



白皮书

5G天线技术真人用例测试 所面临的挑战

各种5G兼容技术的连接测试和演进



目录:

引言

P. 2

技术如何通过演变支持5G?

P. 3

为什么要测试5G兼容设备?

P. 5

哪些测量系统能够在真人用例场景中 进行毫米波频率上的端到端 测试?

P. 7

解决方案

P. 9

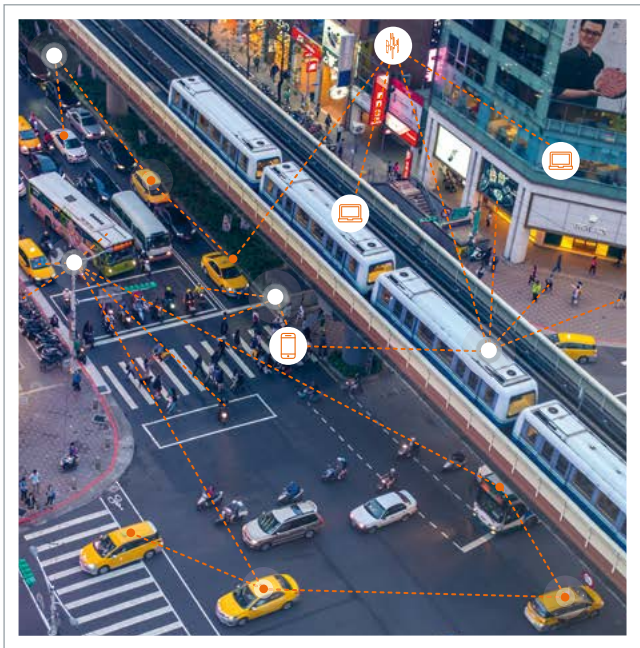
要点

P. 10

为了实现5G愿景, 我们需要更多新型尖端技术。5G部署正在加快脚步, 而各种兼容设备正在经历一个演进阶段, 以确保可靠的连接、更高的数据传输速度以及5G总体规划中不可或缺的更高的带宽。

随着社会对数据的需求稳步增长, 5G更高的频率有助于实现所需的高速数据传输。需求的这种猛增正在推动移动和联网设备技术的创新。

但是, 更高频率的信号传输面临一系列必须予以克服的全新挑战。其中包括更高的信号损耗以及更低的抗多径干扰能力。为了应对其中的一些问题, 人们正在研发体积更小、更加先进的天线架构。天线已不再是简单的发射和接收设备, 而是多单元、以电子方式互联的复杂天线系统。然而, 这些新的天线设计使得物理连接器变得不切实际, 因为更高的工作频率带来了尺寸和设计上的诸多限制, 这迫使行业不得不开发新的利用无线连接验证天线性能的方法。这种发展趋势让空中(OTA)测试成为5G蜂窝通信技术及网络不可或缺的技术。



新设备中的技术也越来越复杂，高频率5G设备就是一个典型的例子。毫米波频率已被证明有利于满足数据传输速率的需求，但需要采用新技术来补偿这些频率上的某些性能障碍，同时依然提供高于以前的带宽。测试工作频率更高的新型5G设备也会增加测试的复杂性。以前在低频率上可行的测试方法有可能不再适合或适用。此外，某些测试参数也变得比以前更加重要。例如，测试移动设备时，设备的方向（即人手的位置和/或用户的方向）和周围环境是重要因素。而在毫米波频率上，与人手位置和用户方向相关的信号衰减比4G网络中所体验到的大得多，这使得真人用例测试场景对于验证5G设备的性能而言至关重要。

本白皮书将详细探讨5G设备真实场景测试的重要性，其中包括：

- 5G兼容技术有何不同？
- 真实场景测试对于5G设备为何重要？
- 为何出现了一次朝着OTA测试演进的颠覆性转变？
- 何种测试方法最适合5G设备的真实场景测试？

