



Asamblea General

Distr. general
23 de noviembre de 2023
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Informe del curso práctico de las Naciones Unidas y Finlandia sobre las aplicaciones de los sistemas mundiales de navegación por satélite

(Helsinki, 23 a 26 de octubre de 2023)

I. Introducción

1. El término “sistema mundial de navegación por satélite” (GNSS) se utiliza para referirse colectivamente a los sistemas de navegación por satélite que están en funcionamiento o en desarrollo en todo el mundo, incluidos el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos de América, el Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación de Rusia, el Sistema de Navegación por Satélite BeiDou (BDS) de China y el Sistema Europeo de Navegación por Satélite (Galileo) de la Unión Europea. Estos sistemas se complementan con sistemas de aumentación basados en satélites o en tierra. Son ejemplos de sistemas de aumentación basados en satélites el Sistema de Aumentación de Área Amplia de los Estados Unidos, el Sistema de Corrección y Vigilancia Diferenciales de la Federación de Rusia, el Sistema Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario, el Sistema de Navegación Geoaugmentada Asistida por GPS, de la India, y el sistema de aumentación basado en satélites Michibiki del Japón. El hecho de utilizar varios GNSS en órbita, o todos ellos, suele aumentar la productividad y la precisión, en comparación con el empleo de uno solo de esos sistemas.

2. El número cada vez mayor de GNSS, así como los beneficios económicos, sociales y científicos que estos reportan para la humanidad en general, redundaron en el establecimiento del Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (ICG) en 2005, con los auspicios de las Naciones Unidas. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, en su calidad de secretaría ejecutiva del ICG, apoya los avances en el sentido de lograr la compatibilidad e interoperabilidad entre todos los sistemas de navegación por satélite. A medida que surgen nuevos sistemas, la compatibilidad de la señal y la interoperabilidad entre los diversos GNSS, así como la transparencia de la prestación de servicios civiles de libre acceso, son decisivas para garantizar que los usuarios civiles de todo el mundo obtengan el máximo provecho de esos sistemas y sus aplicaciones. Puede obtenerse información más detallada al respecto en el portal de información del ICG (www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/icg/icg.html) (en inglés únicamente).

3. El curso práctico de las Naciones Unidas y Finlandia sobre las aplicaciones de los sistemas mundiales de navegación por satélite, celebrado en Helsinki del 23 al 26 de octubre de 2023, fue organizado por la Oficina de Asuntos del Espacio



Ultraterrestre en colaboración con el Servicio de Levantamiento Topográfico Nacional (National Land Survey) de Finlandia, en nombre del Gobierno de ese país. Fue coorganizado y copatrocinado por el ICG, el Instituto Meteorológico Finlandés, la Universidad de Vaasa, el Instituto Nórdico de Navegación y u-blox, y contó con el apoyo del Ayuntamiento de Helsinki.

4. En el presente informe se exponen los antecedentes, los objetivos y el programa del curso práctico y se resumen los aspectos más importantes de cada sesión y las observaciones formuladas por los participantes. El informe se ha preparado para someterlo a examen de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos en su 67º período de sesiones, que se celebrará en 2024, y de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 61º período de sesiones, también en 2024.

A. Antecedentes y objetivos

5. Desde 2001, la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre viene organizando cursos prácticos regionales con objeto de demostrar a la comunidad mundial el valor que reviste el GNSS y fomentar la integración de la tecnología de los GNSS en la infraestructura básica de los países desarrollados y los países en desarrollo. En 2007 la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos decidió que la cuestión titulada “Novedades en los sistemas mundiales de navegación por satélite” pasara a ser un tema ordinario de su programa. En relación con ese tema, la Comisión y su Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos examinan cuestiones relativas a los avances más recientes en el ámbito de los GNSS y sus nuevas aplicaciones.

