

## News & Highlights

### 5G 将带来哪些改变?

Erika K. Carlson

Senior Technology Writer

自20世纪70年代末引入1G无线网络以来,大约每隔10年,无线网络技术就会经历一次更新换代[1]。如今,各企业已经开始部署5G无线网络,这是最新一代的无线技术[2,3]。过去无线网络的发展主要是通过加速服务和增加带宽来增强蜂窝通信,而从4G向5G的跃进有望实现更多的功能。5G在大大改善移动宽带服务的同时,还能为前沿应用提供一个关键的平台,而且这些应用绝不仅限于“更智能”的智能手机。

“5G是非常新颖的技术”,西雅图华盛顿大学的电气和计算机工程学副教授Jacques Rudell说道。他致力于研究无线网络等应用的微电子设计。“它比过去几代的技术都要更加全面。”

过去几代无线技术主要管理单个设备和中央网络之间的连接,而5G能够让大量设备彼此连接并互相交流。这种设备间的通信对于实现自动驾驶汽车和智慧城市等未来技术而言是必不可少的,这些强大的应用都要依赖5G。但是,要让5G充分发挥其潜能,我们仍需应对一些挑战,而且并非所有的挑战都属于技术问题。

Rudell表示,自动驾驶汽车面临的主要问题不是5G技术方面的挑战。在自动驾驶汽车广泛投入使用之前,我们还需要制定许多政策。但是,一些5G应用技术,如那些采用了以前无线网络没有使用过的高频无线电波的技术仍在开发中。代表移动网络运营商的行业组织——全球移动通信系统协会发布的一项报告称,5G技术或在2024—2034年为世界经济贡献2.2万亿美元,特别是在制造业和公用事业部门以及在专业服务和金融服务领域有巨大贡献[4]。

负责协调全球电信运营和服务的联合国机构国际电信联盟(ITU)已就三类主要应用场景确定了5G应具备功能的标准[5]。首先是增强型移动宽带,这也是大多数消费者和手机营销商关注的重点。ITU表示,5G移动宽带的上传速率峰值应高达 $10 \text{ Gb} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而下载速率峰值应高达 $20 \text{ Gb} \cdot \text{s}^{-1}$  [5]。这比现在4G智能手机的上网速率快数百倍,下载电影也只需几秒钟,而不是几分钟[1]。

第二类应用场景是低时延超可靠通信(URLLC)。ITU表示,5G应该能够在时延(即一台设备对另一台设备响应的滞后时间)大于 $1 \times 10^{-3} \text{ s}$ 的情况下进行通信[5]。自动驾驶汽车(图1)等应用需要具备这种响应速度。Rudell说道,为了确保安全行驶,此类车辆的通信时延需要很小,以便车辆相互协调。

第三类应用场景是海量机器类通信(mMTC)。ITU指出,5G网络应该能够保持高密度的设备之间的连接,



图1. 自动驾驶汽车的安全使用。这辆Waymo公司(美国加利福尼亚州山景城)的克莱斯勒Pacifica混合动力多功能休旅车正在美国加利福尼亚州洛斯阿尔托斯进行测试。5G网络使设备间通信时延很小(小于 $1 \times 10^{-3} \text{ s}$ ),从而可以让自动驾驶汽车相互协调。图片来源: Dllu, Wikimedia Commons (CC BY-SA 4.0)。

高密度是指每平方公里内有100多万台设备[5]。该功能的应用将包括智慧城市。在智慧城市中，遍布整个城市的无线物联网设备将收集相关信息，用于近乎实时优化资源的使用情况（图2）。加州大学洛杉矶分校专攻无线通信系统与网络的电气和计算机工程学教授Danijela Cabric表示：“你基本上可以把它想象成将电子设备大规模地嵌入到环境中。”除了克服潜在的隐私问题，这一应用的挑战还在于设计功耗尽可能低的独立式设备，因为不断给大量设备更换电池可能不切实际。

为了达到预期的速度，5G运行的无线电波频率将比前几代更高[1,6]。无线通信主要通过无线电波传递信息，无线电波的频率为3 kHz~300 GHz，波长为1 mm~100 km [7,8]。但是，Rudell表示，移动网络目前覆盖的无线电波范围很小，使用的频率大约为一至几吉赫。这是因为无线电波的频率越低，波长越长，所需的电子设备就越大，无法适用于移动网络。另一方面，较高的频率会出现传输或路径损耗的问题[9,10]。电磁波从发射天线传播到接收天线时会损失功率密度，而这种影响在较高频率下会更加明显。对于移动网络而言，使用大约一到几吉赫的频率是一个很好的折中方案：频率足够高，可以使发送器和接收器的体积保持小巧，但频率足够低，可以控制路径损耗。

5G将在电磁波谱的毫米波范围内使用更高的频率，包括数十吉赫的频率[1,11]。Rudell表示，为了减少路径损耗，5G网络将使用毫米波波束成形，即通过采用天线阵列，用相长干涉来增强信号，从而克服路径损耗的问题。

除了提高速度外，使用更高频率无线电波的另一个



图2. 位于珠江三角洲的中国南方的广东省南沙市，由高速公路、火车和轮船与广州、深圳、香港和澳门等邻近城市相连。该地区大部分区域已建造完毕，它体现的是一种新型城市发展模式，它将依靠5G网络来优化其效率、可持续性和宜居性，从而打造环境友好的智慧城市。图片来源：Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0 DE)。

