

Emulación del Perfil de Potencia-Retardo de Modelos de Canal Espacial Extendido en Cámara de Reverberación de Modos Agitados

M. A. García-Fernández, D. Sánchez-Hernández
 Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicaciones
 Universidad Politécnica de Cartagena, Campus Muralla del Mar, E-30202 Cartagena Spain
 Teléfono: 968 32 5376 Fax: 968 32 5973
 E-mail: garciafernandez.ma@upct.es

Resumen. Una cámara de reverberación de modos agitados (del inglés *Mode-Stirred Reverberation Chamber, MSRC*) emula de forma innata un modelo de canal con un perfil potencia-retardo (del inglés *Power Delay Profile, PDP*) con decaimiento exponencial. En esta contribución se propone un nuevo método para emular modelos de canal espacial extendido (del inglés *Spatial Channel Model Extended, SCME*) cuando se usa un emulador de canal (del inglés *Channel Emulator, CE*) en combinación con una MSRC. La novedosa técnica deconvoluciona el PDP con decaimiento exponencial innato de la MSRC fuera del SCME deseado, para obtener los saltos de retardos (del inglés *delay taps*) a inyectar en el CE, en cascada con la MSRC, para emular en ésta el SCME con su verdadero PDP. Los resultados muestran por primera vez que se puede realizar de forma precisa una emulación de un SCME con su verdadero PDP con un CE conectado a una MSRC.

1 Introducción

Una cámara de reverberación de modos agitados (MSRC) emula de forma innata un modelo de canal con un perfil potencia-retardo (PDP) con decaimiento exponencial. Una MSRC puede también ajustarse para cambiar su dispersión del retardo (del inglés *RMS delay spread, RMS DS*), cargándola con absorbentes, al de un modelo de canal conocido como *NIST Indoor-Urban*, que se basa en medidas de canal de exterior a interior reales en entornos urbanos [1]. Asimismo, puede ser útil para emular modelos de canal como el *3GPP standardized Urban Macro-cell (UMA) Spatial Channel Model Extended (SCME)* [2], para la campaña *3GPP/CTIA/COST2100 HSDPA SIMO round robin*, utilizando una cámara de reverberación (RC), como se describe en [3]. La técnica empleada consistió en inyectar un modelo de canal espacial extendido (SCME), emulado por un emulador de canal (CE) utilizando diversos saltos de retardos (delay taps), en una RC ajustada previamente para tener un RMS DS de 90 nanosegundos (ns), como el PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban*. El análisis fue realizado utilizando una agitación por pasos donde la tasa de transferencia (*throughput*) se muestreó en cada posición fija del agitador para evitar cualquier desviación Doppler. El PDP del SCME UMA se muestra en la Fig. 1, como se especifica en [3]. Para la campaña *HSDPA SIMO OTA round robin*, la configuración del CE para el SCME UMA empleado es definida en [4]. Sin embargo, el PDP emulado resultó ser el del SCME convolucionado con el PDP con decaimiento exponencial innato de la MSRC, con lo que se obtuvieron valores finales de *throughput* diferentes de los emulados en cámara anecoica. Debido a que la emulación de SCME mediante métodos inalámbricos (del inglés *Over The Air, OTA*) basados en cámara anecoica sufre una serie de defectos, no se concluyó

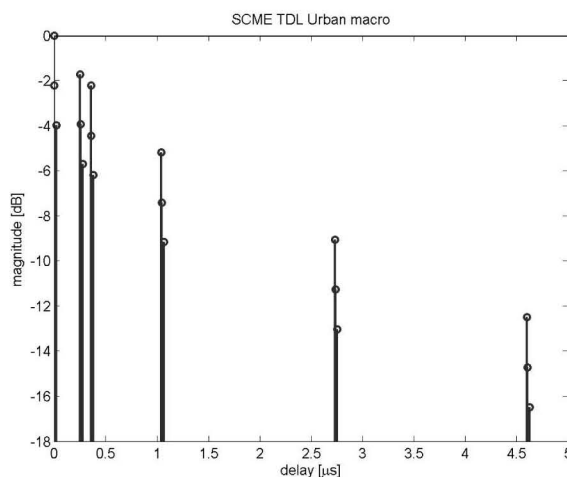


Fig. 1. PDP teóricos de los SCME Urban Macro-cell (UMA).