6. En consonancia con el examen realizado por la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 60º período de sesiones respecto del tema titulado “Novedades recientes en los sistemas mundiales de navegación por satélite” (véase el documento [A/AC.105/1279](#), párrs. 129 a 151), los principales objetivos del curso práctico fueron los siguientes: a) reforzar el intercambio de información entre los países y ampliar la capacidad de las regiones para aplicar recursos de los GNSS; b) dar a conocer información sobre proyectos e iniciativas nacionales, regionales y mundiales que podrían beneficiar a las regiones; y c) potenciar el fecundo intercambio de ideas entre esos proyectos e iniciativas. En los debates sostenidos durante el curso práctico también se tomaron en consideración los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

B. Programa

7. En la sesión de apertura del curso práctico formularon declaraciones introductorias y de bienvenida el representante del Servicio de Levantamiento Topográfico Nacional de Finlandia y la representante de la Universidad de Vaasa. La representante de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre también hizo una declaración de apertura.

8. El curso práctico comprendió sesiones técnicas relativas a una amplia variedad de cuestiones que guardaban relación con la tecnología de los GNSS y sus aplicaciones. Los temas de las sesiones fueron: a) los GNSS y los sistemas de aumentación basados en satélites actuales y previstos; b) aplicaciones de los GNSS: estudios de casos; c) datos del GNSS; d) determinación de la posición, navegación y cronometría en órbita baja; e) resiliencia del sistema de determinación de la posición, navegación y cronometría; f) programas y proyectos de los países en relación con los GNSS; g) tecnología de los GNSS; h) experiencias de los países con respecto a la utilización de GNSS; i) efectos del clima espacial en los servicios de navegación y servicios conexos del GNSS; y j) el GNSS al servicio de la vigilancia y la investigación del clima espacial. Durante el curso práctico, que se desarrolló a lo largo de cuatro días, se presentaron 61 ponencias. Los participantes fueron seleccionados atendiendo a su formación en ciencias o en ingeniería, la calidad de los resúmenes de las ponencias que presentaron y su experiencia en programas y proyectos basados en la tecnología de los GNSS y sus aplicaciones.

9. El Instituto Finlandés de Investigación Geoespacial del Servicio de Levantamiento Topográfico Nacional organizó una visita técnica de los participantes en el curso a la Estación de Investigación Geodésica de Metsähovi, una de las estaciones geodésicas más septentrionales de la red central del Sistema Mundial de Observación Geodésica de la Asociación Internacional de Geodesia, situada a 60° de latitud norte.

10. El programa del curso práctico fue preparado por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, el Servicio de Levantamiento Topográfico Nacional de Finlandia y la Universidad de Vaasa.

11. Las ponencias y los resúmenes de los documentos presentados en el curso práctico, así como el programa, pueden consultarse en el sitio web de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (www.unoosa.org).

C. Asistencia

12. Se invitó a participar en el curso práctico a 118 especialistas que representaban a organismos espaciales nacionales, instituciones académicas, instituciones de investigación, organizaciones internacionales y el sector industrial, tanto de países en desarrollo como de países desarrollados, interesados en el desarrollo y la utilización de GNSS para aplicaciones prácticas y para la exploración científica.

13. Se utilizaron fondos aportados por las Naciones Unidas, el ICG y el Servicio de Levantamiento Topográfico de Finlandia para sufragar los gastos de viaje aéreo y las dietas de 24 participantes.

14. Estuvieron representados en el curso práctico los 31 Estados Miembros siguientes: Alemania, Argelia, Bélgica, Canadá, Chequia, Chile, China, Chipre, Colombia, Côte d'Ivoire, Croacia, Egipto, España, Estados Unidos, Etiopía, Filipinas, Finlandia, Francia, India, Indonesia, Kenya, México, Mongolia, Nepal, Nigeria, Noruega, Polonia, República de Corea, República Democrática Popular Lao, Sudán y Tailandia. También participaron representantes de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre.

