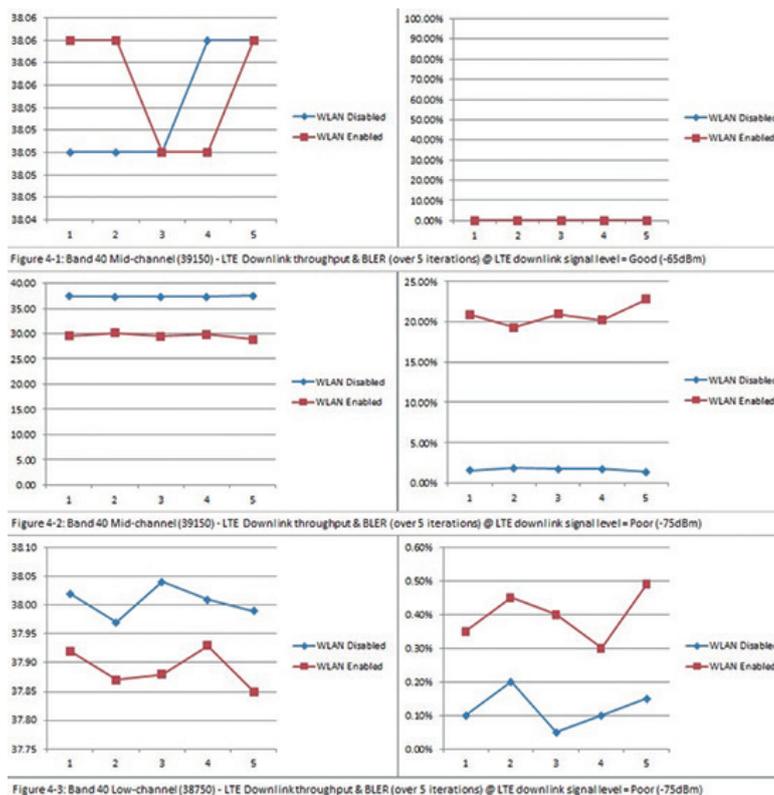
### Multiplexión por división en el tiempo del funcionamiento de LTE/Wi-Fi

En este caso, la idea es evitar el funcionamiento simultáneo del transmisor de radio Wi-Fi y el receptor LTE y, del mismo modo, impedir el funcionamiento simultáneo del receptor de radio Wi-Fi y el transmisor LTE.

### Control de potencia

Uno de los principales motivos por el que aparece el problema de la IDC es el exceso de potencia de una señal en relación con la otra. Si se transmite LTE y se recibe una señal de radio de Wi-Fi, la señal de LTE es la que interfiere con el receptor Wi-Fi, es decir, la potencia del enlace ascendente del UE es la principal fuente de interferencia. Una forma de abordar este problema consiste

Figura 4. Trazas de velocidad y BLER en diferentes condiciones del canal y en canales de LTE medio y bajo.



en reducir la potencia de la señal del enlace ascendente LTE utilizando mecanismos de control de la potencia en LTE como el control de la potencia de transmisión (TPC) y ajustar la potencia del UE a un valor inferior cuando se detecta el funcionamiento de Wi-Fi en un canal cercano del mismo UE. Un enfoque parecido puede emplearse para reducir la potencia del transmisor Wi-Fi cuando el receptor utilizado es el LTE.

### Necesidad de pruebas a escala del sistema

A la vista de la gran cantidad de soluciones y problemas posibles en las capas física y de protocolo, es fundamental comprender cómo afecta la IDC al conjunto del sistema. En el próximo apartado realizaremos algunos experimentos para explicar cómo repercute la IDC en la velocidad de LTE/WLAN cuando una señal actúa como agresora mientras la otra acaba siendo la víctima.

La configuración utiliza la solución de pruebas de LTE UXM de Keysight (E7515A) como emulador de la estación base de banda de TDD LTE 40 junto con una conexión Wi-Fi comercial activa y disponible en el laboratorio. El dispositivo utilizado

es un smartphone capaz de usar la banda de TDD LTE 40 y con el Wi-Fi habilitado que admite los estándares de comunicaciones móviles y conectividad más novedosos y avanzados. Todos los experimentos se repitieron 5 veces por punto de prueba para asegurarnos de que los resultados no reflejaran casos excepcionales.

