



CURSO DE POSGRADO

DENOMINACION DEL CURSO:

PROPAGACION DE SEÑALES EN LIMBO: RADIO OCULTACION

Fundamentos

Los electrones libres de la ionósfera generados por la fotoionización solar, producen perturbaciones sobre las señales de radio tales como el retardo de grupo sobre la modulación o información que lleva la portadora, avance de la fase de la portadora de radio frecuencia (RF), corrimiento Doppler de la portadora de RF de la onda de radio. Estos efectos pueden ser utilizados para obtener información cuantificable de algunas magnitudes ionosféricas de interés. Este es el caso de la técnica de Radio Ocultación (RO) que se convirtió en los años recientes en una herramienta valiosa para sondear la atmósfera superior terrestre y de otros planetas. De esta manera se pueden caracterizar sus propiedades físicas más importantes tales como presión, temperatura, y perfiles de densidad de electrones entre otras. La RO es una técnica de sondeo de la atmósfera basada en alteraciones de una señal transmitida entre dos satélites, atravesando la atmósfera en estudio. En esta configuración, la geometría que involucra al satélite transmisor, la atmósfera en estudio y el satélite receptor, cambia con el tiempo y se analiza su variabilidad temporal y espacial. El uso de la técnica de RO mediante satélites para sondear la atmósfera de los planetas comenzó con la nave espacial Mariner 4, en 1964, que sobrevoló Marte a lo largo de una trayectoria por detrás de ese planeta, mirando desde la Tierra (Kliore et al., 1964). El término RO se utiliza actualmente para describir el sondeo mediante transmisiones satélite-satélite a través de la atmósfera, para estudiar la ionósfera y la tropósfera. Mirando desde el satélite receptor, el satélite transmisor se ve como asomando u ocultándose por detrás del limbo del planeta en estudio. A medida que la onda de radio del transmisor atraviesa la atmósfera su velocidad y dirección de propagación son alteradas por el gradiente de refractividad del medio. Consecuentemente se ven afectadas la fase y la amplitud de la señal en el receptor con respecto al caso ideal en que la transmisión fuese realizada en el espacio libre. Para estos estudios se generan archivos de esas variaciones temporales de fase y amplitud en el receptor los que proveen la información acerca de la variación de la refractividad de la atmósfera por donde la señal fue transmitida lo que permite, mediante modelos de cálculo, determinar perfiles de las magnitudes ionosféricas de interés, especialmente de la densidad de electrones libres (N_e).

Objetivos

El curso está orientado a introducir a los estudiantes en el manejo de la técnica de RO, una herramienta valiosa que permite obtener datos de magnitudes atmosféricas en tiempo real con una cobertura prácticamente global. Se estudiará el sistema de RO más extensamente empleado y accesible que es el *Constellation Observing System of Meteorology, Ionosphere and Climate* (FORMOSAT-3 COSMIC) iniciado en Abril de 2006 el que provee alrededor de 2000 RO diarias distribuidas globalmente de manera uniforme. Este sistema, implementado mediante un proyecto de colaboración de los gobiernos de Taiwan y EEUU, utiliza conjuntos de transmisores-receptores a bordo de satélites de baja altura (LEO) y satélites de posicionamiento global (GPS). Los datos generados son procesados y almacenados en el *COSMIC Data Analysis and Archive Center* (CDAAC) al que se puede acceder registrándose en el link correspondiente (<http://cdaac-www.cosmic.ucar.edu/cdaac/>). Como parte del curso se introducirá al uso de la herramienta matemática necesaria para el rebatimiento de los perfiles, la *Transformada de*



Abel, que permite que las variaciones temporales y espaciales de las magnitudes físicas involucradas en la RO a lo largo de la línea de transmisión de la señal, sean ordenadas en perfiles cuasi verticales, utilizables para una determinada posición geográfica. Finalmente, como práctica de campo, los estudiantes deberán obtener datos ionosféricos mediante el uso de RO para una determinada posición geográfica y compararlos con los calculados por el modelo *International Reference Ionosphere* (IRI), o eventualmente con mediciones de ionosonda, si estuviesen disponibles, expresando sus conclusiones respecto a las desviaciones obtenidas.

