



和平利用外层空间委员会

关于联合国/芬兰全球导航卫星系统应用讲习班的报告

(2023年10月23日至26日，赫尔辛基)

一. 引言

1. “全球导航卫星系统”一词是指世界各地正在运行或正在开发的卫星导航系统，包括美利坚合众国的全球定位系统（GPS）、俄罗斯联邦的全球导航卫星系统（GLONASS）、中国的北斗卫星导航系统（BDS）和欧洲联盟的欧洲卫星导航系统（伽利略）。这些系统得到天基或地基增强系统的辅助。天基增强系统的例子有：美国广域增强系统、俄罗斯差分校正和监测系统、欧洲地球静止导航重叠服务、印度全球定位系统辅助型静地轨道增强导航系统，以及日本“引路号”星基增强系统。与只使用其中一个系统相比，在轨道上使用几个或所有全球导航卫星系统通常会提高效率和精度。

2. 由于全球导航卫星系统的数量不断增加及其给人类带来的经济、社会和科学惠益，2005年在联合国框架内设立了全球导航卫星系统国际委员会（导航卫星委员会）。作为导航卫星委员会的执行秘书处，外层空间事务厅协助逐步实现所有卫星导航系统之间的兼容性和互操作性。随着新系统的出现，各全球导航卫星系统之间的信号兼容性和互操作性以及在提供开放式民用服务方面的透明度是确保全世界民用用户从此类系统及其应用中获得最大惠益的关键因素。更多详细信息可查阅导航卫星委员会信息门户网站（www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/icg/icg.html）。

3. 联合国/芬兰全球导航卫星系统应用讲习班是由外层空间事务厅与代表芬兰政府的芬兰国家土地调查局合作举办的。讲习班于2023年10月23日至26日在赫尔辛基举行，由导航卫星委员会、芬兰气象研究所、瓦萨大学、北欧导航研究所和优北罗公司（u-blox）共同组织和赞助。讲习班得到了赫尔辛基市的支持。



4. 本报告介绍了讲习班的背景、目标和日程安排，并概述了各场会议的要点以及参与者发表的意见。编写本报告是为了提交给和平利用外层空间委员会第六十七届会议并且供科学和技术小组委员会第六十一届会议审议，这两届会议都将于2024年举行。

A. 背景和目标

5. 2001年以来，外层空间事务厅一直在组织区域讲习班，向国际社会展示全球导航卫星系统的价值，并鼓励将全球导航卫星系统技术纳入发达国家和发展中国家的基本基础设施。和平利用外层空间委员会通过了“全球导航卫星系统最近的发展”这一专题，将其作为2007年议程上的常设项目。在该项目下，委员会及其科学和技术小组委员会审查了与全球导航卫星系统领域的最新发展和全球导航卫星系统新应用有关的问题。

6. 根据科学和技术小组委员会第六十届会议对“全球导航卫星系统最近的发展”这一议程项目的审议情况（见A/AC.105/1279，第129-151段），讲习班的主要目标如下：(a)加强各国之间的信息交流，提高该区域应用全球导航卫星系统解决方案的能力；(b)分享可能有益于各区域的国家、区域、全球项目和倡议的信息；(c)加强这些项目和倡议之间的相互促进。讲习班的讨论也与可持续发展目标有关。

B. 日程安排

7. 在讲习班开幕式上，芬兰国家土地调查局和瓦萨大学的代表致开幕词和欢迎词。外层空间事务厅的代表也作了开幕发言。

8. 讲习班期间举行了涵盖全球导航卫星系统技术及其应用相关广泛议题的下列技术会议：(a)目前和计划中的全球导航卫星系统和星基增强系统；(b)全球导航卫星系统的应用：案例研究；(c)全球导航卫星系统数据；(d)低地球轨道定位、导航和授时；(e)弹性定位、导航和授时；(f)各国的全球导航卫星系统方案和项目；(g)全球导航卫星系统技术；(h)各国在使用全球导航卫星系统方面的经验；(i)空间天气对全球导航卫星系统导航和相关服务的影响；及(j)全球导航卫星系统在空间天气监测和研究方面的服务。在为期四天的讲习班期间，共作了61次专题介绍。发言者的挑选依据是其科学或工程背景、其拟议专题介绍摘要的质量以及在使用全球导航卫星系统技术及其应用的方案和项目方面的经验。

9. 芬兰国家土地调查局芬兰地理空间研究所为讲习班参与者组织了一次对Metsähovi大地测量研究站的技术参观。Metsähovi研究站是国际大地测量协会全球大地测量观测系统核心网络中最北端的大地测量站之一，位于北纬60度。

