

News & Highlights

美国监管机构在 5G 部署对航空飞行安全产生干扰问题上发生争议

Mitch Leslie

Senior Technology Writer

美国无线运营商于 2021 年末着手大幅提升其第五代 (5G) 网络的性能。虽然他们从 2019 年就开始提供 5G 业务, 但该业务过去一直通过电磁频谱的部分频段传输数据, 要么传输速度与第四代 (4G) 技术相差无几, 要么覆盖范围有限[1–2]。2021 年 12 月 5 日, 美国最大的两家无线运营商——美国电话电报公司 (AT&T) 和威瑞森通信公司 (Verizon) ——计划部署 C 波段 5G 网络应用。C 波段属于中波段频率范围, 因速度快和覆盖范围广而被认为是最适合无线传输的波段 (图 1) [2]。



图 1. 此类 5G 发射塔的传输频率与航空高度表的工作频率相近。使用该传输频率能提高用户的手机性能, 但也可能会干扰某些高度表的正常工作。来源: Fabian Horst (CC BY-SA 4.0)。

但改进的 5G 业务甫一问世便深陷舆论旋涡。有人担心 C 波段传输会干扰无线电高度表的正常工作。该仪表用于测量飞机的离地高度, 其工作频率与 5G 传输频率相近[3]。由于各无线运营商、航空公司和两家美国政府机构——联

邦通信委员会 (FCC) 和联邦航空管理局 (FAA) ——就 5G 的风险问题争论不休, 5G 部署被推迟近两月[4]。负责电信监管事宜的联邦通信委员会确信 5G 不会带来危险。但负责监管飞机安全的美国联邦航空管理局对此表示关切, 并于 5G 即将按期部署前六天禁止飞行员在 100 个机场起落时使用基于无线电高度表的系统, 这包括一种低能见度着陆辅助系统[5–6]。

无线运营商最终于 2022 年 1 月 19 日推出了升级后的 5G 业务。但他们也同意在此后六个月内不启用 50 个机场周围 3.2 km (2 mi) 范围内的 C 波段发射塔, 涉及位于洛杉矶、纽约、芝加哥和迈阿密的繁忙机场[1]。研究人员、监管机构、航空业和无线通信业得以利用这段时间积累信息并探索可能的解决方案。但专家警告, 这场争议可能历经数月乃至数年方可得到解决[7–8]。他们还提到, 该争议警示我们, 日益拥挤的频谱未来将面临分配难题。“这种冲突会越来越常见。”美国印第安纳州圣母大学电气工程教授 J·尼古拉斯·莱曼说, “我们能否利用它们开发新技术, 提供政策方案并协商解决方案, 以同时实现多种用途?”

当美国无线运营商推出 5G 业务时, 他们坚持使用低于 1 GHz 的低频段频谱和介于 24~300 GHz 之间的毫米波频段 [2,9–10]。但这两种方案都会限制 5G 用户的体验。因带宽较窄, 低频段信号的速度可能无法超过 4G 长期演进 (LTE) 技术, 而毫米波段传输信号在城市中穿过数个街区 (0.4~0.6 km) 后就会衰减[2]。这就是无线运营商们于 2021 年豪掷 810 亿美元获得 C 波段运营权的原因。相较

于低频段频谱，C波段的带宽更宽，传输速度更快，而且其传输范围也超过了毫米波频率[2,11]。

然而，机载无线电高度表已占用了C波段，用于发送和接收4.2~4.4 GHz频段内的信号[2]。无线电高度表并非飞机高度数据的唯一来源，但当飞行高度低于760 m时，它便成为飞行员获知飞机高度最重要的途径（图2）[12-13]。此外，它可向数十个系统发送数据，以警示飞行员与地面距离过近，帮助飞行员朝正确方向起飞，在飞机着陆后启动反推力装置进行减速，以及控制其他功能[13-14]。如受到干扰，高度表可能会提供错误读数或显示空白读数并引发险情，这对于飞机低能见度着陆而言尤其危险[14]。这种干扰可能影响客运飞机、私人飞机、货运飞机、直升机和军用飞机。