II. Resumen de las deliberaciones, observaciones y declaraciones finales

15. A través de las ponencias presentadas y el intercambio de opiniones que tuvo lugar durante el curso práctico, los participantes tomaron conciencia de los problemas y las oportunidades que presentaba la utilización de los GNSS para diversas aplicaciones que podían proporcionar beneficios sociales y económicos sostenibles, en particular para los países en desarrollo. Cada una de las sesiones técnicas incluyó un debate sobre los principales retos y problemas presentados. En las deliberaciones sostenidas durante el curso práctico se confirmó que la utilización de varios sistemas combinados podía mejorar considerablemente muchas aplicaciones, ya que el hecho de utilizar más satélites robustecía la geometría orbital, lo que redundaba en una mayor precisión y una cobertura más amplia de las señales de los GNSS.

16. Los participantes señalaron que la señal L1C de la banda L1 precisamente tenía por objeto facilitar la interoperabilidad entre el sistema de posicionamiento global y otros GNSS, y daba la posibilidad de fortalecer la cooperación entre los proveedores de GNSS de todo el mundo. La señal L2C, combinada con el código C/A (o código de adquisición aproximada) de la señal L1 en un receptor de doble frecuencia, facilitaba la corrección ionosférica, lo que podía aumentar la precisión del GPS. Por último, se utilizaría la señal L5 para aplicaciones relativas a la seguridad de la vida humana en el transporte y otras aplicaciones de alto rendimiento como la aviación. La L5, utilizada en combinación con la L1C y la L2C, ofrecería un servicio muy sólido y haría posible lograr una precisión submétrica sin aumentación y ejecutar operaciones de muy largo alcance con aumentación. También se observó que proporcionar una señal que ofreciera adquisición aproximada en el Galileo, la señal E5a, y en el GPS, la señal L5, podría ser una característica distintiva del Galileo con respecto a todas las demás constelaciones,

lo que podría aumentar aún más la capacidad de adquirir la señal E5 a baja complejidad. Asimismo, se señaló que también se estaban realizando y explotando nuevas aplicaciones de determinación de la posición con alta precisión del Sistema de Navegación por Satélite BeiDou (BDS), junto con otros GNSS, así como varios sistemas de aumentación basados en satélites.

17. Los participantes observaron que el hecho de que se dependiera cada vez más del GNSS había redoblado el interés por su autenticación, validez y seguridad, lo que resultaba problemático debido a las interferencias externas. Se indicó que en esos momentos ninguna de las señales de servicio abierto o uso civil del GNSS estaba protegida del fenómeno del *spoofing*, es decir, de la suplantación o falsificación de señales. No estaban diseñadas para poder defenderse de señales falseadas. También se indicó que se había formulado metodología encaminada a autenticar las señales del Sistema de Satélites Cuasi Centales (QZSS), así como las del GPS y Galileo utilizando el QZSS. Esa metodología también podía aplicarse a otras señales abiertas del GNSS, como las del BDS, y estaba basada en la transmisión de la firma digital integrada en una de las señales del QZSS para la autenticación de las señales del GPS y Galileo, de modo que se pudiera dotar de capacidad a las señales abiertas para resistirse a esos ataques.

18. Los participantes en el curso práctico comprendieron que el hecho de disponer de señales de Navegación con Constelación India (NavIC) en tres bandas (L5, S y L1) ayudaría a ampliar la diversidad de las observaciones y a modelizar mejor el fenómeno ionosférico. También se demostró la posibilidad de utilizar señales transmitidas en la banda L5 desde el espacio por los satélites del NavIC que operan en órbitas geostacionaria y geosíncrona inclinada para realizar un seguimiento de la superficie terrestre utilizando un sistema de reflectometría con NavIC aeroportado o satelital.

19. Además, se informó a los participantes acerca del programa de elaboración del Sistema de Posicionamiento y el Sistema Satelital de Aumentación de Corea, encaminados a proporcionar señales del GNSS a los usuarios en la península de Corea y la región circundante, que se emplearían en una amplia variedad de aplicaciones, como el transporte, la navegación y la topografía.

20. Los participantes observaron que, en respuesta al rápido desarrollo de los sistemas de aumentación basados en satélites en el mundo entero, se venían elaborando varias iniciativas conexas en África con el objetivo último de contar con un único sistema africano. Un proyecto emblemático titulado “Sistema de aumentación basado en satélites-África” estaba allanando el camino para disponer de un servicio operacional de sistema de aumentación basado en satélites que acarrearía beneficios para muchos sectores, como la navegación marítima, la agricultura de precisión y la aviación.