durante la campaña *3GPP/CTIA/COST2100 HSDPA SIMO round robin* si los valores finales de *throughput* usando SCME inyectados en una RC eran más o menos precisos que aquellos obtenidos en cámara anecoica, sino simplemente que los dos métodos arrojaban resultados diferentes. Del mismo modo, varios autores han resaltado que el uso de modelos uniformes (como el modelo de canal *NIST Indoor-Urban*) es más apropiados que el de modelos de múltiples agrupaciones o geométricos (como los SCME) para analizar dispositivos MIMO (*Multiple-input Multiple-output*, en español, Múltiple entrada múltiple salida) usando técnicas OTA. La idoneidad de un modelo de canal específico para el análisis en MIMO OTA es todavía materia de discusión tanto en 3GPP como en CTIA, y no es objeto de la presente contribución. En esta contribución, proponemos un método novedoso para emular SCME con su verdadero PDP cuando un CE es usado en combinación con una MSRC. La novedosa técnica deconvoluciona el PDP con decaimiento exponencial innato de la MSRC fuera del SCME deseado, para

obtener los saltos de retardos a inyectar en el CE, en cascada con la MSRC, para emular en ésta el SCME con su verdadero PDP. Los resultados muestran por primera vez que se puede realizar de forma precisa una emulación de un SCME con su verdadero PDP con un CE conectado a una MSRC. La técnica ha sido empleada en la campaña *3GPP LTE MIMO OTA round robin*.

2 Emulación de Canal en MSRC

Una MSRC puede ajustarse (cargándola con absorbentes) para emular el modelo de canal *NIST Indoor-Urban*. Un resumen de los parámetros que describen este modelo de canal se muestra en la Tabla I, que da los saltos de retardo correspondientes con la línea de saltos de retardo a implementar en un CE, como se especifica en [3]. El PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban* emulado por una MSRC puede ser medido directamente, pasando la respuesta en frecuencia de la cámara mediante transformada inversa de Fourier al dominio del tiempo. El cálculo de la dispersión del retardo se realiza sobre los datos en el dominio del tiempo, bien directamente, calculando la desviación estándar de la variable aleatoria discreta tiempo con función puntual de probabilidad su PDP normalizado, que no tiene en cuenta fuentes potenciales de errores en la respuesta en frecuencia paso-banda, enventanada por la antena, o bien encontrando la relación entre la dispersión del retardo y la pendiente del PDP en decibelios (dB). Dada dicha relación, podemos estimar la dispersión del retardo de una medida de la respuesta en frecuencia de la cámara, que es medida durante su proceso de calibración, para obtener su función de transferencia de potencia media. La relación entre la dispersión del retardo σ_τ y la respuesta en frecuencia de la cámara H es

$$\sigma_\tau = -\frac{10}{\ln 10} \frac{1}{m} = -\frac{|h(t)|}{2 \frac{d}{dt}|h(t)|} = -\frac{|IFFT(H)|}{2 \frac{d}{dt}|IFFT(H)|} \quad (1)$$

donde m es la pendiente del PDP en dB, $h(t)$ es la respuesta al impulso de la cámara, e *IFFT* es la transformada rápida de Fourier inversa (del inglés, *Inverse Fast Fourier Transform*). La Fig. 2 muestra el PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban* medido en una MSRC E300a MIMO Analyzer, ajustada para tener una dispersión del retardo de 90 ± 5 ns como se especifica en [3]. Una *E300a MIMO Analyzer* es una MSRC de segunda generación, con

TABLA I
MODELO DE SALTOS DE RETARDO NIST INDOOR-URBAN

Delay Window 90% Energy [ns]	Delay Interval 25 dB [ns]
0	0.0
40	-1.7
120	-5.2
180	-7.8
210	-9.1
260	-11.3
350	-15.2

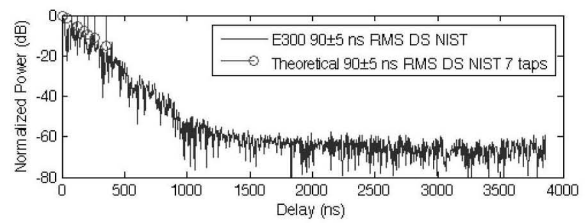


Fig. 2. PDP del modelo de canal NIST Indoor-Urban medido en una MSRC E300a MIMO Analyzer, ajustada para tener una dispersión del retardo de 90 ± 5 ns (azul), y teórico (rojo).

dos cavidades, con dimensiones externas de $0.82\text{m} \times 1.425\text{m} \times 1.95\text{m}$, 8 antenas transmisoras, agitación por polarización mediante acoplo entre aperturas y diferentes orientaciones de las antenas transmisoras, 3 agitadores mecánicos y de acoplamiento de modos, 1 posicionador-agitador y un iris con acoplo variable. El PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban* teórico, con 90 ± 5 ns de dispersión del retardo, se muestra también en la Fig. 2 para su comparación.

