

El uso de señales de oportunidad GPS para observación de la Tierra

A. Camps, X. Bosch, I. Ramos, J.F. Marchán, N. Rodríguez, y E. Valencia

Remote Sensing Lab., Dept. de Teoria del Senyal i Comunicacions, Universitat Politècnica de Catalunya
UPC Campus Nord, D4-016, 08034 Barcelona. E-mail: camps@tsc.upc.edu

INTRODUCCIÓN

La falta de observaciones globales y frecuentes desde el espacio es actualmente un factor limitante en muchas misiones de Observación de la Tierra (EO: *Earth Observation*). Por ejemplo, el tsunami del Océano Índico el 26 de diciembre de 2004 pudo ser detectado casualmente por radares altímetros, pero la probabilidad de detección es de hecho muy baja ya que las señales del tsunami son muy débiles en el océano abierto (sólo cuando se acercan a la costa la altura de las olas crece) y el satélite debe sobrevolarlo casi simultáneamente [http://earth.esa.int/brat/html/appli/geodesy/tsunami_en.html]. Para poder estudiar las variaciones de mesoescala de éste y de otros fenómenos oceanográficos las futuras misiones espaciales deberán proporcionar una mejor cobertura espacial y temporal. Dos posibles técnicas que se han propuesto hoy son la utilización de constelaciones de satélites, y la utilización de señales de los satélites de navegación global (GNSS: *Global Navigation Satellite Signals*), como “señales de oportunidad”, es decir, señales que están ahí y que se utilizan para un propósito diferente de aquél para el que fueron concebidas [http://earth.esa.int/brat/html/alti/future/welcome_en.html].

Si bien el uso de constelaciones de satélites es hoy en día un hecho en sistemas de comunicación (p. ej. Inmarsat e Iridium) y navegación (p. ej. GPS, Glonass, y el futuro Galileo), su uso en observación de la tierra es mucho más limitado por evidentes restricciones económicas, y su uso sólo se llegará a generalizar cuando el coste unitario de cada satélite incluyendo su lanzamiento disminuya suficientemente, lo cuál pasa por reducir su tamaño, peso, y el de las cargas útiles que llevan.

Por otra parte, las señales GNSS son omnipresentes, están perfectamente caracterizadas, y seguirán existiendo durante las próximas décadas, lo que las hace candidatas idóneas para sistemas de EO. Aunque el uso de las señales GPS reflejadas sobre la superficie del océano como señales de oportunidad fue originalmente propuesto ya en 1993 para aplicaciones altimétricas [1], no fue hasta el año 2002 que dichas señales se detectaron desde el espacio [2,3]. Hoy en día, su uso no sólo se limita a altimetría, sino que también se ha estudiado su aplicabilidad a la determinación del estado del mar o a la medida del viento sobre el mismo [4-10]. Más recien-

temente su uso se ha estudiado a la corrección directa (sin modelos intermedios) del estado del mar en las variaciones de la temperatura de brillo en banda L producidas por los cambios de estado del mar [11], lo cuál es de vital importancia si se quiere mejorar la calidad de las recuperaciones de la salinidad superficial en las misiones continuación de SMOS [<http://www.esa.int/esaLP/LPsmos.html>], en la que la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) ha participado activamente junto con el Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC) de Barcelona. Asimismo, recientemente se ha propuesto el uso de las señales GNSS reflejadas sobre la superficie del suelo para medir la humedad superficial y la altura de la capa de vegetación, caso de que la hubiera [12-14].

Este artículo describe brevemente las actividades del Remote Sensing Lab de la UPC en el uso de las técnicas GNSS-R (*GNSS-Reflectometry*) para la monitorización del océano y de la tierra, incluyendo una posible implementación como carga útil de un pico-/nano-satélite.

