

Sistemas y Servicios de Transmisión por Radio

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación

Tarea Tema 3: Propagación radioeléctrica, modelos y caracterización del canal radio

La tarea está personalizada según el DNI de cada alumno, a partir de la siguiente notación:

DNI: $X_8 X_7 X_6 X_5 X_4 X_3 X_2 X_1 - LETRA$, siendo X_i el dígito i -ésimo de derecha a izquierda.

EJERCICIO 1 (8,5 puntos)

En el fichero [Channel.mat](#) se incluye una matriz (**data_URA**) que contiene las medidas de canal realizadas en el **dominio de la frecuencia** haciendo uso de un analizador de redes vectorial (VNA, *Vector Network Analyzer*). Se han utilizado antenas omnidireccionales en el plano horizontal, con polarización lineal. En el lado del receptor se ha considerado un *array* rectangular uniforme (URA, *Uniform Rectangular Array*) de dimensiones 12x12 con una separación entre elementos de 3,04 mm.

Para cada posición del *array* se ha medido el parámetro de *scattering* $S_{21}(f)$ en su forma compleja (parte real e imaginaria) desde 25 hasta 40 GHz. El número de muestras en frecuencia medidas es 8192.

Las dimensiones de la matriz `data_URA` son 12x12x8192, de modo que `data_URA(m,n,:)` contiene las 8192 muestras en frecuencia medidas en la posición (m,n) del URA.

Considerando

$$M = \left\lfloor \frac{11}{9} X_3 \right\rfloor + 1 \text{ y } N = \left\lfloor \frac{11}{9} X_1 \right\rfloor + 1, \text{ donde } \lfloor x \rfloor \text{ indica el redondeo al entero inferior.}$$

1. Calcular el *SPAN* y la resolución en frecuencia utilizada en las medidas.
2. Dibujar la función de transferencia cronovariable, $T(f, t_0)$, para la antena Rx en la posición (M,N) del URA. Considere que la ganancia de las antenas es constante en el margen de frecuencias medido, lo que permite asumir $T(f, t_0) \equiv S_{21}(f)$. A la vista de los resultados comente a qué se debe el efecto de selectividad en frecuencia que se aprecia.
3. Dibujar en unidades lineales y logarítmicas el *power delay profile* (PDP), $PDP(\tau) \equiv P_h(\tau)$, para la posición (M,N) del URA. ¿Cuál es el tiempo de propagación

asociado a la contribución principal?, entendida ésta como la de mayor amplitud. A qué distancia se encontraban las antenas Tx y Rx durante las medidas. Comente la forma de la respuesta impulsional.

4. Calcular el *delay-spread*, σ_τ , asociado para un nivel de *threshold* (TH) de 20 dB con respecto del máximo, cuando la antena Rx está en la posición (M,N) del URA. Esto es equivalente a despreciar todas aquellas contribuciones que alcanzan la antena Rx con un nivel 20 dB por debajo de la contribución principal. ¿Cómo influye el valor de TH en la estimación del *delay-spread*?
5. ¿Cuál es el máximo valor de TH que podría considerarse desde un punto de vista de ruido para estimar el *delay-spread* en la posición (M,N)?
6. Calcular el ancho de banda de coherencia, B_C , para un nivel de correlación del 70%, en la posición (M,N) del URA.
7. Dibuje ahora el APDP (*Average PDP*) considerando todas las posiciones del array:

$$APDP(\tau) \equiv \frac{1}{M_{URA} N_{URA}} \sum_{m=1}^{M_{URA}} \sum_n^{N_{URA}} PDP_{mn}(\tau),$$

donde M_{URA} y N_{URA} son el número de filas y columnas del URA respectivamente, en nuestro caso $M_{URA} = N_{URA} = 12$

8. Obtenga ahora el *delay-spread* y el ancho de banda de coherencia para una correlación del 70% a partir del APDP. Compare los resultados con los obtenidos anteriormente.

Sugerencias y aclaraciones

$$\bar{\tau} = \frac{\int_0^\infty \tau P_h(\tau) d\tau}{\int_0^\infty P_h(\tau) d\tau} = \frac{\sum_i \tau_i P_h(\tau_i)}{\sum_i P_h(\tau_i)}$$

$$\sigma_\tau \equiv \tau_{rms} \triangleq \sqrt{\frac{\int_0^\infty (\tau - \bar{\tau})^2 P_h(\tau) d\tau}{\int_0^\infty P_h(\tau) d\tau}} = \sqrt{\frac{\sum_i (\tau_i - \bar{\tau})^2 P_h(\tau_i)}{\sum_i P_h(\tau_i)}}$$

- Los parámetros de *scattering* relacionan tensiones, lo que debe tenerse en cuenta cuando se representa el PDP en unidades logarítmicas.
- Cuando se representa el PDP en función del retardo de propagación, el vector de retardos está relacionado con el ancho de banda utilizado en la medida: $\Delta\tau = 1 / SPAN$.
- Para calcular la función de correlación en frecuencia se sugiere hacer la transformada de Fourier del PDP, aunque puede calcularse directamente la función de autocorrelación.

EJERCICIO 2 (1,5 puntos)

Se pretende diseñar una sonda de canal basada en el principio de correlación para medir canales MIMO MxM, mismo número de antenas en transmisión y recepción. El Tx se ubica en lo alto de una azotea simulando una estación base de telefonía móvil. El Rx se embarca a bordo de un vehículo que se desplaza a una velocidad máxima $v_{\text{máx}} = (41 + X_1)$ km/h. El efecto multicamino provoca un retardo máximo de propagación en el canal igual a $(5 + X_2)$ μs . ¿Cuál es el número máximo de antenas que podremos utilizar en Tx y Rx para medir la respuesta del canal a una frecuencia de 3.5 GHz? Razone el procedimiento seguido.