

# MODELADO GEOMÉTRICO DE ENTORNOS URBANOS PARA EL ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD ESPACIAL EN COMUNICACIONES MÓVILES

M.A. Vázquez-Castro<sup>1</sup>, Dawit Belay Zelek<sup>1</sup>, A. Sánchez Esguevillas<sup>2</sup>

Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones  
Universidad Carlos III de Madrid, Avda. Universidad 30, 28911 Leganés, Madrid

[maryan@tsc.uc3m.es](mailto:maryan@tsc.uc3m.es), [dbelay@tsc.uc3m.es](mailto:dbelay@tsc.uc3m.es)

<sup>2</sup> Telefonica I+D, Infraestructura de Voz IP  
[ajse@tid.es](mailto:ajse@tid.es)

## RESUMEN

En este artículo se presenta un modelo geométrico para calcular las elevaciones a las que un usuario móvil ve los edificios que le rodean cuando se encuentra en entorno urbano. Para ello, se ha hecho un estudio para encontrar qué parámetros estadísticos caracterizan las alturas de los edificios de dos ciudades europeas distintas: Madrid (España) y Londres (Inglaterra). Esta caracterización estadística permite calcular el ángulo de enmascaramiento debido a los edificios. Este es un parámetro necesario y crítico para el diseño de sistemas de comunicaciones móviles, en particular por satélite. Estos sistemas se basan en el uso de diversidad espacial para alcanzar una disponibilidad aceptable y el efecto del ángulo de enmascaramiento de los edificios es necesario considerarlo apropiadamente según el entorno, en especial si el entorno es urbano.

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad del enlace en comunicaciones móviles se ve afectada por el desvanecimiento debido al multitrayecto (variaciones rápidas) y por el efecto de sombra (variaciones lentas). Las redes de acceso radio propuestas en IMT-2000 (International Mobile Telecommunication) proponen CDMA (Code Division Multiple Access) como tecnología radio lo cual inherentemente conlleva el uso de *soft-handoff* y macrodiversidad.

La microdiversidad es utilizada por el sistema GSM (Global System for Mobile Communications) basado en TDMA (Time Division Multiple Access) y consiste en el uso de más de una antena en recepción separadas unas decenas de longitudes de onda. Esta pequeña separación es suficiente para que las señales recibidas en ambas antenas estén incorreladas y por lo tanto se obtenga cierta ganancia por combinación de ambas señales. Aún cuando la separación no es grande sí es excesiva para ser implementada en los terminales móviles por lo cual la microdiversidad sólo se implementa en las estaciones base (es decir, en el *up-link*).

En cambio, el concepto de macrodiversidad de los sistemas CDMA es totalmente diferente. Consiste en que un mismo enlace esté siendo servido por más de una estación base por lo que tanto las estaciones base como el terminal involucrados pueden combinar las señales recibidas por los diferentes canales activados

para la misma comunicación. Esto quiere decir que los eventuales beneficios del uso de macrodiversidad ocurren en el *up-link* y en el *down-link*.

En este artículo nos planteamos analizar el efecto de las alturas de los edificios que rodean el móvil en un entorno urbano ya que puede reducir drásticamente la ganancia por diversidad. En particular, este efecto es decisivo en comunicaciones móviles por satélite.

## 2. MODELO GEOMÉTRICO

Estudios existentes sobre las elevaciones de edificios se basan fundamentalmente en la realización de fotos de ojo de pez, es decir con lentes que captan todo el perfil de edificios que rodea la cámara (*Fish-Eye pictures*). En [1] por ejemplo, un análisis de este tipo de fotografías conduce a los autores a resultados numéricos en cuanto a disponibilidad de un sistema de comunicaciones por satélite. En [2] desarrollan una metodología para analizar dichas fotografías que llaman "fotogrametría" y llegan a resultados de ángulos de enmascaramiento para diferentes tipos de entornos.

Nosotros planteamos un modelado diferente basado en la caracterización estadística de las alturas de los edificios. Para ello, hemos partido de mapas de edificios en los que las alturas de los mismos vienen dados como número de pisos. Aparte de las alturas de los edificios otros parámetros geométricos como anchura de calles, anchura de edificios,... etc fueron también tenidos en cuenta.

A la hora de seleccionar entornos urbanos, se trató también de comparar la caracterización estadística de los parámetros geométricos obtenidos en diversas ciudades. Con este motivo, se seleccionaron Madrid (España), Londres y Guilford (Inglaterra).

En Madrid se seleccionaron los siguientes distritos:

- Castellana: como ejemplo de zona urbana con edificios altos
- Chamberí: como ejemplo de zona urbana con edificación densa pero edificios de altura media
- El Viso: como ejemplo de zona urbana residencial constituida por viviendas individuales de una a tres plantas

En Inglaterra, el estudio fue llevado a cabo por la Universidad de Surrey [3] y en este caso se seleccionaron una zona urbana densa y una zona suburbana. La zona urbana seleccionada se encuentra en Londres y corresponde al distrito de Westminster como ejemplo