I. USO DE SEÑALES GNSS-R PARA APLICACIONES OCEANOGRÁFICAS

La recuperación de la salinidad superficial del mar se puede llevar a cabo por medio de radiómetros de microondas en banda L (1.400-1.427 MHz) [15]. Los radiómetros de microondas son receptores de radio muy sensibles que miden la potencia de ruido captada por una antena en una banda que, en principio, está libre de interferencias electromagnéticas. Esta potencia es equivalente al “volumen” del nivel de ruido captado por el radiómetro, y está relacionada con la llamada “temperatura de brillo” (TB), la cuál depende de la temperatura y de la constante dieléctrica del agua del mar, la cuál a su vez depende de la temperatura y la salinidad. Sin embargo, la TB también depende de la “rugosidad” de la superficie del mar, que no puede ser parametrizada únicamente en términos de la velocidad del viento, la altura significativa de las olas, o de cualquier otro parámetro disponible actualmente. Por ello, a pesar de los experimentos de campo realizados en los últimos años para mejorar nuestra comprensión de este efecto [16], la corrección de la rugosidad de la superficie del mar sigue siendo una de las correcciones necesarias más importantes para poder recuperar la salinidad con la precisión requerida.



En la actualidad, está previsto lanzar dos misiones espaciales para la medida de la salinidad oceánica:

- la misión SMOS de la ESA [<http://www.esa.int/esaLP/LPsmos.html>], con el radiómetro MIRAS de apertura sintética, en forma de Y, y
- la misión AQUARIUS/SAC-D de NASA/CONAE, usando un radiómetro tipo “push-broom”.

En la misión SMOS, se espera que las capacidades de observación multiangular permitan la recuperación no sólo de la salinidad, sino también de un viento “efectivo” que minimice los errores entre los modelos y las observaciones. Por otra parte, la misión AQUARIUS dispone de un dispersómetro en banda L, para realizar dichas correcciones.



Fig. 1a) Visión artística de la misión SMOS de la ESA. Credits ESA - AOES Medialab [<http://www.esa.int/esa-mm/mmgpl?b=b&keyword=SMOS&start=3>]

En el año 2003 se propuso a la European Science Foundation el desarrollo de unos instrumentos (PAU: *Passive Advanced Unit for ocean monitoring*) para el uso de las señales de oportunidad GNSS-R para realizar la corrección del estado del mar en la temperatura de brillo, proyecto que fue financiado para el período 2/2005-2/2010. El concepto es simple y puede aplicarse a cualquier señales GNSS: GPS, GLONASS, Galileo... Los satélites GPS se transmiten señales electromagnéticas polarizadas circularmente a derechas (RHCP) a la frecuencia de 1575.42 MHz. Al dispersarse sobre la superficie del mar, se convierten mayoritariamente en polarización elíptica a izquierdas. Para un mar en calma (perfectamente plano), la dispersión de la señal proviene de un único punto de reflexión especular, determinado por la distancia más corta entre la transmisión de satélite GPS y el receptor. Sin embargo, cuando el mar está agitado, la

dispersión de las señales proviene de una región más amplia que crece cuanto más agitado está el mar, de la misma manera que el Sol reflejándose en el mar es una especie de elipse cuyo tamaño crece con el estado del mar (Figs. 2a, 2b).

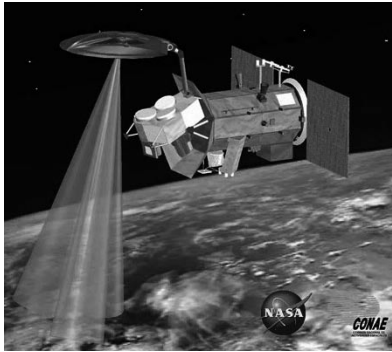


Fig. 1b) Visión artística de la misión AQUARIUS/SAC-D de NASA/CONAE [<http://aquarius.nasa.gov/>]