Contenidos

Conocimientos básicos: Descripción de la atmósfera superior según composición y temperatura, la actividad solar y sus consecuencias, el proceso de ionización, teoría de foto ionización, el modelo Chapman, densidad de electrones libres, procesos de pérdida por recombinación y transporte, fuerzas que actúan sobre las cargas, la oscilación del plasma, características del campo geomagnético, la girofrecuencia de las cargas, el índice de refracción complejo, el contenido electrónico total (TEC),

Transmisión y recepción de señales satélite-satélite: Propagación de una señal de radio, conceptos básicos sobre los observables de la señal GPS, las constelaciones LEO y GPS, generalidades de los satélites LEO y GPS, especificaciones

La técnica de RO: Geometría del enlace de RO, observables y generación de datos de RO, el programa FORMOSAT-3/COSMIC (F-3/C), trayectorias de los enlaces de RO del F-3/C, orbitas de referencia del F-3/C, mapa de sondeos diarios de RO del F-3/C, flujo de operaciones y datos del F-3/C, calendario de maniobras del F-3/C,

Procesamiento de los observables en RO: Obtención de los perfiles de RO, cálculo de la densidad de electrones (N_e) a partir del contenido electrónico oblicuo (STEC), la transformada de Abel, cálculo de N_e mediante la aplicación de la transformada de Abel, hipótesis y desviaciones de la Transformada de Abel,

Determinación del STEC a partir del desfase Doppler: el desfase Doppler en trayectorias recta y curva de la señal, variación de la fase de la portadora, el "exceso Doppler" y el gradiente de refractividad

Deriva del reloj a bordo: "Exceso Doppler" en sistemas calibrados y no calibrados, los relojes y sus incertezas, eliminación del error del reloj del LEO, métodos alternativos de corrección del reloj del LEO.

Prácticas de campo: Acceso y descripción del sitio del CDAAC, opciones del menú, disponibilidad de datos ionosféricos, obtención de Perfiles Ionosféricos, formato de archivos, bajada de archivos ionPrf, bajar la aplicación Panoply, apertura de un archivo netCDF con la aplicación Panoply, , descomprimir archivos .zip o .tar, cambio de extensión de los archivos, graficar perfiles de densidad de electrones, exportar datos ionosféricos en formato de texto

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Appleton, E.V., ***Two anomalies in the ionosphere***, Nature, 175, 691, 1946

Booker, H.G., ***Application of the magneto-ionic theory to radio waves incident obliquely upon a horizontally-stratified ionosphere***, J.Geophys. Res., 54, p 243, 1949

Chapman, S., ***The absorption and dissociative or ionizing effect of monochromatic radiation in the atmosphere on a rotating earth***, Proc. Phys. Soc. London, 43, 26, 1931



Davies, Kenneth, ***Ionospheric Radio***. IEE Electromagnetic Waves Series #31. London, UK: Peter Peregrinus Ltd/The Institution of Electrical Engineers. pp. 184–186. [ISBN 0-86341-186-X](#), 1990

Henry Rishbeth & Owen Garriott, ***Introduction to ionospheric physics***, Academic Press, London, 1969

L.-C. Tsai, C. H. Liu, and T. Y. Hsiao, ***Profiling of ionospheric electron density based on the FormoSat-3/COSMIC data: results from the intense observation period experiment***, Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences, 2009

Kliore A.J., Cain D.L., Hamilton T.W., ***JPL-TR -32-674 (Jet Propulsion Laboratories-Technical Reports)***, Pasadena, California, 1964.

Melbourne et al. 1994, ***The application of spaceborne GPS to atmospheric limb sounding and global change monitoring***, Publication 94-18, Jet Propulsion Laboratory

Kursinski et al. 1997, ***Observing the Earth's atmosphere with radio occultation measurements using the Global Positioning System***, J. Geophys. Res. **102**:23.429-23.465.