为抑制可能存在的干扰，美国联邦通信委员会仅允许无线运营商使用3.7~3.98 GHz频段进行信号传输，由此建立了220 MHz的缓冲区，又称为保护频带[15]。该频带宽度是飞机制造商波音公司推荐频带宽度的两倍[15]。为提供额外防护，高度表通常采用带通滤波器滤除可能产生干扰的相邻频率[12]。

已采用C波段5G传输的其他40多个国家均采取了各种预防干扰的措施。例如，英国规定C波段5G传输频率不得超过3.8 GHz，由此建立了400 MHz的保护频带，约为美国设置的保护频带的两倍[16]。总部位于英国伦敦的技术咨询组织Access Partnership的首席技术官威廉·韦伯表示，英国政府进行过一项理论分析并得出结论，即许可范围内的5G传输不会对高度表产生干扰。但韦伯表示，英国政府并未要求进行飞行试验或限制机场附近的5G发射塔。

其他国家采取了更激进的措施。法国和加拿大分别要求设置400 MHz和500 MHz的保护频带，并在主要机场周围建立了限制5G传输的缓冲区[16-17]。例如，加拿大禁止其境内26个机场在每条跑道两侧9140 m范围以及

两端2.1 km范围内设置室外5G基站[18]。为使5G波束远离飞行中的飞机，加拿大还强制要求发射塔的天线向下倾斜[18]。另外，在部署5G业务后，加拿大计划开展飞行试验，用以检查飞机飞行期间是否受到5G信号干扰[19]。法国和挪威在推出5G业务后开展了此类研究，但研究显示直升机和民航客机的高度表并未受到干扰[19]。

正如一篇文章所述，只有美国发生了某个政府机构在5G安全问题上“推翻”另一个机构和无线通信业的情况[20]。专家们对这种分歧表示谴责。韦伯表示：“整个协商过程完全失败，而这个问题本该早已解决。”来自美国华盛顿州西雅图市华盛顿大学的电子与计算机工程系副教授克里斯·鲁德尔表示，这个过程代价不菲，毕竟美国在5G部署方面已落后于多国，所以任何进一步中断“都会严重影响经济发展和竞争力提升”。

因联邦航空管理局为此次争议负大部分责任并被指夸大了5G风险，该局局长于2022年3月辞职[21-22]。鲁德尔表示，有充分证据表明5G的安全性。“欧洲大部分地区、中国和全球其他地区均已顺利部署5G。”他说，“我很乐意自己乘坐的飞机飞过基站上空。”但来自美国弗吉尼亚州阿灵顿市弗吉尼亚理工大学的网络安全教授兼联邦网络倡议执行董事路易斯·达希瓦则表示，他理解联邦航空管理局的反应：“他们极为谨慎，因为航空领域的风险容忍度很低，即使发生危险的概率为百万分之一，依然是不可接受的。”

莱曼表示，联邦航空管理局面临的挑战之一在于缺乏足够的信息来进行风险评估。该机构需要了解目前使用的高度表的具体型号，每种型号的普及率，以及每种高度表如何响应5G C波段传输。但直至计划的5G部署日期前一个月，联邦航空管理局方才正式要求提供此类数据[3]。如莱曼所言，这样做的结果是：“当时已经来不及进行详细的风险分析了。”



图2. (a) 当飞机在低空飞行时，尤其是在低能见度条件下着陆时，无线电高度表至关重要。(b) 飞机驾驶舱内的平视显示器可以将高度和风速等主要飞行信息投射到飞行员视线范围内的显示屏上。该系统依赖于无线电高度表并可能受到5G干扰。来源：Vincent Albos (CC0)；Joschiki (CC BY-SA 3.0)。

专家表示，联邦航空管理局、联邦通信委员会以及无线通信业和航空业目前加强了合作，正在收集更多有关5G影响的资料。正在开展的试验包括实验室分析和现场试验，其目的在于确定飞机飞至已激活的5G发射塔附近时是否受到5G干扰[19]。联邦航空管理局还利用无线服务供应商和航空电子设备公司提供的数据筛查易受干扰的高度表[23]。该机构已审批了90%以上的美国飞机机载高度表，并允许这些飞机在低能见度条件下降落于可能受5G干扰的机场[24]。但该研究还显示，部分高度表未能滤除干扰频率，所以有可能受5G干扰[25]。这些高度表要么未配备滤波器，要么滤波器不足以滤除正确的频率。达希瓦表示：“并非所有高度表都不合格，不过不合格品的占比尚不明确。”虽然该机构在试验中发现了上述缺陷，但他国开展的试验并未发现这些缺陷。出现这种情况的原因不得而知。