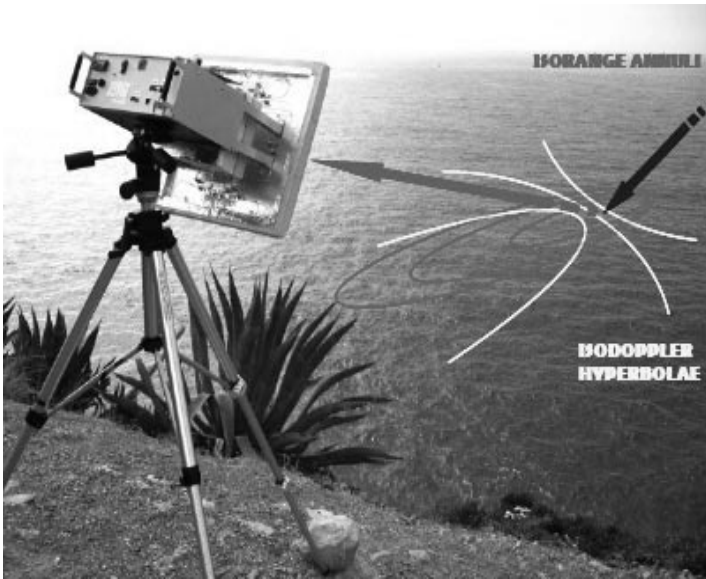


Fig. 2. a) Reflejo del Sol sobre mar en calma, b) Reflejo del Sol sobre una mar agitado. La zona donde se produce dispersión de la luz del Sol está relacionada con el estado del mar. c) Las señales GNSS ofrecen la posibilidad de ser utilizadas como señales de oportunidad para la determinación del estado del mar y aplicaciones altimétricas mediante la medición de la extensión de la zona de dónde llega dispersión.

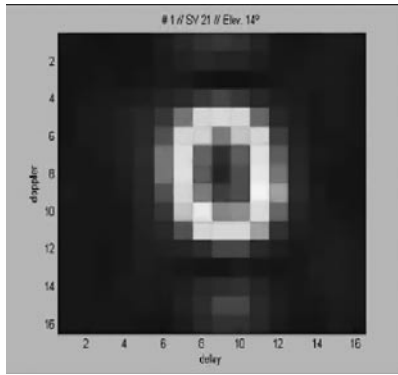


Fig. 2.d) Ejemplo de DDM medido sobre la superficie del mar.

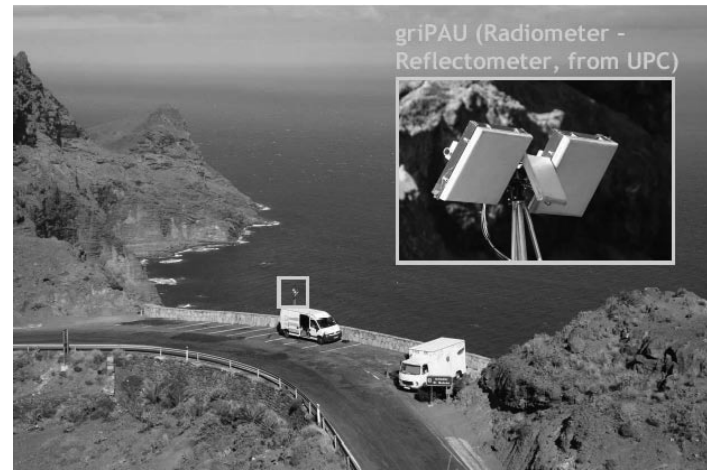
Esta zona puede medirse a partir de la correlación de la señal recibida con una réplica centrada a diferentes frecuencias Doppler (hipérbolas de Doppler constante) y retardos de tiempo diferentes (elipses de retardo constante), como se muestra en la Fig. 2c. Por lo tanto, cada uno de los puntos sobre la superficie tiene un retardo y un Doppler determinados (en realidad, hay dos puntos con el mismo retardo y Doppler). En radar, la función de ambigüedad proporciona una medida de la similitud entre una señal y una versión retardada de la misma que puede incluir un efecto Doppler. En reflectometría GNSS se utiliza el llamado Delay-Doppler Map (DDM, Fig. 2d) que es equivalente a la función de ambigüedad en radar. Una de las principales ventajas de las técnicas GNSS-R radica en la capacidad de obtener información del estado del mar desde muchos puntos simultáneamente (tantos como puntos de reflexión sobre el mar provenientes de diferentes satélites), lo cual no es posible con altímetros convencionales, por ejemplo. Esto repercute en un menor tiempo de revisita, y por tanto datos globales más frecuentes.

El concepto del instrumento PAU es, pues, sencillo y se compone de: 1) un radiómetro en banda L (PAU-RAD) y 2) un reflectómetro GPS capaz de medir DDMs en tiempo real (PAU-GNSSR), y 3) PAU-IR un radiómetro de infrarrojos para la medida de la temperatura superficial del mar. Tanto PAU-RAD como PAU-GNSSR comparten el mismo front-end de microondas, simplificando el diseño de radio frecuencia.

Durante Junio 2008 y 2009, versiones preliminares del instrumento PAU se desplegaron en la costa Noroeste de Gran Canaria (Fig. 3a) durante las campañas ALBATROSS (Advanced L-Band emissivity and Reflectivity Observations of the Sea Surface) para medir por vez primera la TB en banda L y DDMs, junto con datos oceanográficos: temperatura superficial del mar, espectro direccional boyas... (Fig. 3b).

