

# MÉTODO DE CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD MULTISATÉLITE PARA APLICACIONES DE RADIONAVEGACIÓN

M.A. Vázquez Castro<sup>1</sup>, G. Mohedano Moya<sup>1</sup>, A. Sánchez Esguevillas<sup>2</sup>, F. Pérez Fontán<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones, Universidad Carlos III

[maryan@tsc.uc3m.es](mailto:maryan@tsc.uc3m.es), [gmm00@tsc.uc3m.es](mailto:gmm00@tsc.uc3m.es)

<sup>2</sup> Telefonica I+D, Infraestructura de Voz IP

[ajse@tid.es](mailto:ajse@tid.es)

<sup>3</sup>Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones, Universidad de Vigo

[fpfontan@tsc.uvigo.es](mailto:fpfontan@tsc.uvigo.es)

## RESUMEN

En este artículo se presenta un resumen de la metodología de estudio de los efectos del entorno de la propagación para sistemas multi-satélite. Para ello nos centramos fundamentalmente en la evaluación de la disponibilidad y de un sistema de radionavegación global por satélite. Con la metodología presentada es posible el estudio de disponibilidad y prestaciones para cualquier tipo de constelación y entorno, urbano y no-urbano. Este modelo se desarrolló para el diseño del sistema de radionavegación europeo GNSS2 (Global Navigation Satellite System), como se detalla en [1]. En este artículo, se hace uso del modelo desarrollado para obtener resultados de disponibilidad multisatélite para entorno urbano y tres tipos de constelación.

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo genérico de este estudio es desarrollar las herramientas de simulación necesarias para la obtención de información fiable para caracterizar el entorno operativo de sistemas móviles terrestres de navegación por satélite. En este estudio se consideraran un conjunto de entornos de prueba y de frecuencias operativas entre 1 y 10 GHz, así como diversos tipos de constelaciones.

Los sistemas de navegación por satélite difieren de los sistemas de comunicación por satélite en que es esencial recibir simultáneamente señales de diversos satélites (más de cuatro, como mínimo).

Los datos estadísticos obtenidos así como los resultados de los modelos de simulación desarrollados deben preservar los efectos que influyen en la señal. En particular los fenómenos físicos que han de ser considerados son los siguientes: bloqueo de la señal debido a edificios y a otras estructuras artificiales, atenuación por vegetación u otros elementos naturales presentes en el entorno, efectos multitrayecto, efectos ionosféricos y efectos troposféricos. Una vez identificada una herramienta de análisis de propagación mono-satélite, válida para comunicaciones por satélite, es necesaria la extensión al caso multi-satélite para su utilización en aplicaciones de radionavegación. En este artículo se parte de un modelo mono-satélite desarrollado siguiendo un modelo determinista de modelado de la propagación con diferentes grados de complejidad caracterizando los efectos de sombra y

multitrayecto. Este modelo determinista consiste en un trazado de rayos simple entre transmisor y receptor, los efectos considerados fueron: reflexión, difracción, dispersión y atenuación por vegetación. La extensión de este modelo al caso multisatélite es inmediata, sin embargo, el tiempo de simulación necesario para la obtención de los estadísticos de una constelación completa sería extremadamente largo. Por este motivo, se ha optado por la utilización de un enfoque denominado de "instantáneas" (snapshots) basado en la creación de bases de datos que hemos denominado IGLOOs (ver Figura 1). Estas bases de datos consisten en almacenar series temporales, simuladas, para todas las posibles posiciones (posiciones discretas) que el satélite puede ocupar en el hemisferio situado encima del escenario. Con esta técnica se pueden concatenar las diferentes series temporales para las sucesivas posiciones que los satélites van tomando durante el periodo de la constelación sin necesidad de producir las series temporales para cada posición. Ello permite la evaluación y comparación de prestaciones de distintas constelaciones reutilizando las series temporales almacenadas en el IGLOO [1].

Nótese que este modelado tipo IGLOO permite la evaluación de un sistema multi-satélite independientemente del modelo de propagación que se utilice ya que el modelado sólo se refiere al método de almacenaje de los parámetros obtenidos por el modelo elegido en función de las posibles posiciones de los satélites de las constelaciones bajo estudio.

Esta técnica también permite un estudio independiente y combinado de los efectos ionosféricos y troposféricos con los debidos al entorno cercano, que se encuentran en las bandas de frecuencia de los sistemas de navegación (típicamente, bandas L y S) y otras como banda C y X.

Un IGLOO puede contener más parámetros de interés aparte de las series temporales de señal recibida. La forma más eficiente de almacenar todos los parámetros representativos, consiste en almacenar la función de dispersión instantánea (scattering function) en cada punto de la ruta para posteriormente extraer de ella los parámetros que se deseen. Además, se ha preferido muestrear en el dominio de la distancia para que sea posible la posterior selección de distintas velocidades y distintas constelaciones. Uno de los principales objetivos de este modelado es la producción de estadísticas preliminares detalladas de la disponibilidad multi-satélite para un número determinado de entornos de prueba representativos: urbano, suburbano,... con

especial atención al medio urbano y para diferentes constelaciones. Otros resultados que se pueden extraer de este

