



大会 — 第 39 届会议
技术委员会

议程项目33: 航空安全和空中航行监测和分析

对遥控驾驶航空器系统 (RPAS) 和网络安全的监视

(由俄罗斯联邦提交)

第1号修改稿

执行摘要

将遥控驾驶航空器系统 (RPAS) 整合进管制空域, 意味着这些遥控驾驶航空器系统必须由遥控驾驶员和空中交通管理系统进行监视。有证据表明, 最受认可的监视方法是广播式自动相关监视 (ADS-B)。广播式自动相关监视1090扩展电文中缺乏网络安全数据意味着, 需要使用陆基空中交通管理系统中的二次雷达或多点定位监视数据对这些数据进行验证。只有在使用机载防撞系统数据时方可进行近距离的空对空监视验证, 由于成本原因, 该验证将一大类小型非驾驶航空器排除在外。为提供其他航行服务 (广播式飞行情报服务、差分全球导航卫星系统、管制员 — 驾驶员数据链通信、航务管理通信), 将需要一些额外的数据链。如果我们使用甚高频数据链模式4 (VDL-4) 通信链路则不存在这些问题。此外, 用VDL-4建立的一个自组织机载网络 (SOAN) 能够完全解决网络安全问题。

战略目标:	本工作文件涉及安全的战略目标。
财务影响:	由国际民航组织经常方案预算提供资金
参考文件:	Doc 9924号文件: 《航空监视手册》 ASWG TSG WP02-27、SP-ASWG/3 WP-24国际民航组织监视委员会工作文件

¹ 俄文版由俄罗斯联邦提供。

1. 引言

1.1 当遥控驾驶航空器系统(RPAS)在管制空域飞行时，必须由遥控驾驶员以及空中交通管理系统的多个用户同时对其加以监视。

1.2 国际民航组织关于任何航空器在陆基空中交通管理系统进行监视的一般立场是使用下列方法和工具：

- a) 基于使用A/C/S模式的二次雷达的雷达监视；在遥控驾驶航空器系统上必须有一个应答机；
- b) 多点定位 — 使用多点定位监视系统(MPSN)；在遥控驾驶航空器系统上必须有一个发射机；
- c) 使用卫星导航信号的广播式自动相关监视；在遥控驾驶航空器系统上必须有一个发射广播式自动相关监视信号的发射机。

1.3 遥控驾驶航空器系统必须通过使用上述三种方法之一或者综合这些方法，由空中交通管理地面系统进行监视。

1.4 遥控驾驶航空器系统也必须由遥控驾驶员在遥控站(RPS)进行监视。

1.5 在二次雷达应答器模式下使用遥控驾驶航空器系统机载设备要求遥控站安装一个二次雷达。目前，全世界范围内的大多数遥控驾驶航空器系统(多达 90%)重量为 30 千克。在最佳情况下，遥控站位于小型卡车/厢式货车上面，或者由遥控驾驶员携带设备对遥控驾驶航空器系统进行监测或控制。因为成本、规格、耗电和其他技术参数方面的原因，无法在遥控站对遥控驾驶航空器系统使用二次雷达。

1.6 移动遥控站还排除了使用多点定位监视系统的可能性，多点定位监视系统包括多个分布很远(15至 20 千米，甚至更远)的同步无线电接收机。

1.7 广播式自动相关监视是从遥控站对遥控驾驶航空器系统进行监视的唯一可接受方法。同时，只有广播式自动相关监视能确保直接的空对空监视。结果，驾驶员能够由此获得情景感知。除了监视服务之外，对其他的空中航行服务(相邻的应用)也很重要，它们通过使用提供广播式自动相关监视服务的同一个数据链实施。由于质量和功率方面的限制，不能使用在遥控驾驶航空器系统机载的二次雷达应答器或者多点监视系统发射机。

2. 实施广播式自动相关监视的数据传输链路

2.1 我们回顾一下所有广播式自动相关监视的国际民航组织标准化数据链。包括：

- a) 1090兆赫兹的扩展电文(1090 ES)；

- b) 甚高频数据链模式4 (VDL-4)；
- c) 978兆赫兹的通用访问收发机 (UAT)。

2.2 通用访问收发机在美国境内做区域性应用。根据附件 5 第 5 卷，978 兆赫兹频率不得用于监视，但必须用于导航。欧洲航空安全组织宣称未来将不使用通用访问收发机数据链。