Se puede decir que en la actualidad, empezamos a com-

prender la relación entre el estado del mar y los observables GNSS-R (DDMs) y los cambios en el brillo de la temperatura. Sin embargo, la ciencia subyacente todavía necesita mejoras significativas para poder extraer cantidades físicas

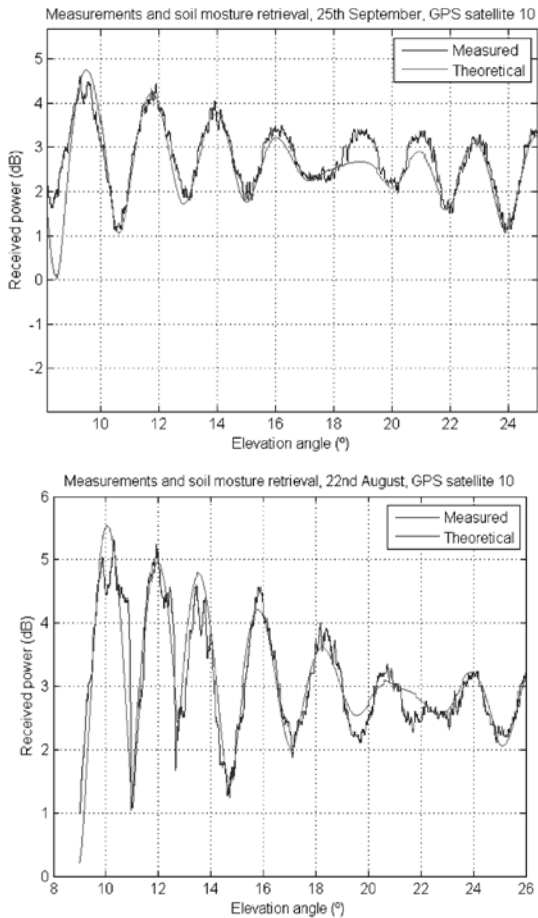


que pueden ser utilizadas con éxito en oceanografía, por lo que está previsto realizar más experimentos de campo desde tierra y desde aviones no tripulados en los próximos años.

Fig. 3a) Prototipo del instrumento PAU en el Mirador del Balcón, Gran Canaria, Junio 2009 [<http://www.grancanariavirtual.com/miradorel-balcon.php>]. b) Boya Tryaxis mini fondeada bajo el Mirador del Balcón

II. USO DE SEÑALES GNSS-R PARA APLICACIONES TERRESTRES

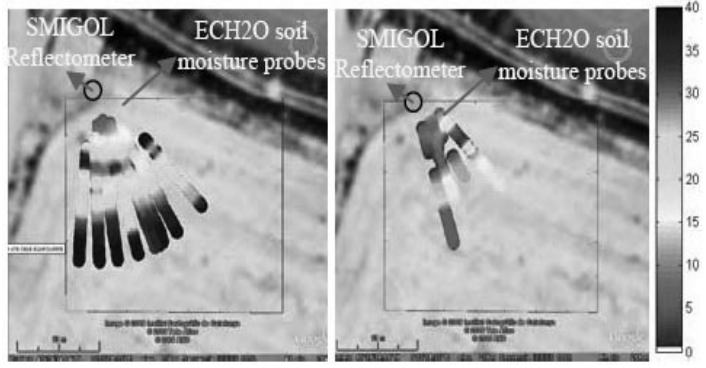
Para aplicaciones terrestres se ha desarrollado una técnica muy sencilla, también basada en el uso de señales GNSS-R, denominada Técnica del Patrón de Interferencia (IPT: *Interferente Pattern Technique*). Ésta consiste en estudiar las fluctuaciones de la potencia recibida por un receptor GPS comercial orientado de tal manera que recibe simultáneamente las señales directa del satélite, y la reflejada en el suelo. Cuando el suelo está húmedo, la reflectividad es mayor y se produce un notch (nulo) en las fluctuaciones de la potencia recibida para ángulos de elevación menores (ángulos de incidencia mayores). La profundidad del notch aumenta para terrenos más lisos ya que hay menos dispersión y la amplitud de la señal reflejada es mayor, y disminuye para terrenos más rugosos ya que hay más dispersión y la amplitud de la señal reflejada es menor. La Fig. 4 presenta dos medidas de la fluctuación de la potencia recibida para un día a) húmedo, y b) seco, obtenidas en Palau d'Anglesola,



Lleida.

