

第11次航行会议

2003年9月22日至10月3日，蒙特利尔

议程项目 2: 空中交通管理（ATM）的安全和保安

2.5 ATM基础结构的安全和保安

6: 航空导航问题

6.2 基于当前和设想的GNSS服务、结构、完整性和备选方案的导航政策问题

基于当地基础设施自成一体的GNSS备用系统

（由瑞典提交）

摘要

本文件建议使用甚高频数据链（VDL）模式4，在不妨害其基本监视功能的情况下，为基于全球导航卫星系统（GNSS）的位置确定提供一个成本效益好、自成一体的备用系统。

会议的行动在第5段。

1. 引言

1.1 ICAO未来空中航行系统特别委员会（FANS）设立的宗旨，是促使国际民用航空得以克服现有空中交通管理（ATM）系统存在的缺点，并利用现代技术满足航空业预期增长的需要。通过两个阶段（FANS委员会和FANS第二阶段委员会）的工作，已经制定了一项利用现代卫星、通信和其他创造性新兴技术，改善ATM并为全世界航空器经营人带来效益的战略。全球通信、导航、监视/空中交通管理（CNS/ATM）的概念应运而生。

1.2 全球导航卫星系统（GNSS）是当前被CNS充分利用的一个关键新技术，它将成为未来CNS/ATM系统的基本要素。预计GNSS将不仅在导航方面发挥关键作用，而且当位置报告是以GNSS数据为依据时还将在监视，即自动相关监视（ADS）方面发挥关键的作用。VDL模式4是作为对CNS三个领域都提供支持的通信系统开发的。应该指出，支持ADS的VDL模式4是目前实施的监视系统的组成要素。其地面基础设施由相互联网的地面站组成。网络的各种功能保证可以随时提供非常准确的时间。各地面站在定期发送准确时间的同时一并发送自己的准确位置。

1.3 应该认识到，GNSS的现有组成部分容易受到干扰，因此航空界以及依靠GNSS的其他非航空用户都主张开发自成一体、成本效益好的备用系统。有关系统的补充和增强功能已经提出了各种建议。本文件概要介绍一种可以用VDS模式4实施的自成一体、成本效益好的备用系统和安全网络。

1.4 VDS模式4地面站网络发送定时信号所提供的资料，可以被移动单位用来计算其各自的位置，从而为GNSS等导航系统提供自成一体、成本效益好的备用系统。研究成果表明，根据VDL模式4地面基础设施所供资料得出的位置，其准确性约为一海里。这种系统对于没有GNSS基础设施的国家或者在某些地区无法保证提供所需的GNSS服务的国家而言，应该是很有吸引力的。

1.5 VDL模式4系统定时准确性的驱动力，来自按准确的时间测量值进行测距所产生的对自动相关监视—广播式（ADS-B）电文中的位置数据进行独立核查的能力。

2. GNSS的增强和基于三角测量的甚高频数字链（VDL）模式4二次导航

2.1 当使用GNSS数据进行导航或监视时，必须具有GNSS增强系统才能保证位置数据的质量。VDL模式4与计算差分修正和卫星视线内地面站完好性数据的GNSS基准接收机相结合，可以用来建立当地的GNSS增强系统。当VDL模式4地面站位于视线之内时，空中和地面用户可以接收到GNSS的增强信号。

2.2 采用VDL模式4的当地增强，经过扩大可以建立区域性GNSS网络。这种VDL模式4网络旨在作为对星基增强系统（SBAS）的一种补充，以便在广阔的地理区域内通过地面站网络提供GNSS增强服务。这种网络可以用来监视运行情况，甚至可以用于各个地面站之间交换资料，以进一步加强播放的增强数据的完好性。这种VDL模式4网络可以无限扩大。

2.3 如果GNSS接收机或GNSS信号发生故障，VDL模式4有能力在没有GNSS信号的情况下提供导航，从而发挥后备支持或退守二线的功能。二次导航功能是ICAO有关VDL模式4的规定中一个选择性要素，要求导航能力在不依靠GNSS的情况下达到航路上的精确度（RNP 1）。用户在边远/大洋空域遇到GNSS接收机故障时，可以依靠该空域内其他用户按世界协调时（UTC）统一发出的模式4同步脉冲串，成功进行导航。在国内空域，民航当局可以借助二次导航功能，用本国的VDL模式4地面基础设施作为GNSS的后备支持。这就要求具有一个可供相关地面站使用的高精度时间的稳定信源。