10. 讲习班的日程安排由外层空间事务厅、芬兰国家土地调查局和瓦萨大学拟订。

11. 讲习班上所作专题介绍、所提交论文的摘要及讲习班的日程安排均可查阅外层空间事务厅网站（www.unoosa.org）。

C. 出席情况

12. 来自发展中国家和发达国家的国家空间机构、学术界、研究机构、国际组织和业界的共 118 名专家应邀参加了讲习班，他们都关注全球导航卫星系统在实际应用和科学探索方面的开发和使用。

13. 联合国、导航卫星委员会和芬兰国家土地调查局提供了资金，用于支付 24 名参与者的机票费用和每日生活津贴。

14. 下列 31 个会员国派代表参加了讲习班：阿尔及利亚、比利时、加拿大、智利、中国、哥伦比亚、科特迪瓦、克罗地亚、塞浦路斯、捷克、埃及、埃塞俄比亚、芬兰、法国、德国、印度、印度尼西亚、肯尼亚、老挝人民民主共和国、墨西哥、蒙古、尼泊尔、尼日利亚、挪威、菲律宾、波兰、大韩民国、西班牙、苏丹、泰国和美国。外层空间事务厅的代表也参加了讲习班。

二. 讨论、意见和结论概要

15. 通过讲习班期间所作的专题介绍和意见交流，参与者更深刻地认识到全球导航卫星系统用于各种应用方面的问题和机会，这些应用可以提供可持续的社会和经济效益，特别是对发展中国家而言。每一场技术会议都就所提出的主要挑战和问题展开了讨论。讲习班上的讨论确认，将多个系统结合使用可大幅改善许多应用，因为使用更多卫星可加强轨道几何形状，从而提高全球导航卫星系统信号的精度和覆盖面。

16. 讲习班参与者指出，L1C 作为 L1 波段的一种信号，其设计专门用于实现全球定位系统与其他全球导航卫星系统之间的互操作性，并使世界各地的全球导航卫星系统供应商能够加强合作。当 L2C 信号与双频接收器中的 L1 粗码相结合时，能够进行电离层校正，从而提高全球定位系统的精度。最后，L5 信号将用于生命安全运输和航空等其他高性能应用。当与 L1C 和 L2C 结合使用时，L5 将提供高度可靠的服务，在没有增强系统的情况下实现亚米级精度，而在配备增强系统时实现超远程操作。还有参与者指出，在伽利略系统中提供 E5a 粗捕获信号并在全球定位系统中提供 L5 粗捕获信号，这可能是伽利略系统相对于所有其他星座的一个显著特征，可进一步提高以低复杂度捕获 E5 信号的能力。另据指出，北斗系统的新兴高定位应用与其他全球导航卫星系统以及若干地基增强系统一道正在得到实现和利用。

17. 讲习班参与者指出，由于日益依赖全球导航卫星系统，人们越来越关心其认证、有效性和安全性，而由于外部干扰问题，这一点很有挑战性。据指出，全球导航卫星系统的开放信号或民用信号目前均未受到防欺骗保护。这些信号不是从反欺骗能力的角度设计的。另据指出，已经制定了各种方法，使用准天顶卫星系统来认证准天顶卫星系统信号以及全球定位系统和伽利略系统信号。这种方法也可用于北斗系统等其他全球导航卫星系统的开放信号。该方法的原理是在其中一

个准天顶卫星系统信号中嵌入数字签名并将其播送，从而对全球定位系统和伽利略系统信号进行认证，以实现开放信号的反欺骗能力。

18. 讲习班参与者了解到，提供三个波段（L5、S、L1）的印度星座导航信号将有助于提高观测的多样性和更好地模拟电离层现象。讲习班期间还演示了利用地球静止卫星和倾斜地球同步卫星发射的天基印度星座导航 L5 卫星信号，使用天基或机载印度星座导航反射式接收器进行地表监测的可能性。

19. 讲习班上还向参与者介绍了韩国定位系统开发方案和韩国增强卫星系统，该系统旨在为朝鲜半岛及周边区域的用户提供全球导航卫星系统信号，用于运输、导航和测量等广泛应用。

20. 讲习班参与者指出，面对世界各地天基增强系统的迅速发展，非洲正在制定若干天基增强系统举措，以建立单一的非洲系统。一个名为“非洲星基增强系统”的旗舰项目正在为天基增强系统服务的运行铺平道路，这将为海上导航、精准农业和航空等许多部门带来惠益。

21. 参与者指出，一些项目侧重于确定广播式自动相关监视数据的质量和模式，并识别潜在故障模式造成的任何错误或异常。讲习班上演示了基于全球导航卫星系统的轨迹重建和分析结果，作为对促进空中导航、空中交通管理、地面导航、物流和战略发展中信号处理的相关性的基于机器学习的推论案例。

