

# ACCESO FIJO RADIOELÉCTRICO (FWA) MEDIANTE HAPS. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL RADIO ENLACE DIGITAL EN EL ÁMBITO DEL IMT-2000.

*José A. Delgado-Penín, Fernando Ulloa Vásquez y José Luis Cuevas Ruíz.*

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Universidad Politécnica de Cataluña

C/ Jordi Girona, 1-3, 08034, Barcelona

Tel. +93 401 68 15 Fax +93 401 72 00

Email: (delpen,ulloa,jcuevas)@tsc.upc.es

## 1.-INTRODUCCIÓN.

La posibilidad de colocar una estación radioeléctrica en un globo aerostático o a bordo de un avión en vuelos estratosféricos está siendo considerada como una alternativa válida a las infraestructuras de telecomunicaciones soportadas por satélites o dispuestas en tierra[1]. El diseño de futuras generaciones (4G) de redes de telecomunicación de banda ancha se está discutiendo en diversas sedes [1,2,3,4]. Dichos vehículos aeromóviles no tripulados suelen denominarse HAPS (*High Altitude Platforms Stations*) en el campo de las telecomunicaciones. Este tipo de aeromóviles podrán volar en altitudes comprendidas entre 21 y 25 km. sobre la superficie terrestre y serán capaces de permanecer en esa posición cuasi-fija durante largos intervalos de tiempo. Los aspectos que presentan complicaciones son, entre otras, los vientos estratosféricos que desplazan la plataforma en distintas direcciones, afectando al enlace entre la estación HAP y el usuario, y las señales reflejadas junto con las sombras radio eléctricas. Quizás las aeronaves estratosféricas sean mas fiables que otras alternativas y son una de las razones del diseño de nuevas redes de telecomunicaciones basadas en vehículos no tripulados [2,4]. En este trabajo se presenta una aproximación al problema del radio enlace digital entre una estación a bordo de una HAP y estaciones terrenas fijas situadas en diferentes áreas de cobertura reconocidas por la ITU-R y dentro de lo que se conoce como FWA (*Fixed Wireless Access*) (Figura 1). En lo que sigue se comentan peculiaridades de las posibles redes basadas en HAPS. A continuación, se plantean modelos de áreas de cobertura en escenarios recomendados por la ITU-R y modelos de canal radioeléctrico a simular. Finalmente se presentan resultados de simulación de sistemas.

## 2.- PECULIARIDADES.

- Desde el punto de vista de la ITU-R estas aeronaves HAPS no deben superar los 25 km. de altura. El vuelo debe de ser estratosférico.
- Funcionamiento continuo durante 24 hrs. del día.
- Cobertura tipo celular en tierra.
- Transmisión TDM en las regiones ITU que hasta ahora lo han propuesto.
- Número limitado de señales transmitidas desde tierra hacia la estación HAP.
- Alimentación de la HAP con células solares durante el día y de combustible regenerado por la noche.
- Consideración de 3 posibles zonas de cobertura: urbana, suburbana y rural.

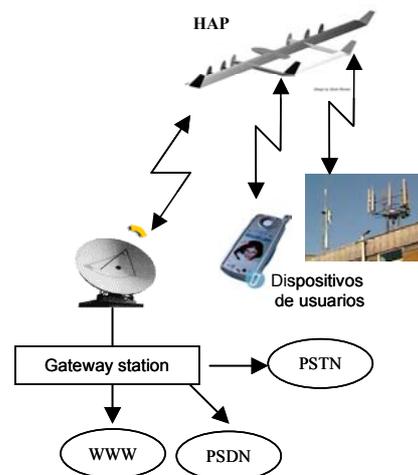


Figura 1. Esquema general HAP

### 3.-ESCENARIOS DE COBERTURA EN TIERRA Y MODELOS DE CANAL.

En las bandas que se indican en la ITU-R para algunas regiones se consideran márgenes comprendidos en una zona espectral desde 1,885 GHz hasta 2,170 GHz. La zona de cobertura HAP estará dividida en tres áreas, (Figura 2) y este reparto dependerá de tres elementos: el ángulo de elevación entre el usuario y la estación HAP, la distancia del usuario y el punto SPP (*Sub Platform Point*) [ITU-R 1456], y la distribución de los elementos reflectores y dispersores presentes en el medio. Con las hipótesis anteriores y considerando una altura de la estación HAP de 25 km., se puede plantear el siguiente escenario:

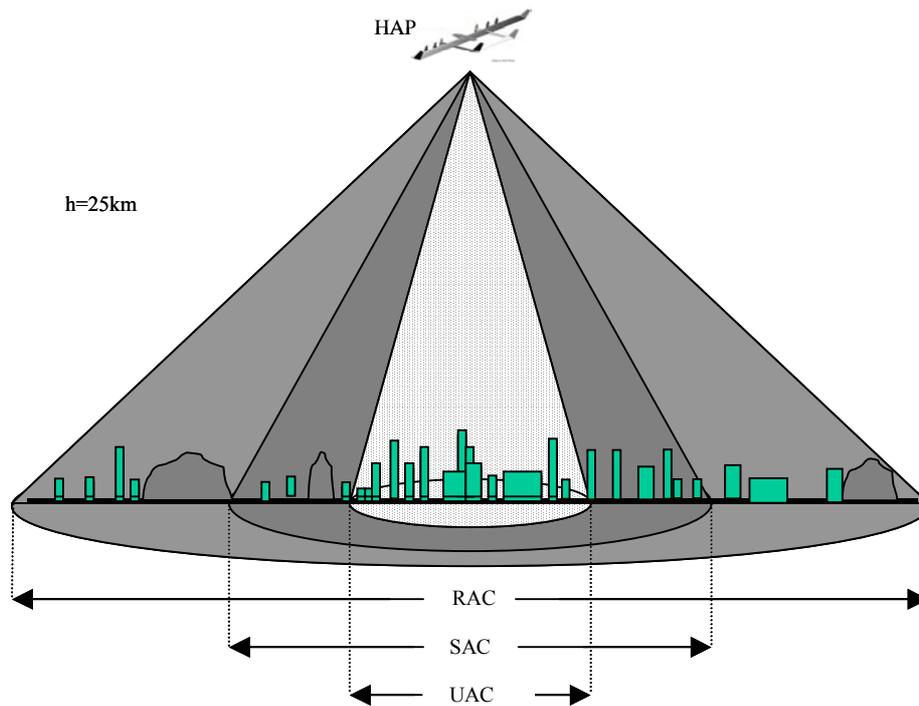


Figura 2. Escenario de comunicaciones mediante HAP's.

**I.- Zona Urbana (UAC):** Se extiende hasta los 43 km. desde el punto SPP. Todos los usuarios tendrán un rango de  $30^\circ$  a  $90^\circ$  de ángulo de elevación desde tierra con respecto a la estación HAP. En esta zona la iluminación de los sistemas en tierra es favorable; de manera que posee menos zonas de sombras (*shadowing*) y una baja probabilidad de presentar señales reflejadas (*multipath*). En esta zona el medio produce señales reflejadas y existe presencia de señal LOS. La pdf asociada a la señal total recibida es una Rice con  $K \geq 12$ .

**II.- Zona suburbana (SAC):** Se extiende hasta los 90 km. Los ángulos de elevación estarán en el rango de  $30^\circ$  a  $15^\circ$ . Esta zona, con un ángulo inferior que la anterior, comienza a presentar una mayor cantidad de sombras y señales reflejadas, y la distancia que recorrerá la señal es mayor que en el caso "zona UAC". A esto debe agregarse que el desvanecimiento provocado por las señales reflejadas comienza a ser mas significativo con respecto al rayo principal. La probabilidad de tiempo compartido con sombras estará entre 19 a 25% del tiempo según las condiciones del terreno. En esta área el canal puede modelarse con una pdf Rice-Rayleigh pero con un factor de Rice  $K \leq 6$ .