2.4 如图1所示，二次导航概念与GNSS的概念相类似。在GNSS中，GNSS航天器发射的伪随机噪声（PN）测距信号是与世界协调时同步的。这些信号发射自太空中的已知点，因为航天器的星历表是已知的。信号到达GNSS接收机的时间按相对于该接收机的当地时间进行计算。如果GNSS接收机与UTC同步，信号行走时间（传播时间）除以光速得出至发射信号航天器的距离。如果GNSS接收机与UTC不同步，显示的传播时间提供的则是一个所谓的“伪距离”。在接收机不同步的一般情况下，必须求出其（x, y, z）位置及时间偏差（dt）。如能得出具有好的相对几何形态的四项测量值，这四个未知数就可以得到确定。如能得出四个以上的测量值，则可以在减少错误的情况下确定位置。

2.5 GNSS的关键要素是：

- a) 在已知位置的一组发射平台按同步时间发射足够数量的测距信号，以此向用户群体高概率地提供至少四个呈良好几何形态的测距信号；及

- b) 用户设备有能力接收和测量这些信号的到达时间，并做出必要的计算，用三角测量法确定自己所在的位置。

2.6 发射平台按轨道速度运动的事实并不重要，只要能够高精度地知道其运动的路径，并能确定其在任何时间范围不超过几公尺的位置。GNSS性能好的原因是信号高度同步，测量和报告发射信号的卫星的位置高度准确，以及测距信号具有充足的频带宽度因而得以对到达时间进行高精度的测量。

2.7 VDL模式4也能提供定位系统的关键要素：(1) 多个发射台站以较高的准确性报告其位置；及(2) 时间同步的信号从相同的平台进行发射。在VDL模式4情况下，具有导航意义的发射站是那些报告说其时间经过同步处理、其所报告的定位品质因素良好的机上站或地面站。图2显示这一基本概念，它与GNSS的概念是并行不悖的。

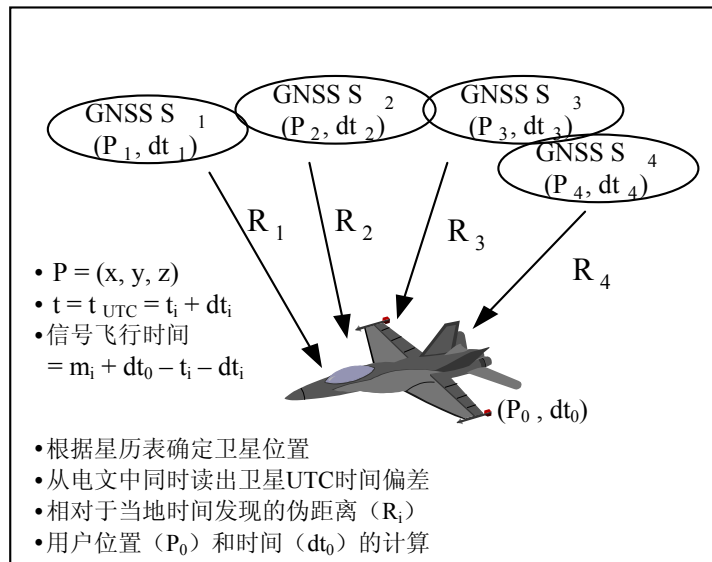


图1 GNSS导航概念概览

2.8 通过使用VDL模式4来求定位置，其精确度低于GNSS，理由如下：

- a) 在大多数情况下，其所报告的用户位置的不确定性，大于报告的GNSS卫星位置的不确定性；
- b) 其进行发射的时间抖动和不确定性，大于GNSS卫星发射；及
- c) 接收站测量到达时间，不如GNSS接收机测定的到达时间精确。

2.9 但是，求定位置是可以做到的。ICAO将VDL模式4发射时间抖动具体规定为 $\pm 1 \text{ usec}$ (2σ)。这相当于300公尺(约1 000英尺)的距离不确定性。如果信号到达时间的测量能够达到等值精度(约为 1 usec (2σ))，每个信号的测距误差将限制在500公尺(2σ)以内，处于良好几何形态的用户将能取得1公里左右甚至更好的定位精度。这将是活跃空域用户需要的典型性能，因为用户在这种空域内可以从四面八方