目前尚未确定采取哪些措施可以在落实快速5G业务的同时保护飞机安全。亟需解决的问题之一为如何处理性能不足的高度表。联邦航空管理局计划制定新的设备标准，但需等到2023年方能正式出台相关规则[7]。更换不合规的高度表可能耗资数亿甚至数十亿美元，这笔升级费用由谁承担还不得而知[26]。另一个问题在于是否应当继续限制某些机场附近的5G传输业务。无线运营商只同意在2022年7月前暂停其服务，并且这些限制会影响包括纽约市和洛杉矶在内的城市中大量人口享有5G服务[11]。

莱曼表示，联邦航空管理局、联邦通信委员会和无线通信业在制定了最佳5G方案后，接下来需考虑如何解决有关频谱分配的争议：“重要的是，我们需采取科学协作的方法，并以数据为依托破除质疑。”

References

- [1] Heilweil R. Why 5G is causing flight cancellations [Internet]. New York City: Vox; 2022 Jan 19 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.vox.com/recode/2022/1/12/22878622/5g-airplanes-c-band-interference-faa>.
- [2] Lumb D, Blumenthal E. Verizon and AT&T's C-band 5G upgrade: from airports to rollouts, the latest on what you need to know [Internet]. San Francisco: CNET; 2022 Jan 19 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.cnet.com/tech/mobile/verizon-and-at-ts-c-band-5g-upgrade-from-airports-to-rollout-the-latest-on-what-you-need-to-know/>.
- [3] Reardon M. How the FAA went to war against 5G [Internet]. San Francisco: CNET; 2022 Jan 28 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.cnet.com/tech/mobile/how-the-faa-went-to-war-against-5g/>.
- [4] Chokshi N, McCabe D. AT&T and Verizon delay 5G service near some airports [Internet]. New York City: New York Times; 2022 Jan 18 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.nytimes.com/2022/01/18/business/att-verizon-5g-airlines.html>.
- [5] Tegler E. Flying to New York or L.A. next week? The FAA's release of 1500 5G NOTAMs means you could be delayed [Internet]. New York City: Forbes; 2022 Jan 13 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/ericteglar/2022/01/13/flying-to-new-york-or-la-next-week-the-faas-release-of-1500-5g-notams-means-you-could-be-delayed/>.
- [6] Silk R. FAA instructs pilots to avoid low-visibility landings at airports in 5G zones [Internet]. London: Travel Weekly; 2022 Jan 13 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.travelweekly.com/Travel-News/Airline-News/FAA-low-visibility-landings-5G>.
- [7] Clark M. The house hearing on 5G and planes shows the ride isn't over yet [Internet]. New York City: The Verge; 2022 Feb 4 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.theverge.com/2022/2/4/22917018/5g-c-band-airplanes-house-committee-transportation-infrastructure-faa-fcc>.
- [8] Wattles J, Muntean P. The 5G-airlines crisis was mostly averted. Here's what happened—and what we still don't know [Internet]. Atlanta: CNN Business; 2022 Jan 24 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.cnn.com/2022/01/22/tech/5g-airlines-crisis-what-happened/index.html>.
- [9] Cage F. 5G is here, sorta [Internet]. London: Reuters; 2021 Oct 14 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://graphics.reuters.com/USA-5G/jnpweyldnpw/>.
- [10] McCaskill S. 5G mmwave spectrum explained [Internet]. New York City: 5G Radar; 2021 Jun 17 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.5gradar.com/features/millimeter-wave-the-5g-mmwave-spectrum-explained>.
- [11] Segan S. What is C-band, and what does it mean for the future of 5G? [Internet]. New York City: PC Mag; 2022 Jan 20 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.pcmag.com/news/what-is-c-band>.
- [12] Tegler E. The FAA is concerned enough about 5G's potential to affect radar altimeters that it issued a directive [Internet]. New York City: Forbes; 2021 Nov 4 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/ericteglar/2021/11/04/the-faa-is-concerned-enough-about-5gs-potential-to-affect-radar-altimeters-that-it-issued-a-directive/?sh=6d41e54ff1e9>.
- [13] Safety alert for operators. Report. Washington, DC: US Department of Transportation Federal Aviation Administration; 2021.