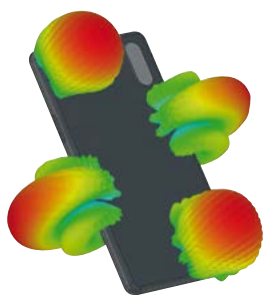
技术如何通过演变支持5G？

5G愿景基于三个基本用例：增强型移动宽带（eMBB）—用于实现极高的数据速率、超可靠低时延通信（uRLLC）—用于实现近乎即时的通信、大规模机器类通信（mMTC）-用于实现大规模IoT互联。



为了实现5G所能提供的一切，我们需要研发一系列新技术，即能够优化最新频谱（从微波sub-6 GHz频段到毫米波频段）运用的技术。其中的很多技术已经处于研发阶段，新的标准也在制订当中。目前而言，如何推进用于测试和优化这些新型无线设备连接性能的技术，如何达到毫米波频段中的频率，这已成为天线测试行业面临的新挑战。5G技术将为消费者、人类健康安全以及地球自身开启前所未见的可能性。全面投入运营后，5G将会彻底改变整个行业和社会。

5G兼容设备中的天线



虽然毫米波频率能够天然实现更高的数据速率,但它们同时也是时延扩散、更高的路径损耗、阻挡等问题的同义词,因此使得建立和维持一条高品质无线通信链路变得更加困难。

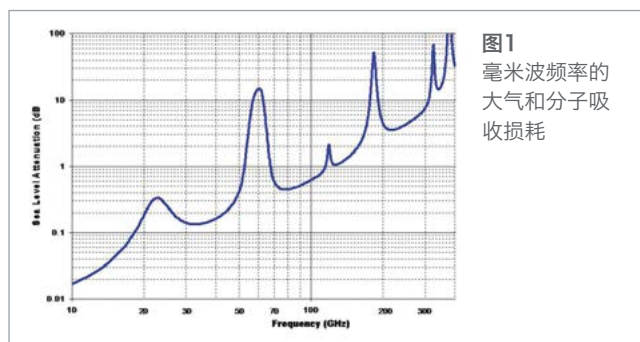
为了克服这些问题,5G兼容设备将使用多个更小、更复杂的天线阵列,这些阵列可用于创建空间分集,利用空间复用,以及部署波束调向技术,以便

将信号聚焦到特定方向上。

集成到手机等5G设备中的多个天线无疑将把技术重心转移到利用天线系统-而非单个天线-上。这一转变将不仅改变我们制造5G兼容设备的方式,而且还将改变我们测试这些设备的方式。

利用毫米波频率

接入24 -100 GHz射频频段可让网络运营商提供5G所需的低时延且极高的数据速率。但是,与用于3G和4G的微波频率不同,毫米波要求设备能够收发波长更短、频率更高、更为敏感的信号。毫米波频率的大气和环境衰减还增加了自由空间信号损耗,从而进一步缩短了传输距离。



这同样适用于与人手、头部或人体相关的设备方向,这些人体部位能够轻易阻挡和干扰毫米波信号。如果我们真想利用毫米波频谱的潜能,在测试和验证新型5G兼容设备的性能时就必须考虑这些问题,这样才能确保无线连接在任何使用场景中都是可靠的。

测试5G兼容技术: 三大变化

① OTA测试已是至关重要

解决毫米波频率的高RF路径损耗和多径干扰问题的需求正在推动天线技术朝着电操纵、高度定向天线的方向发展,例如,5G应用的相控阵天线。此外,很多5G设备将使用多个天线,作为其连接系统的一部分。由于这些天线必须连接到射频前端(RFFE)放大器上,传统有线测试方法中所使用的连接器已不再适用。由于无法通过物理方式将设备连接到测试系统,因此,所有测试层级上-从片上到天线,再到最终的系统级测试-都无可避免地出现了一次朝着OTA方向演进的颠覆性转变。



② 天线系统级测试正成为新常态

通用设备平台上的多个更小、更复杂的天线正将测试从单个天线单元拓展到天线系统级测试,以适应5G兼容设备的新结构。一个天线系统可能包含三或四个不同用途的同步天线,如蜂窝通信、蓝牙或WiFi。由于复杂性增高,测试和验证每个天线是否工作正常、是否与设备中的其它天线同步工作变得至关重要。

③ 真实场景测试越来越重要

对于5G技术而言,与用户(即人手、头部或人体)相关的设备方向在干扰设备无线连接方面正扮演日益重要的角色。对于天线行业而言,这并非新问题,只不过4G在较小规模上遇到过类似问题。而现在,由于毫米波频率上与用户的位置和方向有关的衰减损耗和吸收损耗足够大,需要进行真实场景测试。由于信号对用户方向和环境越来越敏感,测试必须超越人体模型的使用,复制真实的设备使用场景。只有使用真人才能进行真实场景测试。

为什么要测试5G兼容设备?