21. Los participantes tomaron nota de los proyectos relativos a la caracterización de la calidad y los patrones de datos de Vigilancia Dependiente Automática - Radiodifusión y a la determinación de errores o anomalías resultantes de posibles modalidades de falla. Se hizo una demostración de los resultados de la reconstrucción y el análisis de trayectorias con GNSS como caso de inferencia basada en el aprendizaje automático de la importancia de contribuir al procesamiento de señales en la navegación aérea, la gestión del tráfico aéreo, la navegación de superficie, la logística y los acontecimientos estratégicos.

22. Los participantes también observaron que la explotación de señales de satélites de órbita terrestre baja para servicios de determinación de la posición, navegación y cronometría se había vuelto una tendencia importante para los sistemas espaciales pertinentes debido a las ventajas que podían reportar las órbitas terrestres bajas a los GNSS. Además, se indicó que en el marco del programa de determinación de la posición, navegación y cronometría en órbita terrestre baja FutureNAV de la Agencia Espacial Europea se llevaría a cabo una demostración de extremo a extremo en órbita con objeto de probar los beneficios del programa a los usuarios finales en lo concerniente a prestaciones y nuevos servicios de valor añadido. Se facilitó información sobre el proyecto de navegación en ambientes interiores con tecnología Cube Sat (INCUBATE), dirigido a promover la explotación de pequeños satélites de órbita terrestre baja a fin de disponer de información precisa para la determinación de posición,

navegación y cronometría en condiciones difíciles e investigar la manera de obtener esa información en ambientes interiores. Asimismo, se informó acerca del sistema de aumentación CentiSpace, basado en satélites de órbita terrestre baja, para el establecimiento de la vigilancia de la integridad a nivel mundial y la aumentación de las señales de los GNSS.

23. Dos de las cuestiones centrales tratadas en las ponencias que se presentaron en el curso práctico fueron la resiliencia de los sistemas de determinación de la posición, navegación y cronometría y la convergencia de la tecnología de estos con tecnología no tradicional y nueva tecnología a efectos de mejorar la fiabilidad, el rendimiento y la seguridad de las aplicaciones críticas para las misiones aéreas, terrestres, marítimas y espaciales. Se informó a los participantes acerca del aprendizaje automático avanzado para la detección de anomalías y la localización de interferencias, así como de distintos criterios utilizados para ofrecer a un mayor número de usuarios remotos señales horarias precisas en fibra óptica y la manera de aumentar la precisión de la transmisión en baja frecuencia de señales horarias a larga distancia. También se describió la evolución de los mecanismos avanzados para la mitigación de la interferencia de señales.

24. La sesión dedicada al estudio de casos constituyó otra oportunidad propicia para que los participantes dieran a conocer sus experiencias sobre la utilización y las aplicaciones de los GNSS.

25. Los participantes señalaron que los puntos vulnerables de los GNSS estaban bien clasificados, y se entendía que el clima espacial era el elemento que más contribuía a los errores de los GNSS de frecuencia única. Los principales efectos del clima espacial en los GNSS eran los errores de alcance y la pérdida de recepción de la señal. El sector del GNSS hacía frente a varias cuestiones científicas y técnicas que socavaban su capacidad para estar a la par con las necesidades cada vez más complejas de los usuarios, entre ellas la de elaborar receptores que fueran resistentes al centelleo de las señales y la de mejorar la predicción del estado de la ionosfera. Se esperaba que, una vez modernizado el GNSS, al utilizarse señales adicionales, los errores causados por la ionosfera disminuyeran.

26. Se informó a los participantes sobre el sistema clima espacial de la Agencia Espacial Europea, sus objetivos y su estado actual de desarrollo, así como de que ese sistema tenía por objeto apoyar la mitigación de los efectos del clima espacial en la infraestructura y los servicios que dependían fundamentalmente de recursos basados en el espacio. Al respecto, puede consultarse información más detallada en la página web de la Red de Servicios de Clima Espacial de la Agencia Espacial Europea (<https://swe.ssa.esa.int/>).