确定许多装有合适设备的其他用户的位置；或者是民航当局（CAA）明确将地面基础设施设计为可以提供可接受的几何形态的空域内用户所需要的典型性能（地面站网络可以完全独立于GNSS，而且由于其高精度的位置报告及其可能更加精确的发射定时，甚至能够提供更好的性能¹）。

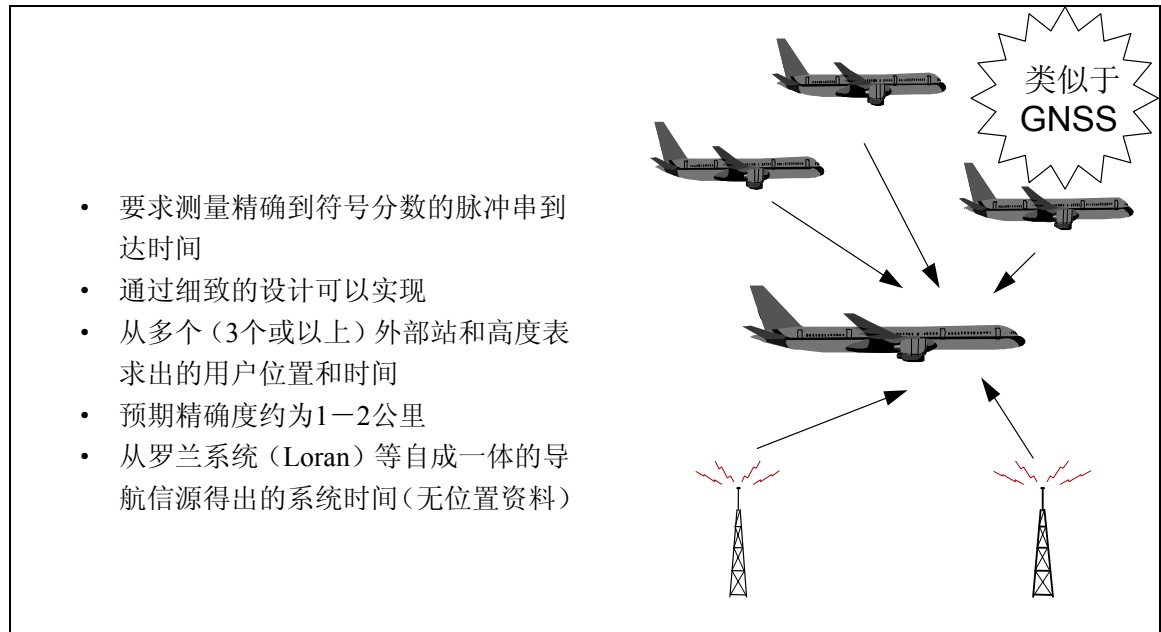


图2 VDL模式4二次导航

3. 二次导航的运行效益

3.1 二次导航的运行效益是：

- a) 用VDL模式4协议提供可以保持高效率通信和资源分享的稳定手段；
- b) （通过对收到电文的传播时间进行估算）为用户求出独立测距估计值的能力，可以在MAC层和以上层支持强化的完好性特征；
- c) 在国内空域，二次导航与在全球信号发射波道（GSC）上发射同步脉冲串的地面网络相结合，可以提供适合航路上导航的GNSS全面后备支持²。这种稳定的、由当地控制的后备支持可以便利在全球引入GNSS作为首要导航手段的工作；及
- d) 机上站和/或地面站可以向GNSS设备发生故障、处境孤立的用户提供后备支持。

¹ 这里是相对从移动单位进行测距的效果而言。

² 这要求地面站具有准确时间的独立信源，以及充分的冗余度以便有三个或三个以上的地面站在指定或以上高度向用户提供高概率覆盖。

4. 结语

4.1 从以上分析中可以看出，VDL模式4除用于监视的ADS-B功能外，还可以在不妨害其基本监视功能的情况下，用来为GNSS提供一个后备性位置信源。这种自成一体的GNSS后备支持系统和安全网络，为所有国家未来拥有一个由本国控制的导航系统提供了可能。

5. 会议的行动

5.1 请会议：

- a) 注意VDL模式4系统的内在功能可以用来作为自成一体的GNSS后备支持，从而为所有国家未来拥有一个由本国控制的导航系统提供了机会；及
- b) 建议ICAO确定有关要求并制定适用规范，以支持建立独立于太空各要素的GNSS陆基后备安全网。