3 Emulación de SCME en la campaña 3GPP HSDPA SIMO OTA round robin en una MSRC

El modelo de canal emulado en una RC para la metodología candidata que combina un CE en cascada con una RC en la campaña *3GPP HSDPA SIMO OTA round robin* es el resultante del SCME configurado en el CE convolucionado con el modelo de canal con PDP con decaimiento exponencial innato de la RC. Esto se ilustra en la Fig. 3 para el SCME UMA teórico con 6 saltos de retardo y la MSRC ajustada (cargándola con absorbentes) para emular un modelo de canal *NIST Indoor-Urban*, esto es, su PDP innato con decaimiento exponencial pero con una dispersión del retardo de 90 ± 5 ns. El resultado es claramente diferente del PDP del SCME UMA mostrado en la Fig. 1. El efecto de la caída exponencial visto en cada salto de retardo podría afectar de forma adversa a la realización de los valores finales de throughput de los dispositivos analizados (del inglés Device Under Test, DUT).

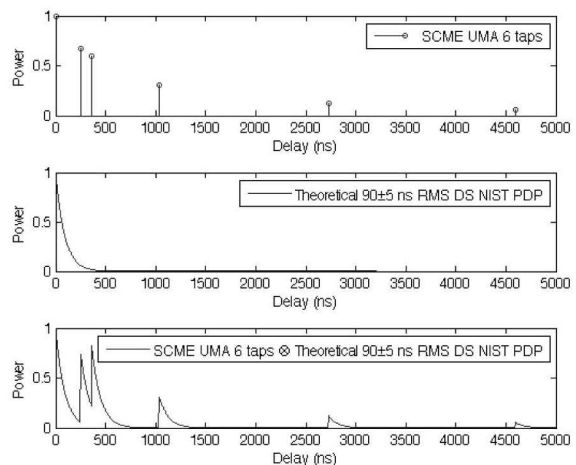


Fig. 3. PDP del SCME UMA con 6 saltos de retardo convolucionado con el PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban* teórico.

4 Emulación precisa de SCME con verdadero PDP en una MSRC

La emulación de un SCME en una MSRC, utilizando una metodología de CE en cascada con la MSRC, podría ser más precisa calculando los saltos de retardo requeridos en un CE que deberían ser inyectados en la práctica en una MSRC con un PDP con pequeña dispersión del retardo, como el PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban*, para obtener el SCME deseado en la MSRC. Esto se obtiene deconvolucionando el PDP con decaimiento exponencial innato de la MSRC fuera del PDP del SCME que se desea emular. El PDP resultante debe ser traducido en saltos de retardo para ser configurado en el CE. El resultado de esta deconvolución se muestra en la Fig. 4 (abajo), que muestra el PDP que debería estar disponible a la salida del CE para obtener el SCMA UMA deseado, con 6 saltos de retardo, en una MSRC (como el *E300a MIMO Analyzer*). Esta gráfica muestra algunos saltos de retardo con fase 0° y otros con fase 180° , ligeramente retardados con respecto a los primeros. Cuando se suman dos señales similares con signo opuesto y una diferencia temporal infinitesimal, en vez de cero, se obtiene una delta de Dirac con amplitud igual a la de dicha señal. Además, como cuando ha transcurrido un tiempo muy pequeño, la señal exponencial (PDP innato de una MSRC) ha decaído en una amplitud igual a $e^{-\delta t/\tau_{rms}}$, donde τ_{rms} es la dispersión del retardo, y por tanto, la delta negativa homóloga a una delta positiva debe ser de dicha amplitud para obtener resultados con amplitud exacta en su convolución con el PDP con caída exponencial innato de la MSRC. Esto se demuestra en la Fig. 5, donde los saltos de retardo requeridos en un CE (arriba) son inyectados de forma teórica en una MSRC con dispersión del retardo de 90 ± 5 ns, como el modelo de canal *NIST Indoor-Urban* (centro), obteniendo como resultado de su convolución el SCME emulado en la MSRC (abajo).