Fig. 4. Modelo teórico y resultados experimentales obtenidos en Palau d'Anglesola, Lleida, España el a) 10 de Septiembre de 2008 (terreno húmedo), y b) 22 de Agosto de 2008 (terreno seco), para el satélite GPS número 10.

De esta manera, a medida que los diferentes satélites GPS se van desplazando, describen trazas sobre el suelo que permiten determinar después de unas horas un mapa completo de humedad del terreno (Fig. 5). La extensión (y la resolución espacial) de este mapa vendrá determinada por la altura del reflectómetro sobre el suelo, pero ésta en ningún caso podrá superar los ~150 m, a fin de garantizar que tanto la señal directa, como la reflejada se reciben dentro del tiempo



de coherencia de la señal GPS (tiempo de chip = 1 ms).

Fig. 5. Mapas de humedad del terreno obtenidos con el reflectómetro SMIGOL (Soil Moisture Interference-pattern GNSS Observations at L-band) correspondientes al 25 de Septiembre (izquierda) y 22 de Agosto (derecha).

Cuando existe una cubierta vegetal, se producen reflexiones múltiples en la interfaz vegetación-suelo, que producen más de un notch. Su número exacto y posición (ángulo de elevación) dependen de la altura de la vegetación en términos de la longitud de onda, que en este caso es fija, lo que permite inferir la altura de la misma. Por supuesto, para que esto sea posible, hay que suponer que la altura es aproximadamente la misma para todos los puntos de la traza del satélite, lo cuál es bastante razonable en el caso de los cultivos. La Fig. 6 muestra el radiómetro LAURA (L-band Automatic Radiometer) utilizado anteriormente en numerosas campañas preparatorias de la misión SMOS [<http://www.tsc.upc.edu/prs>], junto con SMIGOL, durante la campaña GRAJO (GPS and Radiometric Joint Observations) en Vadillo de la Guareña, Zamora, donde tendrán lugar actividades de la calibración / validación de SMOS.



Fig. 6. LAURA y SMIGOL desplegados en la campaña GRAJO 2008-2010 (Zamora).

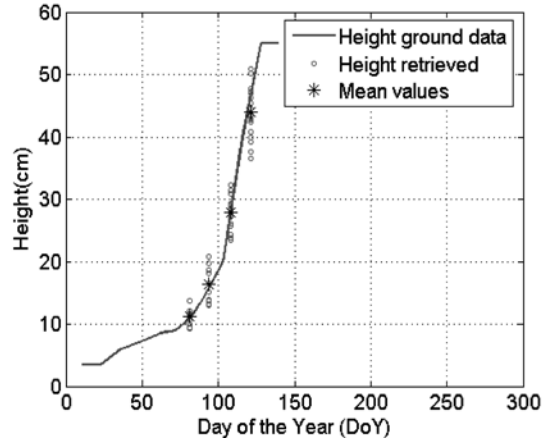


Fig. 7. Crecimiento de la cebada durante el experimento GRAJO en 2009. Recuperaciones de altura de la vegetación los días 22 de Marzo, 4 de Abril, 18 de Abril y 1 de Mayo, valores medios y valores medidos in-situ (ground-truth).

La Fig. 7 muestra los resultados obtenidos en 4 días: 22 de Marzo, 4 de Abril, 18 de Abril y 1 de Mayo de 2009 para diferentes recuperaciones con diferentes satélites GPS, así como el valor medio de los mismos, y el ground-truth medido in situ por le CIALE/Universidad de Salamanca. Como se puede observar, la correspondencia entre los resultados es excelente.

III. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este artículo se han descrito brevemente las dos técnicas desarrolladas en la UPC para utilizar las señales GNSS-R como señales de oportunidad. Para aplicaciones oceanográficas se ha diseñado un reflectómetro GNSS-R que es capaz de generar DDMs completos y complejos cada 1 ms, y de integrarlos coherente y/o incoherentemente durante el tiempo que se haya predeterminado. Se espera que este observable sea más robusto que la simple correlación en retardo, ya que es insensible a muchos efectos acimutales. En la actualidad se está trabajando en el procesado de los datos de la campaña ALBATROSS 09, para correlacionarlo con los cambios instantáneos en TB. Para aplicaciones terrestres se ha desarrollado el Interferente Pattern Technique, técnica realmente sencilla y potente a la vez, que permite, a partir del análisis de la evolución temporal de las fluctuaciones de la potencia de la señal interferente (directa + reflejada) obtener la información de humedad superficial del suelo y altura de la vegetación.