22. 参与者还指出，利用低地球轨道卫星信号提供定位、导航和授时服务已成为天基定位、导航和授时系统的一个主要趋势，因为低地球轨道可为全球导航卫星系统带来潜在惠益。另据指出，在欧洲空间局“未来导航”（FutureNAV）低地球轨道定位、导航和授时计划下，将开展在轨端对端演示，目的是向最终用户展示该计划在性能和新的增值服务方面提供的惠益。还介绍了“立方体卫星技术室内导航”（INCUBATE）项目的情况，该项目旨在促进利用低地球轨道小型卫星在困难条件下获取精确的定位、导航和授时信息，并研究如何在室内环境中获取这些信息。另外还介绍了用于建立全球完好性监测和全球导航卫星系统信号增强的“微厘空间”（CentiSpace）低地球轨道增强系统。

23. 讲习班上还有一些专题介绍侧重于弹性定位、导航和授时，以及定位、导航和授时技术与非传统新兴技术的融合，以提高空中、陆地、海上和太空任务关键型应用的可靠性、性能和安全性。参与者了解了用于异常检测和干扰源定位的先进机器学习，为更多远程用户提供精确光纤时间信号的方法，以及如何提高远程低频无线电时间广播的准确性。还介绍了最新干扰信号结构的演变情况。

24. 关于案例研究和各国方案的会议为参与者提供了又一次机会，以交流在使用和应用全球导航卫星系统方面的经验。

25. 讲习班参与者指出，全球导航卫星系统的脆弱性已得到很好地分类，而且据了解，空间天气是造成全球导航卫星系统单频误差的最大因素。空间天气对全球导航卫星系统的主要影响包括测距误差和信号接收损失。全球导航卫星系统行业在满足日益复杂的用户需求方面面临着若干科学和工程挑战，包括开发抗闪烁的

接收器和改进对电离层状态的预测。随着全球导航卫星系统的现代化，使用额外信号有望减少电离层造成的误差。

26. 参与者了解了欧洲空间局空间天气系统、其目标和目前发展状况，以及该系统的设计如何有助于减轻空间天气对严重依赖天基资产的基础设施和服务产生的影响。更多详细信息可查阅欧洲空间局空间天气服务网络网站(<https://swe.ssa.esa.int/>)。

27. 有些专题介绍阐述了空间天气对便利日常生活的关键基础设施运行的影响，并强调全球导航卫星系统观测结果广泛用于空间天气服务，以监测电离层扰动的时空演变情况，尽管这类系统本身也会偶尔受到地磁暴的影响。就目前估计，预计将在 2024 年初出现下一个太阳活动高峰期；随着这一时期的临近，对全球导航卫星系统性能构成挑战的不仅仅是风暴活动的增加。据指出，电离层背景条件在较长时期内的逐渐变化也可能对在太阳活动较少的年份开发和测试的一些解决方案构成挑战。除了挑战和风险之外，参与者还讨论了减轻这些挑战和风险的手段，尤其是空间天气监测和预报服务的组合。

28. 参与者指出，低成本全球导航卫星系统接收器系统在高精度定位领域的性能已提高到与高端全球导航卫星系统接收器相当的水平。包括天线在内的双频和三频全球导航卫星系统接收器的价格不到 1,000 美元。据指出，为了评价低成本全球导航卫星系统接收器系统在计算总电子含量 (TEC) 和总电子含量变化率指数 (ROTI) 方面的性能，对四个不同的全球导航卫星系统接收器系统 (高端和低成本兼而有之) 进行了观测。记录了数天的数据，并分别使用两种不同类型的软件进行分析。两种处理结果均表明，低成本全球导航卫星系统接收器系统提供的结果与高端系统的结果保持一致。据指出，接下来将通过使用不同类型的天线记录数据、增加额外的接收器并使用不同类型的软件来开展进一步研究。

29. 讲习班参与者注意到，国际大地测量协会的新兴定位技术与全球导航卫星系统增强小组委员会提议在该小组委员会下设立一个新的工作组，重点探讨用于高精度定位、导航和授时的低成本全球导航卫星系统接收器系统及相关应用。据指出，这类接收器系统的总成本应为几百美元，包括所有必要的组件，而且易于实地使用，不需要专家知识。这类系统将进一步促进能力建设和新应用的大规模开发。另据指出，拟议的工作组将与导航卫星委员会信息传播和能力建设工作组下属利用低成本全球导航卫星系统接收器系统进行空间天气监测的项目小组开展合作，还将在国际大地测量协会的活动中促进工作组的项目发展，并支持开发基站和流动站装置的原型接收器系统。

30. 讨论会上就各机构如何通过区域伙伴关系开展合作以分享和转让知识以及制定联合活动和项目提案提供了指导。参与者对讲习班给予了积极的反馈，表示所讨论的专题符合他们的专业需要和期望。

31. 参与者就讲习班出色的组织安排和实质内容向联合国、芬兰政府和共同组织方表示感谢。