2.3 与此同时，美国和欧洲分别通过下一代空中运输系统 (NextGen) 方案和欧洲单一天空空交通管理研究 (SESAR) 方案，宣布从 2020 年起所有航空器必须安装 1090 扩展电文发射功能商用设备。绝大多数空客和波音商用航空器已经拥有 1090 扩展电文发射功能的数据链作为其机载设备的一部分。广播式自动相关监视接收功能在下一代空中运输系统方案和欧洲单一天空空交通管理研究方案中并不是必须的。

2.4 基于 1090 扩展电文的广播式自动相关监视的缺点包括高密度空中交通情况下的干扰/饱和，因不能区分信号将会造成信号分层。鉴于这些原因，广播式自动相关监视在密集空中交通区域的有效作用范围是 50 至 70 千米。由于广播式自动相关监视接收功能并非必须，发射广播式自动相关监视报文的航空器没有关于广播条件的信息，也并不知道它们的信号是否能够由空域用户接收。

2.5 基于 1090 ES 的广播式自动相关监视的关键责任是它对于未经授权的用户来说是透明的并且缺乏网络安全性。当在广播式自动相关监视 1090 ES 框架内发送虚假的广播式自动相关监视报文时，缺乏区分真假报文的相关机制。

2.6 由科斯廷、斯特罗迈耶、伦德斯、马丁诺维奇进行的一项研究以及由 GosNIAS (国家航空系统科学研究所) 自身进行的一项研究已经证明，如高级别航空监视文件 Doc 9924 号文件以及 2016 年文件 ASWG TSG WP02-27、SP-ASWG/3 WP-24 中所述，有必要强制性地使用二次雷达或多点定位数据，以验证作为空中交通管理系统 1090 扩展电文数据链一部分的广播式自动相关监视数据。但是在这种情况下，由于二次雷达和多点定位的高成本，这种类型的广播式自动相关监视效率不是很高，而且从技术角度而言根本是不必要的，因为要在空中交通管理系统中确定航空器的位置，二次雷达和多点定位是可以自给自足的，不需要广播式自动相关监视。国际民航组织的观点是，只有在在限定范围内使用机载防撞系统 (TCAS) 的情况下，对基于 1090 扩展电文的广播式自动相关监视进行空对空监视数据验证是可行的。于此同时，特别是空对空监视对未装备机载防撞系统的通用航空、直升机、遥控驾驶航空器系统是极为重要的，对在较低高度飞行的这些航空器使用地面空中交通管理系统进行航空器服务存在问题，从实际的角度来看，并非总有需求的，此外，从经济的角度而言，在每周有数次通用航空航空器/直升机飞行的大部分地区使用真正的空中交通管理系统将永远无法收回成本。在这些地区，当务之急是使用没有用空中交通管理系统的广播式自动相关监视接收功能。经国际民航组织监视委员会确认，如果带有广播式自动相关监视发射功能 1090 扩展电文的空中交通管理系统航空器监视数据能够通过二次雷达或者多点定位数据进行验证，那么广播式自动相关监视 1090 扩展电文内的空对空监视数据在没有机载防撞系统的情况下，原则上不能被验证。

2.7 以这种方式，部署广播式自动相关监视 1090 扩展电文将需要保持并进一步发展二次雷达或者多点定位的地面基础设施，从而部分解决网络安全问题(但这样你会丧失引入广播式自动相关监视的主要意义)。我们不由要问，如果二次雷达或者多点定位能够完美解决在空中交通管理系统找到航空器的任务并具有网络安全性，而广播式自动相关监视 1090 扩展电文依赖于二次雷达或者多点定位，那么我们为何还需要广播式自动相关监视 1090 扩展电文？空中交通管理系统内的广播式自动相关监视最初被设想来取代二次雷达或者多点定位，因为它成本更低，更精确，更环保。现在事实证明，如果没有二次雷达或者多点定位，广播式自动相关监视 1090 扩展电文就不能独立存在。混合模式的机载防撞系统 — 第 1 阶段用广播式自动相关监视，第 2 阶段仅用机载防撞系统 — 不能作为理由。在没有任何广播式自动相关监视的前提下，该系统也能够作为机载防撞系统单独运行。此外，如上文所述，你不能完全信任来自其他飞机的广播式自动相关监视发射功能的机载监视数据，因为，举例而言，通过专门启用的遥控驾驶航空器系统能够轻易进行电子欺骗。最后，最关键的问题是：起飞质量约为 30 千克的遥控驾驶航空器系统的遥控驾驶员如何得知广播式自动相关监视发送系统信号是否可靠？在遥控驾驶航空器系统上，它们没有二次雷达、多点定位，或者机载防撞系统。