27. En las ponencias sobre los efectos del clima espacial en el funcionamiento de infraestructura esencial para facilitar la vida cotidiana se hizo hincapié en que las observaciones de los GNSS se utilizaban ampliamente en los servicios relativos al clima espacial para vigilar la evolución espacial y temporal de las perturbaciones ionosféricas, si bien esos sistemas podían verse afectados ocasionalmente por tormentas geomagnéticas. Al acercarse el punto máximo de actividad solar —previsto para principios de 2024, según estimaciones actuales—, no solo una mayor actividad tormentosa entrañaría un reto para el funcionamiento de los GNSS. Se señaló que, a largo plazo, las variaciones graduales de la ionización de fondo también podrían socavar algunas de las soluciones formuladas y probadas durante los años de menor actividad solar. Además de deliberar sobre los problemas y riesgos que existían, los participantes también examinaron los medios para mitigarlos, centrándose en la cartera de servicios de vigilancia y predicción del clima espacial.

28. Se indicó que el funcionamiento de los sistemas receptores de GNSS de bajo costo en el ámbito de la determinación de posición de alta precisión había mejorado hasta llegar a un nivel comparable con el de los receptores de alta calidad. Podían adquirirse receptores de doble y triple frecuencia, incluida la antena, por menos de 1.000 dólares. Para evaluar el funcionamiento de los sistemas receptores de bajo costo en lo que respecta al cálculo del contenido electrónico total (CET) y las variaciones del índice TEC (ROTI), se efectuaron observaciones de cuatro sistemas diferentes (de alta calidad

y de bajo costo). Los datos se registraron durante varios días y se analizaron utilizando dos clases de programas informáticos de forma independiente. Los resultados de ambos procesamientos de datos habían mostrado que los sistemas de bajo costo arrojaban resultados que estaban en consonancia con los obtenidos por los de alta calidad. Se indicó que se realizarían más estudios en los que se registrarían datos empleando distintos tipos de antenas, se añadirían receptores y se utilizarían distintas clases de programas informáticos.

29. Los participantes tomaron nota de la propuesta de la subcomisión de la Asociación Internacional de Geodesia sobre nueva tecnología de determinación de la posición y aumentación del GNSS en el sentido de que se creara un grupo de trabajo de esa subcomisión encargado especialmente de investigar acerca de los sistemas receptores de GNSS de bajo costo en relación con la determinación de la posición, la navegación y la cronometría de alta precisión y aplicaciones conexas. Se indicó que el costo total de esos sistemas receptores debería ser de unos cientos de dólares, incluidos todos los componentes necesarios, y que deberían ser fáciles de utilizar sobre el terreno sin necesidad de poseer conocimientos especializados. Esa clase de sistemas impulsaría aún más la creación de capacidad y la formulación de nuevas aplicaciones a gran escala. Se señaló que el grupo de trabajo propuesto cooperaría con el equipo del proyecto sobre vigilancia del clima espacial mediante sistemas receptores de GNSS de bajo costo, del Grupo de Trabajo del ICG sobre Difusión de Información y Fomento de la Capacidad, y también promovería el avance del proyecto del Grupo de Trabajo en las reuniones de la Asociación Internacional de Geodesia y prestaría apoyo a la elaboración de prototipos de sistemas receptores para estaciones de base y unidades móviles.

30. En la sesión de debate se formularon orientaciones sobre cómo podían colaborar las instituciones mediante alianzas regionales para intercambiar y transmitir conocimientos, poner en marcha actividades conjuntas y preparar propuestas de proyectos. Los participantes valoraron positivamente el curso práctico y afirmaron que los temas tratados respondían a sus necesidades y expectativas profesionales.

31. Los participantes expresaron su reconocimiento a las Naciones Unidas, el Gobierno de Finlandia y demás organizadores tanto por la excelente organización del curso práctico como por su contenido.