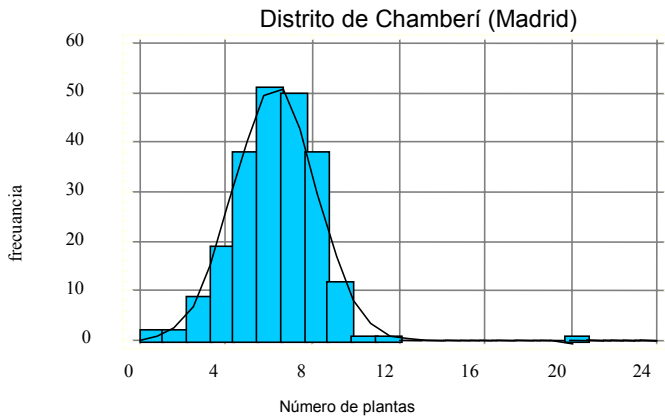


Figura 1. Ejemplo de ajuste de las alturas de edificios del distrito madrileño de Chamberí a una distribución normal.

de zona urbana densa con edificios altos. En contraposición, se seleccionó la ciudad de Guildford como ejemplo de zona urbana no muy densa con edificios medios.

La figura 1 muestra un ejemplo de ajuste de las alturas de edificios a una distribución. En este caso se trata del distrito de Chamberí y se observa que se ajusta bien a una distribución normal.

La Tabla I muestra los resultados obtenidos en cada uno de los distritos mencionados excepto para El Viso puesto que en este caso se encontró una distribución discreta puesto que las casas eran sólo de 3 y 4 plantas. Se encontraron los siguientes porcentajes:  $h < 9$  m 5%,  $h = 9$  m 70 %,  $h = 12$  m 20% y  $h > 12$  m 5%. En cualquier caso, en un entorno de este tipo sería fácil de esperar que presentara buena visibilidad a estaciones base tanto terrenas como por satélite.

Tabla I. Distribuciones de edificios

Entorno	Distribución	Media (m)	Desviación estándar (m)
Madrid (Castellana)	Normal	21.5	8.9
Madrid (Chamberí)	Normal	12.6	3.8
Londres	Log-Normal	17.6	0.31
Guildford	Log-Normal	7.2	0.26

Se observa que en Madrid se obtuvieron distribuciones normales mientras que en Inglaterra se obtuvieron distribuciones log-normales. En ambos casos hay que notar que dichas distribuciones se tratan realmente de distribuciones truncadas puesto que existen alturas máximas y además las alturas nunca son negativas.

Si por simplicidad suponemos que el móvil recorre una calle con edificios a ambos lados (*canyon street*) entonces podemos utilizar las distribuciones obtenidas para generar calles sintéticas. En [4] y [5] se ha utilizado este modelo geométrico y estadístico para el estudio de la diversidad en comunicaciones móviles por satélite con constelaciones LEO (Low Earth Orbit) y MEO (Medium Earth Orbit). Para ello, las distribuciones de anchuras de edificios

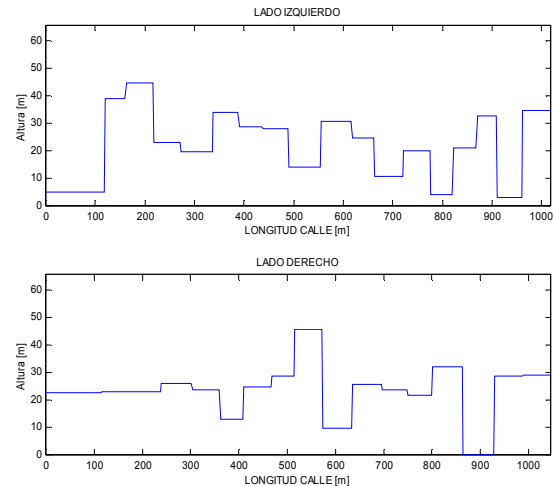


Figura 2. Ejemplo de perfil de edificios generado con los datos de La Castellana

también fueron calculadas y que se pueden consultar en [4-5]. En la figura 2 se muestra un ejemplo de perfil de edificios generado con nuestro modelo.

### 3. CONCLUSIONESS

En este artículo se presenta un modelo geométrico y estadístico de las alturas de los edificios. En concreto se han presentado las distribuciones y los parámetros obtenidos para dos entornos urbanos pertenecientes a dos países europeos distintos. Se observa que las distribuciones son diferentes en uno y otro. Este modelo ha sido utilizado para estudios de diversidad en comunicaciones móviles por satélite [3][4][5].

### 4. REFERENCIAS

- [1] C. Meenan et al, "Availability of 1<sup>st</sup> Generation Satellite Personal Communications network Service in Urban Environments", VTC, 1998, pp. 1471-1475
- [2] Julius Goldhirsh and Wolfhard J. Vogel, "Handbook of Propagation effects for Vehicular and Personal Mobile Satellite Systems", Overview of Experimental and Modeling Results
- [3] C. Tzaras et al, "A physical-statistical propagation model for diversity in mobile satellite PCN", IEEE VTC, 1998
- [4] M.A. Vázquez-Castro, C.Tzaras, S.Saunders and F.Perez-Fontan, "Shadowing Correlation for Mobile Satellite Diversity", Antennas and Propagation, AP2000. May 9-14 2000, Davos (Suiza)
- [5] M. A. Vázquez-Castro, C.Tzaras, S.Saunders and F.Perez-Fontan, "Shadowing Correlation for Mobile Satellite Diversity in Urban Areas", International Antennas and Propagation, ISAP2000. August 2000, Fukuoka (Japan)