2.8 让我们探讨如何通过使用 VDL-4 解决网络安全问题。

2.9 即使在使用 VDL-4 时，也可能使用虚假的广播式自动相关监视报文；然而，标准容许一种测量报文发送方和接收方之间距离的机制，从而可以帮你分别出哪些广播式自动相关监视报文是合法的。

2.10 接收方，无论是空中交通管理系统或者航空器，从发送方接收一个包含发送方经纬度的广播式自动相关监视报文。接收方知道自己经纬度的情况下，计算出发送方和接收方之间的距离。与此同时，VDL-4 的基本性能得以使用。根据国际民航组织标准的规定，电文有一个时间标记。发送方在发送报文时会插入高度精确的时间。接收方也会在时间刻度上标记接收时间。通过计算发送和接收报文之间的时间，并将此结果乘以电磁波传播速度(光速)，接收方能够计算出发送方和接收方之间的所测量的实际距离。如果运用可接受的精度的不同方法计算出的发送方和接收方之间的距离差距仅为 1-2%，则发送方是可靠的。如果用不同方法计算出来的距离不匹配，则接收方可得出特定结论，并通知周边用户该发送方不可靠。

2.11 该报文验证过程用于转配了 VDL-4 的航空器的空对地和空对空监视。我们假设，在空中交通管理的地面系统，有一个与空中交通管理系统计算机之间互动的遥控驾驶航空器系统的带有 VDL-4 的未工作的单元。陆基监视数据验证是通过使用 VDL-4 在实际的广播式自动相关监视内完成，不需要二次雷达或者多点定位数据。以类似的方式对装载设备的航空器进行机载监视；遥控驾驶航空器系统的遥控驾驶员通过广播式交通情报服务(TIS-B)功能收到关于未装载设备的航空器位置信息，并通过使用适合于空中交通管理系统的方法确定非装备航空器的位置。

2.12 我们必须注意到与仅执行一种主要功能(监视)的 1090 扩展电文数据链相反，VDL-4 数据链有很多其他功能，这意味着带有 1090 扩展电文数据链和空中交通管理系统的航空器必须拥有不少于三种的额外数据链，以发送航班信息、关于卫星导航信号完整性的信号、差分校正、驾驶员调度员、驾驶员-驾驶员数据链通信和航空公司航务管理的点对点通信等。因为 VDL-4 能够在若干不同频率上同时运行，所有功能都在同一个重量小于 150 克的单元内进行。在使用广播式交通情报服务功能时，陆基探测和规避能预防装载 VDL-4 航空器和未装载 VDL-4 航空器之间的相撞。

2.13 使用 VDL-4 的自组织机载网络 (SOAN) 是广播式自动相关监视的一个前景光明的发展领域。第 12 次机载导航会议做出决定，认可了这一技术解决方案的意义。除了功能稳定，在由空中遥控驾驶航空器系统网络支持的遥控驾驶航空器系统和遥控驾驶员之间超出无线电视距的情况下提供监视，自组织机载网络能够从根本上解决航空安保问题。密钥系统和加密技术将确保无线电报文的完整验证，防止报文被拦截、伪造、破坏等，并能充分应对网络安全挑战。

3. 结论

3.1 铭记着遥控驾驶航空器系统的方方面面，从遥控站的位置，最优方法是由遥控驾驶员使用广播式自动相关监视对遥控驾驶航空器系统进行的协调监视。

3.2 1090 扩展电文数据链不提供广播式自动相关监视数据的网络安全性。必须在地面监视系统使用二次雷达或者多点定位对数据进行验证。关于验证遥控驾驶航空器系统机载数据不存在令人满意的工具。为了实施诸如广播式飞行情报服务、差分全球导航卫星系统、管制员-驾驶员数据链通信、航务管理通信和其他等功能，你至少需要三个额外的数据链。

3.3 根据标准，VDL-4 数据链保护陆基空中交通管理系统中的航空器位置，或者保护在其自身的广播式自动相关监视之内机载监视期间的航空器位置。额外的航空服务也是通过 VDL-4 实施的。使用 VDL-4 的自组织机载网络有巨大的潜力，尤其是当涉及到网络安全的时候。

3.4 请大会：

- a) 考虑遥控驾驶员和空中交通管理系统两者都使用广播式自动相关监视对遥控驾驶航空器系统 (RPAS) 进行监视的益处；
- b) 考虑广播式自动相关监视1090扩展电文数据并非网络安全数据，需要使用陆基空中交通管理系统的二次雷达或多点定位监视数据对其进行验证，并且对于机载监视而言没有可接受的验证方法；
- c) 考虑使用 VDL-4 数据链实施遥控驾驶航空器系统监视和相关应用的益处，包括考虑自组织机载网络 (SOAN) 的潜力。