**III.- Zona rural (RAC):** Los usuarios tendrán un rango de  $15^\circ$  a  $5^\circ$  en el ángulo de elevación desde tierra con respecto la estación HAP. No se analizarán ángulos inferiores ya que la probabilidad de oscuridad es muchísimo mayor. La cantidad de sombra en esta posición es considerable, ya que con un ángulo del orden de  $13^\circ$ , la probabilidad de tiempo compartido con sombras será del orden del 89% y la distancia que recorre la señal es mayor que en todas las zonas anteriores, provocando un aumento en la atenuación por la distancia. Esta zona estará representada por un modelo Rayleigh-Lognormal.

Para la simulación de la primera zona, se considerará una señal directa (LOS), y las señales reflejadas no serán muy relevantes con respecto a la LOS, por lo que se considerará un canal Rice con una  $K(\alpha) \geq 12$  dB. Para la segunda zona, las señales reflejadas se hacen más intensas y la señal directa tiende a desaparecer, de modo que se plantea un modelo Rice-Rayleigh con una  $K(\alpha) \leq 6$  dB; este modelo puede ser el de la Figura 3 [9,10].

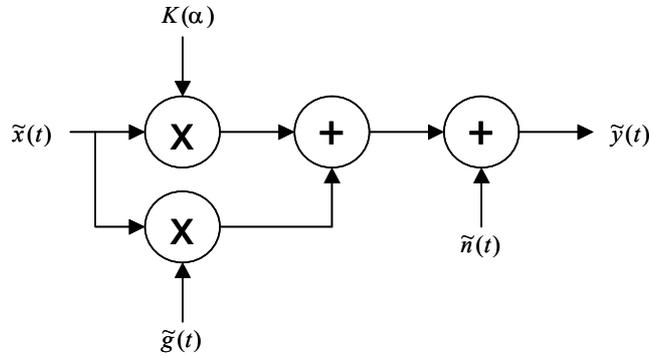


Figura 3, Modelo de simulación del canal zona urbana y suburbana.

En relación al esquema para la primera y segunda zona tenemos que:  $\tilde{x}(t)$  es la señal de envolvente compleja;  $\tilde{g}(t)$  es el generador de *fading* con potencia unitaria;  $K(\alpha)$  es el factor multiplicativo en función del ángulo de elevación “ $\alpha$ ”, que mete en relación la señal directa y las señales reflejadas, y  $\tilde{n}(t)$  representa el proceso de ruido blanco.[7] Para la zona rural, existe una gran presencia de señales reflejadas y de sombras que provocan una gran atenuación de la señal transmitida. Este modelo se presenta en la Figura 4, donde tenemos la señal transmitida deteriorada por un *fading* multiplicativo  $\tilde{a}(t)$  y por ruido blanco.[8]

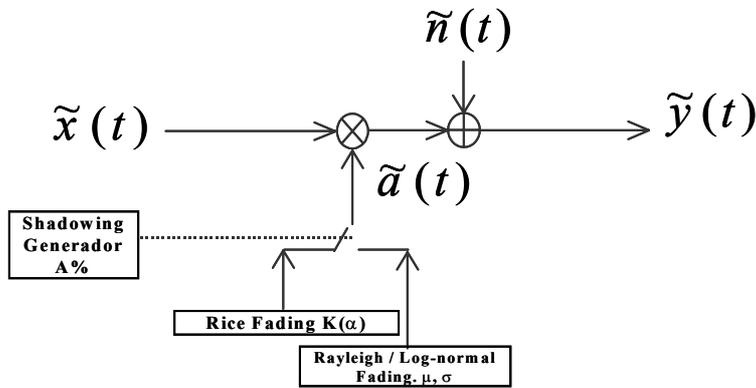


Figura 4, Modelo de simulación del canal zona rural.

En la tabla N° 1 se dan los valores para un ángulo de elevación de 13°, tanto para la zona abierta como la urbana.

Elevación	Area	A [%]	10log(c) [dB]	$\mu$ [dB]	$\sigma$ [dB]
13°	abierta	24	10.2	-8.9	5.1
	urbana	89	3.9	-11.5	2.0

Tabla N°1.