Las líneas futuras de trabajo que se están siguiendo en el grupo abarcan:

1) en el campo de las aplicaciones terrestres (humedad del terreno y altura de la vegetación), la automatización de todo el procesado, de tal manera que dichas recuperaciones las puedan realizar usuarios no expertos. Así mismo, el desarrollo de sensores miniatura, alimentados con paneles solares y con enlaces radio de medio-largo alcance, para su mejor desarrollo en el campo.

2) en el campo de la oceanografía operacional se pone de manifiesto que son necesarios datos obtenidos desde satélite, ya que hasta la fecha, sólo algunos segundos de datos sobre mar, hielo y tierra están disponibles del satélite UK-DMC, y éstos son netamente mejorables en cuanto a relación señal a ruido.

Los recientes avances tecnológicos en sensores permiten hoy en día llevar a cabo misiones espaciales con satélites de “bajo coste”, que pueden desarrollarse en uno o dos años.

Un aspecto prometedor son las perspectivas de las constelaciones de nano-satélites por una fracción del coste de una sola misión de microsátélites. En este sentido, la National Science Foundation de los EE.UU. ha iniciado ya un programa (NSF 08-549, 09-523) para financiar este tipo de misiones [http://www.nsf.gov/pubs/2008/nsf08549/nsf08549.htm], basándose en el standard CubeSat, un picosatélite de 10 cm x 10 cm x 10 cm, que pesa menos de 1 kg. Y aunque hoy en día todavía no sea factible integrar un reflectómetro GNSS completo en un picosatélite, sí que parece posible (¡aunque difícil!) en el hermano mayor de CubeSat que mide 10 cm x 10 cm x 30 cm, y que pesa menos de 3 kg. Estas estructuras están disponibles comercialmente, así como algunos de los subsistemas requeridos, como el ordenador de a bordo, transmisor/receptor, la fuente de alimentación, los paneles solares, el control de actitud etc., y otros nuevos como paneles solares desplegados, star-trackers, sistemas de propulsión ... estarán disponibles en breve (Fig. 8). En el Remote Sensing Lab se está trabajando en la actualidad en el desarrollo de la tecnología de estos pico-satélites, y en paralelo en el desarrollo de payloads GNSS-R que pudieran ser embarcadas en los mismos.

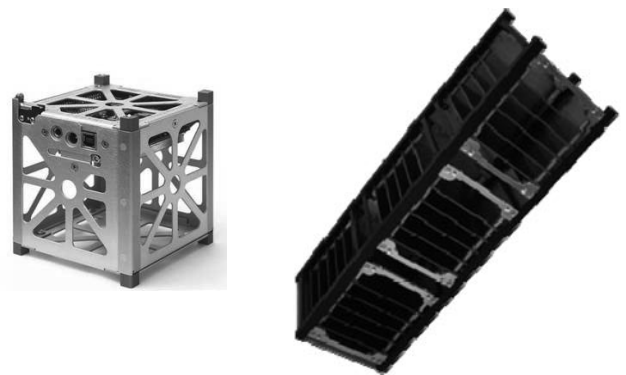


Fig. 8. Modelos comerciales de CubeSat de a) 1 unidad (10 x 10 x 10 cm) y de b) 3 unidades (10 x 10 x 30 cm)

REFERENCIAS

- [1] Martín-Neira, M., A Passive Reflectometry and Interferometry System (PARIS): Application to Ocean Altimetry. ESA Journal 1993, vol. 17. pp 331-355.
- [2] Lowe, Stephen T.; LaBrecque, John L.; Zuffada, Cinzia; Romans, Larry J.; Young, Larry E.; Hajj, George A., First spaceborne observation of an Earth-reflected GPS signal, Radio Science, Vol. 37, No. 1, 07 February 2002.
- [3] Gleason, S.; Hodgart, S.; Yiping Sun; Gommen-

ginger, C.; Mackin, S.; Adjrad, M.; Unwin, M.; Detection and Processing of bistatically reflected GPS signals from low Earth orbit for the purpose of ocean remote sensing; IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43 (6), pp. 1229 – 1241, June 2005, DOI 10.1109/TGRS.2005.845643