好处是，5G可以避免5 GHz以下频谱的拥挤部分。但是，更高的频率也使5G支持者与使用该频段无线电波的其他用户产生了冲突，尤其是使用24 GHz频段的用户[11,12]。气象学家担心，移动服务公司计划使用的部分频段（24.25~24.45 GHz和24.75~25.25 GHz）过于接近用于追踪和预测天气的重要无线电频率。由于大气中的水蒸气以23.8 GHz的频率发出微弱的辐射，气象学家在其模型中使用卫星测量的辐射数据来预测天气和潜在的危险风暴。地球上的大量设备在发射该频率附近的无线电波时可能会盖过微弱的水蒸气信号，气象学家便无法准确预测天气[11,12]。

2019年11月，ITU在埃及沙姆沙伊赫召开2019年世界无线电通信大会时，这一潜在问题就已被提上了议程[13,14]。当时，针对无线网络的基站在24 GHz频段内可以发射多少辐射的问题，代表们投票决定施加-33瓦分贝（dBW）的噪声限制。对于2027年9月1日之后安装的基站，该限制将降至-39 dBW [15]。这些限制是否足以消除对水蒸气问题的潜在干扰还有待观察，因为这两项限制都比世界气象组织为避免干扰气象卫星观测结果而建议的-55 dBW更宽松[12]。

无论如何，我们已经开始了向5G网络的过渡。Cabric说：“我们已经实现了增强型移动宽带的接入。”截至2020年2月，至少有34个国家的城市已经部署了一些5G计划（图3）[4,16]。尽管2019年的新型冠状病毒大流行可能会延迟部署的进程[17,18]，但根据GSM协会2020年3月的报告，到2025年，5G可能占全球网络连接的20% [4]。Cabric表示，URLLC和MMTC的5G应用可能需要先获得行业和消费者的更多支持，然后才能得以广泛使用。“我认为，某些延迟并不是因为这项技



图3. 向5G网络的过渡已经开始。截至2020年2月，至少有34个国家的城市已经部署了一些5G计划[4]，如图中显示的2019年8月在德国卡尔斯鲁厄的一个基站进行的5G升级（3.5 GHz, n78频段）。图片来源：Tomas Freres, Wikimedia Commons (CC BY-SA 4.0)。

术无法实施，更多的是因为人们接受5G的态度。这里的人们指的是会说‘好的，我愿意基于5G部署这项服务’的利益相关者。”

## References

- [1] Finley K. The Wired guide to 5G [Internet]. San Francisco: Wired; 2019 Dec 18 [cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://www.wired.com/story/wiredguide-5g/>.
- [2] Pham S. China just launched the world's largest 5G network [Internet]. Atlanta: CNN; 2019 Nov 1 [cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://www.cnn.com/2019/11/01/tech/5g-china/index.html>.
- [3] Finley K. The slow rollout of super-fast 5G [Internet]. San Francisco: Wired; 2019 Dec 13 [cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://www.wired.com/story/slow-rollout-super-fast-5g/>.
- [4] The mobile economy 2020 [Internet]. London: GSM Association; 2020 Mar [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://www.gsma.com/mobileeconomy/>.
- [5] Report ITU-R M.2410-0: minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s) [Internet]. Geneva: International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector; 2017 Nov 28 [cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2410-2017>.
- [6] Duffy C. The big differences between 4G and 5G [Internet]. Atlanta: CNN; 2020 Jan 17 [cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://www.cnn.com/2020/01/17/tech/5g-technical-explainer/index.html>.
- [7] What are radio waves? [Internet]. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration; 2018 Sep 1 [cited 2020 Apr 13]. Available from: [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt\\_radio\\_spectrum.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_radio_spectrum.html).
- [8] Lucas J. What are radio waves? [Internet]. New York: Live Science; 2019 Feb 27 [cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://www.livescience.com/50399-radio-waves.html>.
- [9] IEEE standard definitions of terms for radio waves propagation [Internet]. New York: IEEE Antennas and Propagation Society; 2018 Oct 3 [cited 2020 Apr 13]. Available from: <http://antenna.fe.uni-lj.si/literatura/ar/IEEE%20Standard%20Radio%20Waves%20Propagation.pdf>.
- [10] Norton KA. System loss in radio wave propagation. J Res Natl Bur Stand 1959;63(1):53–73.
- [11] Palmer C. A storm over potential 5G interference. Engineering 2019;5(5):815–6.
- [12] Witze A. Global 5G wireless networks threaten weather forecasts [Internet]. Nature; 2019 Apr 26 [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01305-4>.
- [13] World Radiocommunication Conference 2019 (WRC-19), Sharm el-Sheikh, Egypt, 28 October to 22 November 2019 [Internet]. Geneva: International Telecommunication Union; [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/2019/Pages/default.aspx>.
- [14] Calma J. Weather forecasters lost the battle for strict interference limits on 5G [Internet]. Washington, DC: The Verge; 2019 Nov 22 [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://www.theverge.com/2019/11/22/20975652/weatherforecast-interference-limits-5g-egypt-conference-radio-frequency>.
- [15] WMO expresses concern about radio frequency decision [Internet]. Geneva: World Meteorological Organization; 2019 Nov 27 [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://public.wmo.int/en/media/news/wmo-expressesconcern-about-radio-frequency-decision>.
- [16] The state of 5G deployments [Internet]. San Jose: Viavi Solutions; 2020 Feb [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://www.viavisolutions.com/en-us/literature/state-5g-deployments-2020-poster-chart-en.pdf>.
- [17] The coronavirus pandemic could impact 5G deployment timelines for network operators [Internet]. New York: Business Insider; 2020 Mar 26 [cited 2020 Apr 21]. Available from: <https://www.businessinsider.com/coronavirus-coulddelay-next-set-of-5g-standards-2020-3>.
- [18] Coronavirus: 5G 'certainly delayed' in Europe and UK [Internet]. London: BBC; 2020 Mar 31 [cited 2020 Apr 21]. Available from: <https://www.bbc.com/news/technology-52108172>.