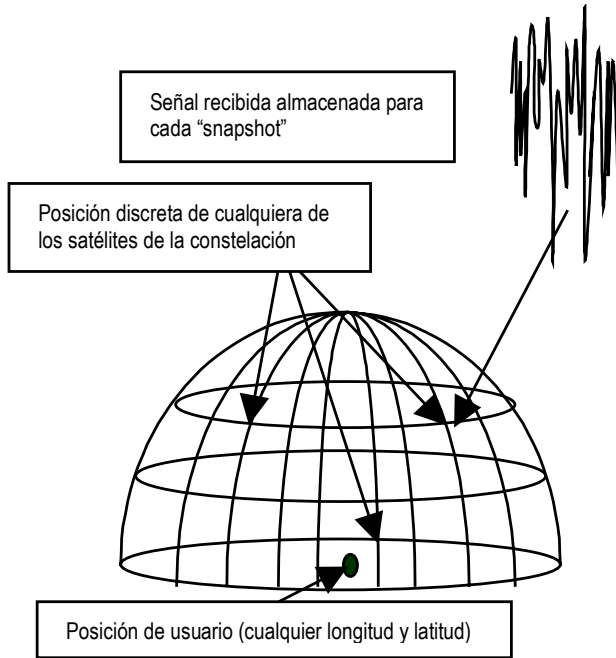


Figura 1. Base de datos tipo IGLOO

modelado es la dependencia de la disponibilidad y de las prestaciones con las características geométricas tanto del entorno como de la constelación [2].

A continuación, presentamos un ejemplo de utilización de las bases de datos IGLOO para la obtención de estadísticas de disponibilidad en entornos multisatélite.

## 2. RESULTADOS DE DISPONIBILIDAD

Los entornos de prueba que aquí se presentan corresponden a áreas urbanas. Estos entornos debían ser parametrizables para poder después extrapolar los resultados a escenarios con similares combinaciones de parámetros. En la figura 2 se ilustran los resultados del estudio de disponibilidad (conexión con visibilidad directa con al menos cuatro satélites simultáneamente) para diferentes valores de grado de urbanización y en función del número medio de plantas de los edificios.

Las características de los dos tipos distintos de entornos urbanos cuyos resultados aparecen en la figura son los siguientes: entorno con edificios de altura media de cuatro plantas (doce metros) con anchura media de las calles de 23 metros, y entorno con edificios de altura media de ocho plantas (veinticuatro metros) con la misma anchura media de calle. Los parámetros correspondientes a las constelaciones aparecen en la Tabla I. Como se puede observar, la disponibilidad decrece para las tres constelaciones estudiadas a medida que el grado de urbanización se incrementa. También se observa la drástica reducción de la disponibilidad para los entornos de ocho plantas con respecto a los de cuatro plantas.

Disponibilidad en función del grado de la altura media de los edificios y de la constelación. Estación terrena: LAT(cc°),LONG(cc°)

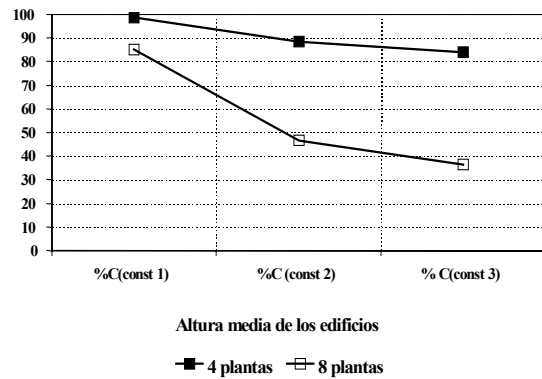


Figura 2. Disponibilidad en función de la altura media de los edificios y de la constelación.

Tabla I. Parámetros de las constelaciones

Constelación	Nº Satélites	Tipos de Órbita
1	48	MEO
2	29	MEO
3	24	GEO

## 3. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un modelo para el estudio de la disponibilidad para sistemas multisatélite. El modelo consiste fundamentalmente en el almacenamiento de parámetros del canal en una base de datos que se ha denominado tipo IGLOO. Este modelado facilita el estudio en entornos multisatélite ya que para cualquier tipo de constelación y ubicación geográfica del usuario, la disponibilidad final se calcula concatenando los parámetros extraídos de las posiciones correspondientes de la base de datos. La ventaja que ofrece el modelo es por un lado la eficiencia de cálculo y por otro lado que es aplicable cualquier modelo de propagación. En este artículo se ha aplicado un modelo de propagación determinista a un entorno urbano parametrizable en función del número de plantas. Los resultados demuestran la drástica reducción de la disponibilidad para los entornos de ocho plantas con respecto a los de cuatro plantas.

## 4. REFERENCIAS

- [1] F.Perez-Fontan, M.A.Vazquez-Castro, S.Buonomo, P.Baptista and B.Arbesser-Rastburg, "S-Band LMS propagation channel behaviour for different environments, degrees of shadowing and elevation angles". IEEE Tans. Broadcasting, Vol-44, No. 1, March 1998, pp 40-76
- [2] M.A.Vazquez-Castro, F.Perez-Fontan, H.Iglesias, and M.A.Barcia, "A simple 3-segment model for shadowing cross-correlation in multi-satellite systems in street anyons", Microwave and optical technology letters, January 2001