[4] Soulat, F., M. Caparrini, O. Germain, P. Lopez-Decker, M. Taani, G. Ruffini, Sea state monitoring using coastal GNSS-R Geophys. Res. Lett., Vol. 31 (21)

[5] Garrison, J.L., Katzberg, J.L., Effects of sea roughness on bistatically scattered range coded signals from the Global Positioning System, GRL, Vol. 25 (13), 1998.

[6] Komjathy, A., V. Zavorotny, P. Axelrad, G.H. Born, and J.L. Garrison, GPS signal scattering from sea surface: Wind speed retrieval using experimental data and theoretical model. Rem. Sens. Env., 73:162–174, 2000.

[7] Garrison, J.L.; Komjathy, A.; Zavorotny, V.U.; Katzberg, S.J.; Wind speed measurement using forward scattered GPS signals; IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40 (1), pp. 50 – 65, January 2002, DOI 10.1109/36.981349

[8] Cardellach, E., G. Ruffini, D. Pino, A. Rius, A. Komjathy, and J.L. Garrison, Mediterranean Balloon Experiment: ocean wind speed sensing from the stratosphere, using GPS reflections Remote Sensing of Environment Vol. 88 (3), pp. 351-362, 15 December 2003,

[9] Rius, A., J.M. Aparicio, E. Cardellach, M. Martín-Neira, and B. Chapron, “Sea surface state measured using GPS reflected signals”, Geophys. Res. Lett., 29(23), 2122, 2002.

[10] Marchan-Hernandez, J. F., N. Rodriguez-Alvarez, A. Camps, I. Ramos-Perez, E. Valencia, X. Bosch-Lluis, “Ground-Based GNSS-R Measurements with the PAU Instrument and Their Application to the Sea Surface Salinity Retrieval: First Results,” International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2008, IGARSS 2008, 7-11 July, 2008

[11] Valencia, E., J.F. Marchan-Hernandez, A. Camps, N. Rodriguez-Alvarez, J. Miguel Tarongi, M. Piles, I. Ramos-Perez, X. Bosch-Lluis, M. Vall-llossera, P. Ferré, “Experimental Relationship Between the Sea Brightness Temperature Changes and the GNSS-R Delay-Doppler Maps: Preliminary Results Of The Albatross Field Experiments,” International Geoscience and Remote Sensing Symposium

2009, IGARSS 2009, 13-17 July, 2009

[12] Rodríguez-Álvarez, N., J.F. Marchán, A. Camps, E. Valencia, X. Bosch-Lluis, I. Ramos-Pérez, J.M. Nieto, “Soil Moisture Retrieval Using GNSS-R Techniques: Measurement Campaign In A Wheat Field,” International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2008, IGARSS 2008, 7-11 July, 2008

[13] Rodriguez-Alvarez, N., J. F. Marchan-Hernandez, A. Camps, X. Bosch-Lluis, E. Valencia, I. Ramos-Perez, M. Vall-llossera, S. Monerri, J. Martinez-Fernandez, C. Perez-Gutierrez, G. Baroncini-Turricchia, N. Sanchez-Martin, J.M. Nieto, “Topographic Profile Retrieval using the Interference Pattern GNSS-R Technique,” International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2009, IGARSS 2009, 13-17 July, 2009

[14] Rodriguez-Alvarez, N., S. Monerri, X. Bosch-Lluis, A. Camps, J. F. Marchan-Hernandez, I. Ramos-Perez, E. Valencia, M. Vall-llossera, J. Martinez-Fernandez, N. Sanchez-Martin, G. Baroncini-Turricchia, C. Perez-Gutierrez, “Soil Moisture and Vegetation Height Retrieval using GNSS-R Techniques,” International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2009, IGARSS 2009, 13-17 July, 2009

[15] Swift, C. T., and R. E. McIntosh, Considerations for microwave remote sensing of ocean surface salinity, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing., Vol. 21 (4), pp. 480–491, April 1983.