## Experimentos

### Configuración

Todos los experimentos se realizaron utilizando la configuración siguiente:

- Banda LTE 40
- Modo de transmisión LTE 1
- Ancho de banda del canal de LTE de 20 MHz
- MCS de enlace descendente de LTE de 23
- Configuración de enlace ascendente-enlace descendente de LTE TDD establecida en 2 (permite habilitar una mayor capacidad de velocidad del enlace descendente para este experimento)
- La velocidad de LTE se prueba utilizando la capacidad de generación de datos de capa física a demanda del simulador de estación base de Keysight

- WLAN deshabilitada (establece el modo de WLAN del UE en Desactivado)
- WLAN habilitada (establece el modo de WLAN del UE en Activado y se transmite un vídeo en HD a YouTube)

### Experimentos

Para este artículo se tienen en cuenta 2 conjuntos de experimentos que repercuten en la velocidad del enlace descendente de LTE y el rendimiento de la tasa de error de bloque (BLER), a saber:

- Efecto de la operación de barrido de señales de WLAN en el UE (para buscar redes disponibles)
- Efecto de una actividad de descarga de YouTube en la WLAN

El segundo caso también muestra un cambio de rendimiento en el enlace descendente de LTE cuando el canal de funcionamiento de LTE se aleja de la banda ISM.

## Resultados y observaciones

### Experimento nº 1

Se observó que tener una señal de WLAN conectada a un punto de acceso Wi-Fi activo no tiene efecto alguno en el rendimiento de velocidad de LTE. También se observó que, con una buena condición de la señal de LTE (-65 dBm), en cuanto el UE inicia el barrido en búsqueda de redes Wi-Fi utilizando la GUI se produce un pico repentino de la BLER capturada. En las figuras 3-1 y 3-2 se ven la BLER capturada y las retransmisiones HARQ identificadas en el emulador de la estación base, respectivamente.

### Experimento nº 2

En el funcionamiento de canal medio (EARFCN 39150), el UE exhibió el mismo rendimiento con la señal de WLAN deshabilitada que con la señal de WLAN habilitada y activa en buenas condiciones del canal de LTE. Sin embargo, si las condiciones del canal de LTE no eran buenas, la diferencia de rendimiento era muy visible. El UE registró casi un 20% de BLER y una caída de casi 10 Mbps en la velocidad al tener habilitada la señal de WLAN y estar descargando de

forma activa un vídeo de YouTube. Si se mantenían las malas condiciones del canal de LTE pero se alejaba el canal de funcionamiento de LTE de la banda ISM, por ejemplo, si se usaba un canal bajo de banda LTE 40 (EARFCN 38750), se producía una clara mejora en el rendimiento, tal como se observa en los gráficos siguientes.

## Conclusión

La presencia de determinadas bandas de LTE cerca de la banda de funcionamiento de ISM utilizada para las señales de WLAN, Bluetooth, etc., produce una clara disminución del rendimiento de una tecnología cuando la otra está activa.

Los experimentos realizados para este artículo ponen de manifiesto la BLER introducida por una sencilla actividad de barrido en busca de redes Wi-Fi. Del segundo experimento se desprende que, a niveles de sensibilidad de una señal, la degradación del rendimiento se acentúa de forma espectacular a causa de la actividad de la otra señal. En este caso, la actividad de transmitir un vídeo de

YouTube provoca la degradación del rendimiento del receptor LTE. También hemos visto que, simplemente con alejar el canal de funcionamiento de LTE de la banda ISM, aparentemente mejora el rendimiento del canal de LTE en condiciones de canal similares.

Con el aumento de las bandas de funcionamiento de LTE, algunas cerca de la banda de funcionamiento de ISM para WLAN, queda patente la importancia de realizar pruebas a escala del sistema, es decir, pruebas de velocidad/BLER de LTE/WLAN

para conocer la repercusión que tiene el transmisor de WLAN en el receptor LTE y a la inversa.

## Acerca del autor

El autor de este artículo es Nidhish Nair. Actualmente trabaja en Keysight Technologies como ingeniero de aplicaciones para aplicaciones móviles. Posee un título de máster en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Colorado en Boulder, donde se especializó en Sistemas Integrados y Redes Móviles. 

## REFERENCIAS

- 3GPP TR 21.905: "Vocabulary for 3GPP specifications" (Vocabulario para las especificaciones del 3GPP).
- 3GPP TS 36.101: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception" (Red universal evolucionada de acceso de radio terrestre (red E-UTRA); transmisión y recepción de radio en equipos de usuario).
- 3GPP TS 36.816: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Study on signaling and procedure for interference avoidance for in-device coexistence" (Red universal evolucionada de acceso de radio terrestre (red E-UTRA); estudio sobre la señalización y el procedimiento para evitar interferencias para la coexistencia en el dispositivo).