#### 4.-EVALUACIONES DEL COMPORTAMIENTO MEDIANTE SIMULACIÓN. RESULTADOS.

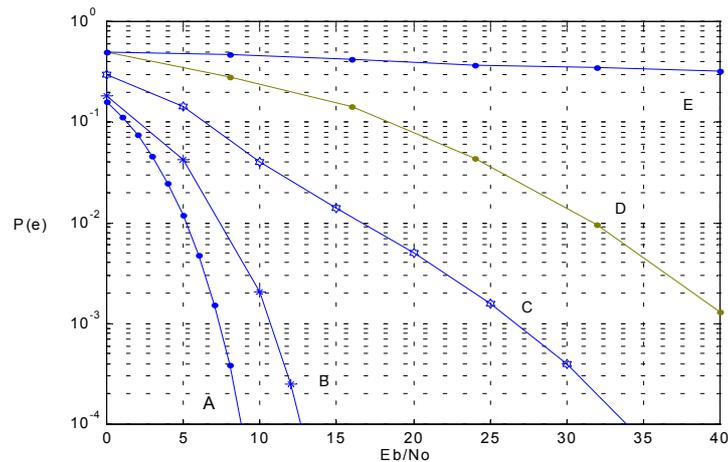


Figura 5. Rendimiento de la modulación QPSK en cada una de las zonas.

Haciendo uso de los modelos mencionados y usando una modulación tipo QPSK a una velocidad de transmisión  $R_b = 96.0$  Kbps, tenemos los resultados que se muestran en la figura N°5, donde:

**A:** QPSK en Canal Gaussiano.

**B:** Canal zona UAC con receptores a  $35^\circ$  (ángulo elevación HAP).  $K(\alpha) \geq 12$  dB.

**C:** Canal zona SAC con receptores a  $18^\circ$ ,  $K(\alpha) \leq 6$  dB.

**D:** Canal zona RAC con ángulo de  $13^\circ$  y un porcentaje de tiempo compartido con sombras de 24%.

**E:** Canal zona RAC con ángulo de  $13^\circ$  y un porcentaje de tiempo compartido con sombras de 84%.

#### 5.-CONCLUSIONES

Se presenta una aproximación al problema del radio enlace digital entre una estación a bordo de una plataforma tipo HAP y estaciones terrenas fijas situadas en diferentes áreas de cobertura reconocidas por la ITU-R. Se realiza una caracterización de las tres zonas de cobertura, haciendo uso de los dos modelos de canal, simulando una transmisión en banda estrecha y obteniendo unos primeros resultados.

#### 6.-REFERENCIAS

- [1] [www. ITU.int](http://www.itu.int)
- [2] [www.helinet.polito.it](http://www.helinet.polito.it)
- [3] [www.skystation.com](http://www.skystation.com)
- [4] [www.angeltechnologies.com](http://www.angeltechnologies.com)
- [5] Dosis, F.; Fantini, R.; Mondin, M.; Savi, P. "Small-scale fading for high-altitude platform (HAP) propagation channels, IEEE Journal Selected Areas in Communications, vol. 20, No. 3, April 2002.
- [6] ITU-R, "Minimum performance characteristics and operational conditions for HAP stations providing IMT-200 in the bands 1885-1980 MHz, 2010-2025 MHz and 2110-2170 MHz in region 1 and 3, 1885-1980 MHz and 2110-2160MHz in region 2" Int. Telecom. Ginebra, ITU-R-M.1456 2000.
- [7] Fernando Ulloa Vásquez, J.A. Delgado Penín, "Performance simulation in High Altitude Platforms (HAPS)", The traditional International Software and System Engineering Conference" DASIA 2002, (DAta Systems In Aerospace), organised by EUROSPACE, Dublin, Ireland.
- [8] Jose A. Delgado Penin, Eduardo Bertrán, Héctor Carrasco, Fernando Ulloa.: "Space-Time coding processing to improve radio communication coverage from High Altitude Platforms (HAPS).", The traditional International Software and System Engineering Conference" DASIA 2001, (DAta Systems In Aerospace), organised by EUROSPACE, Niza, France.
- [9] Digital land mobile communications Euro COST 207. Final report 1989. Commission of European Communities, Brussels.