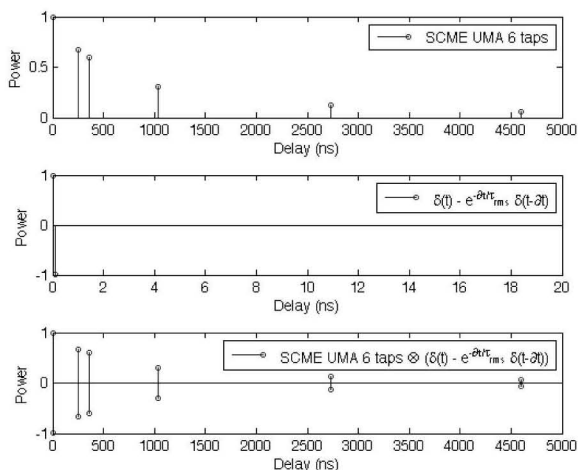


Fig. 4. SCME UMA teórico con 6 saltos de retardo (arriba) convolucionado con $\delta(t) - e^{-\delta t/\tau_{rms}} \delta(t - \delta t)$ (centro) resulta en los saltos de retardo requeridos en un CE (abajo), que en cascada con una MSRC con PDP con pequeña dispersión del retardo, como el PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban*, resulta en el SCMA UMA con 6 saltos de retardo deseado con su verdadero PDP.

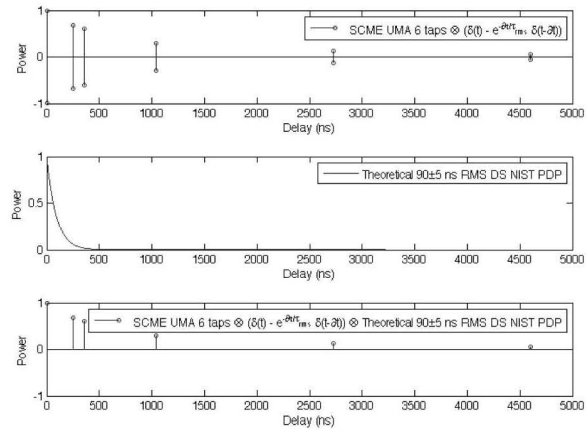


Fig. 5. Saltos de retardo requeridos en un CE (arriba) en cascada con una MSRC con pequeña dispersión del retardo, como el PDP del modelo de canal *NIST Indoor-Urban* (centro), para obtener emulado el SCME UMA teórico con 6 saltos de retardo en la MSRC (abajo).

El SCME UMA con 6 saltos de retardo se compara con el resultado anterior en la Fig. 6. Como se puede observar, el SCME UMA emulado propuesto sigue de cerca el SCMA UMA teórico con 6 saltos de retardo.

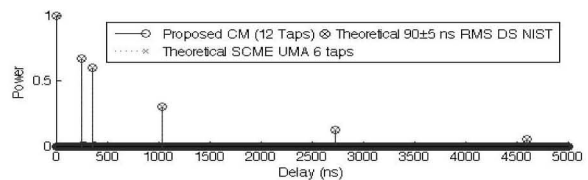


Fig. 6. El modelo de canal propuesto, emulado en RC, y el SCME UMA teórico con 6 saltos de retardo.

3 Conclusiones

Se propone la emulación precisa de un SCME con su verdadero PDP para un CE conectado a una MSRC por primera vez. A pesar de la precisión que el SCME represente para reproducir un escenario realista, o de si el modelo de canal uniforme podría ser también usado para análisis MIMO OTA, esta emulación de SCME con verdadero PDP usando una RC podría ser muy útil para estudios MIMO OTA futuros. 3GPP y CTIA, en particular, podrían beneficiarse claramente de resultados comparables a otras metodologías candidatas.

Referencias

- [1] RCSG090914, "Baseline Criteria for SIMO/MIMO Radiated Performance Testing", AT&T, CTIA Reverberation Chamber Subgroup contribution, September 2009.
- [2] RCSG090913, "Outdoor-to-Indoor Channel Measurements and Models", D. Matolak, K. Remley, C. Holloway, CTIA Reverberation Chamber Subgroup contribution, September 2009.
- [3] CTIA contribution document RCSG100905. Test Plan for Multi-Antenna OTA Performance Measurements in Reverberation Chamber. 6 October 2010.
- [4] 3GPP TR 37.976, "Measurement of radiated performance for MIMO and multi-antenna reception for HSPA and LTE terminals (Release 10)", version 1.1.0.