- [14] Gandel S. How 5G clashed with an aviation device invented in the 1920s [Internet]. New York City: New York Times; 2022 Jan 19 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.nytimes.com/2022/01/19/business/5g-radioaltimeters-airlines.html>.
- [15] Reardon M. The aviation industry's ongoing beef with 5G: everything you need to know [Internet]. San Francisco: CNET; 2022 May 24 [cited 2022 Jun 1]. Available from: <https://www.cnet.com/tech/mobile/what-you-need-to-know-about-the-faas-beef-with-5g/>.
- [16] Riley C, Ataman J. Europe rolled out 5G without hurting aviation. Here's how [Internet]. Atlanta: CNN Business; 2022 Jan 19 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.cnn.com/2022/01/19/business/5g-aviation-safety-europe/index.html>.
- [17] Cousins B. Here's why 5G is so concerning for US airlines, and what Canada has done to fix it [Internet]. Toronto: CTV News; 2021 Jan 19 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.ctvnews.ca/canada/here-why-5g-is-so-concerning-for-u-s-airlines-and-what-canada-has-done-to-fix-it-1.5745217>.
- [18] SRSP-520—technical requirements for fixed and/or mobile systems, including flexible use broadband systems, in the band 3450–3650 MHz [Internet]. Ottawa: Government of Canada; 2021 Nov [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf11619.html>.
- [19] FitzGerald D, Maidenberg M. 5G and air safety: what we know so far [Internet]. New York City: Wall Street Journal; 2022 Mar 11 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.wsj.com/articles/5g-and-air-safety-what-we-know-sofar-11647018000>.
- [20] Tegler E. The FAA throws down against the FCC and telecoms with sample 5G restriction NOTAMs [Internet]. New York City: Forbes; 2021 Dec 29 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/ericteglar/2021/12/29/the-faa-throws-down-against-the-fcc-telecoms-with-sample-5g-restriction-notams>.
- [21] Brodtkin J. FAA forced delay in 5G rollout despite having no proof of harm to aviation [Internet]. Boston: Ars Technica; 2021 Nov 19 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://arstechnica.com/tech-policy/2021/11/faa-forced-delay-in-5g-rollout-despite-having-no-proof-of-harm-to-aviation/>.
- [22] Ngo M, Cameron C. FAA Administrator Steve Dickson will resign next month [Internet]. New York City: New York Times; 2022 Feb 17 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.nytimes.com/2022/02/17/us/politics/stevedickson-faa-resigns.html>.
- [23] 5G and aviation safety [Internet]. Washington, DC: Federal Aviation Administration; 2022 Feb 23 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.faa.gov/5g>.
- [24] Schaper D. 5G cleared for takeoff near more airports, but some regional jets might be grounded [Internet]. Washington, DC: NPR; 2022 Jan 28 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.npr.org/2022/01/28/1076546117/5g-cleared-for-takeoff-near-more-airports-but-some-regional-jets-might-beground>.

[25] Brodtkin J. Airlines' faulty altimeters spur FCC plan to regulate wireless receivers [Internet]. Boston: Ars Technica; 2022 Apr 23 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://arstechnica.com/tech-policy/2022/04/fcc-to-fight-wireless-devices-that-receive-signals-from-the-wrong-frequencies/>.

[26] Sorkin AR, Karaian J, Kessler S, Gandel S, de la Merced MJ, Hirsch L, et al. Why airlines are worried about 5G [Internet]. New York City: New York Times; 2022 Jan 20 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://www.nytimes.com/2022/01/20/business/dealbook/5g-airlines-problem.html>.