Er-jiangFu, et al., ***Assessing COSMIC GPS radio occultation derived atmospheric parameters using Australian radiosonde network data***, [Procedia Earth and Planetary Science](#), 1054-59, 2009

Xie, F.; Haase, J. S.; Syndergaard, S., ***Profiling the atmosphere using the airborne GPS occultation technique: A sensitivity study***. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. **46** (11), 2008

Zuffada, C.; Hajj, G. A.; Kursinski, E. R., ***A novel approach to atmospheric profiling with a mountain-based or airborne GPS receiver***, Journal of Geophysical Research. 104:24435
[Bibcode:1999JGR...10424435Z](#). [doi:10.1029/1999JD900766](#), 1999

Angela Aragon Angel, ***Contributions to ionospheric electron density retrieval***, Doctoral Program in Aerospace Science and Technology, Ph.D. Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Spain, 2010.

Angela Aragon-Angel, Manuel Hernandez-Pajares, J. Miguel Juan Zornoza, Jaume Sanz Subirana, ***Improving the Abel transform inversion using bending angles from FORMOSAT-3/COSMIC***, GPS Solutions, Springer, [DOI 10.1007/s10291-009-0147-y](#), 2009

EXPOSITORES

Exposición de la teoría:

Dr. Ing. Luis A. Scidá
Profesor Asociado
Laboratorio de Ionósfera
Dpto. de Física
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología
Universidad Nacional de Tucumán
Email: lscida@herrera.unt.edu.ar



Prácticas de campo:

Gonzalo Lescano
Analista Universitario de Sistemas (A.U.S.)
Facultad Regional Tucumán
Universidad Tecnológica Nacional
gonzalolescano@alu.frt.utn.edu.ar

Coordinación:

Dr. Ing. Miguel A. Cabrera
Profesor Titular
Laboratorio de Telecomunicaciones
Departamento de Electricidad Electrónica y Computación
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología
Universidad Nacional de Tucumán
mcabrera@herrera.unt.edu.ar

Modalidad del dictado:

Clases presenciales teórico prácticas a dictarse en el Laboratorio de Telecomunicaciones del Dpto. de Electricidad Electrónica y Computación (DEEC) de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán (FACET-UNT), Av. Independencia 1800, Block 2, Piso 2, S.M. de Tucumán

Destinatarios del curso:

Graduados en Ing. Electrónica, Computación, Lic. en Informática, Lic. en Física y carreras afines

Metodología del dictado:

Dictado con proyecciones en "power point" y explicaciones adicionales en pizarrón con discusión grupal de los temas expuestos en clases teórico-prácticas

Actividades a desarrollar:

Una vez concluido el dictado teórico, los estudiantes aplicarán los conocimientos adquiridos a datos y diagramas reales generados por la CDAAC y realizarán comparaciones con datos obtenidos de modelos o instrumental de medición directa. Las conclusiones obtenidas serán expuestas, y discutidas en reuniones grupales

Evaluación:

La aprobación del curso estará condicionada a una asistencia mínima del 85% y la elaboración de una monografía y su exposición en una reunión de los asistentes al finalizar el curso. La calificación será hasta 10 (diez) puntos con un requisito mínimo de 7 (siete) para la aprobación.

Cantidad de asistentes:

Cupo mínimo: 5(cinco) alumnos
Cupo máximo: 20 (veinte) alumnos

Condiciones de admisión:

Aptitud suficiente en base al CV



Carga horaria:

Total presencial: 60 hs

Duración en semanas: 4 semanas

Lugar de realización:

Laboratorio de Telecomunicaciones (LTC) del DEEC de la FACET-UNT

Fecha de inicio:

Viernes 15 de Noviembre, reunión informativa y organizativa para acordar horarios con los asistentes

Arancel: Sin cargo

Financiamiento:

Recursos propios del LTC