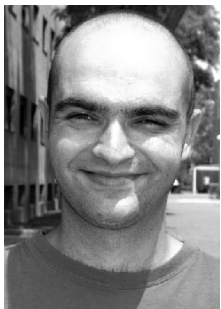
[16] Camps, A., J. Font, M. Vall-llossera, C. Gabarró, I. Corbella, N. Duffó, F. Torres, S. Blanch, A. Aguiasca, R. Villarino, L. Enrique, J. Miranda, J. Arenas, A. Julià, J. Etcheto, V. Caselles, A. Weill, J. Boutin, S. Contardo, R. Niclós, R. Rivas, S.C.Reising, P. Wursteisen, M. Berger, and M. Martín-Neira, The WISE 2000 and 2001 field experiments in support of the SMOS Mission: Sea Surface L-Band Brightness Temperature Observations And Their Application to Multi-Angular Salinity Retrieval, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 42 (4), pp. 804-823, April 2004

AUTHORS



Adriano Camps was born in Barcelona, Spain, in 1969. He received the degree in telecommunications engineering and Ph.D. degree in telecommunications engineering from the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, Spain, in 1992 and 1996, respectively. In 1991 to 1992, he was at the ENS des Télécommunications de Bretagne, France, with an Erasmus

Fellowship. Since 1993, he has been with the Electromagnetics and Photonics Engineering Group, Department of Signal Theory and Communications, UPC, where he was first an Assistant Professor, an Associate Professor in 1997, and where he has been a Full Professor since 2007. In 1999, he was on sabbatical leave at the Microwave Remote Sensing Laboratory, of the University of Massachusetts, Amherst. Since 1993, he has been deeply involved in the European Space Agency SMOS Earth Explorer Mission, from the instrument and algorithmic points of view, performing field experiments, and more recently studying the use of GNSS-R to perform the sea state correction needed to retrieve salinity from radiometric observations. His research interests are focused in microwave remote sensing, with special emphasis in microwave radiometry by aperture synthesis techniques and remote sensing using signals of opportunity (GNSS-R).



Xavier Bosch was born in Palau d'Anglesola, Spain. He received the degree in Telecommunication Engineering from the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) in May 2005, and after that he joined the Passive Remote Sensing Group of the Signal Theory and Communications (TSC) department of the UPC.

His current research activities involve primary hardware (L band radiometer), developing calibration algorithms and characterization analysis for digital radiometers, new digital radiometric concepts such as digital beamforming or polarization synthesis and, he is also involved in algorithms development for a light radiometer aboard a radio-control aircraft.

He is finishing his Electronic Engineering degree. He is IEEE Student Member since 2004.



Isaac Ramos Pérez was born in Barcelona, Spain. He received the degree in Telecommunication Engineering from the Universitat Politècnica de Catalunya

(UPC) in May 2005, and after that he joined the Passive Remote Sensing Group of the Signal Theory and Communications (TSC) department of the UPC. His primary areas of research include L band real aperture radiometry and L band synthetic aperture radiometry for sea salinity measures.



Juan Fernando Marchán-Hernández (S'04) was born in Barcelona, Spain. He received the M.S. degree in telecommunications engineering from the Polytechnic University of Catalonia (UPC), Barcelona, in 2004, and his PhD in May, 2009. In 2003, he was with the Laboratory of Space Technology, Helsinki University of Technology (TKK), Espoo, Finland. His

current research interests are radiometry and signal reflections of GNSS.



Nereida Rodríguez Álvarez was born in Barcelona, Spain. She received the degree in Telecommunication Engineering from the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) in February 2007, and after that she joined the Passive Remote Sensing Group of the Signal Theory and Communications (TSC) department of the UPC. Her current research activities

involve the use of different Global Navigation Satellite Signal Reflectometry (GNSS-R) techniques in order to retrieve geophysical parameters from the land and sea surfaces, as soil moisture or surface roughness, using simulators and developed instruments. She is IEEE Student Member since 2007.



Enric Valencia i Domènech was born in Sabadell, Catalunya. He received the degree in Electronic Engineering from the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) in April 2007, and after that he joined the Passive Remote Sensing Group of the Signal Theory and Communications (TSC) department of the UPC. His current research activities involve the

use of different Global Navigation Satellite Signal Reflectometry (GNSS-R) techniques in order to retrieve geophysical parameters from the land and sea surfaces, as soil moisture or surface roughness, using simulators and developed instruments. He is IEEE Student Member since 2007.