对于5G网络以及使用毫米波频率和适用于这些频率的全新复杂技术而言,与前几代网络相比,现在有更多的性能变量在起作用。因此,实验室有理由相应调整测试这些新设备连接的方法。

无线性能是一个难以量化的技术参数,而且在很大程度上取决于设备和用例。因此,在投入量产之前,每个原型都必须通过最高质量标准的测试。

在实验室外达成5G总体规划

政府和行业已经详细探讨过5G网络可能带来的巨大变化,但大部分探讨仅仅是围绕理想条件下的预期性能而展开的。设备厂商有责任确保这个共同的全球愿景转入真实场景,然后付诸实施。

这完全取决于射频信号在无数用例场景和环境变量下的性能,因此需要进行严格的连接测试,以确保设备的设计在真实条件下能够正确工作。

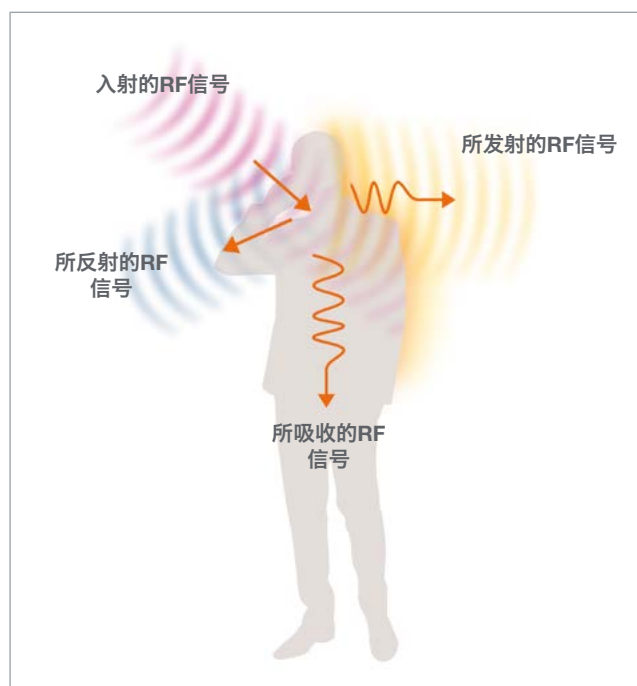
考虑到5G技术更高的复杂性,设备测试必须达到能够揭示其真实运行状况的程度,而且应该包含很多量化测试参数,例如,天线性能(辐射方向图、极化方向、效率、波束指向)和系统级性能(EIRP、TRP、EIS、TIS)参数。

为什么要进行真实场景测试?

无数研究表明,验证5G设备的性能时,用户对天线行为的影响是一个重要的考虑因素。这体现在以下两个方面:

① 人体和天线的阻抗失配

在毫米波频率上,人体就如同一个吸波或反射装置,阻挡、衰减或者重定向任何朝着其方向传播的信号。事实上,测试显示,在15 GHz频率上,人体会明显阻挡信号传播¹,靠近手机的人手或头部会严重干扰天线的辐射方向图,因此,必须在模拟测试中予以考虑²。



某项研究专注于测试食指的16个不同位置对信号的影响。该项研究表明,5 GHz频段上存在着最高-1.6 dB 的辐射损耗和-0.9 dB 的匹配效率。³ 预计随着频率的增高,这些值肯定会更加糟糕。

这种性能下降源于人体的介电特性,在使用毫米波时,这些特性会在近场中导致阻抗失配能量吸收效应,在远场中导致传播人体阴影效应。

因此,当设备靠近人手或头部时,其辐射方向图会变得随机且不可预测。而且当用户无意间遮挡天线时,还会影响波束调向。

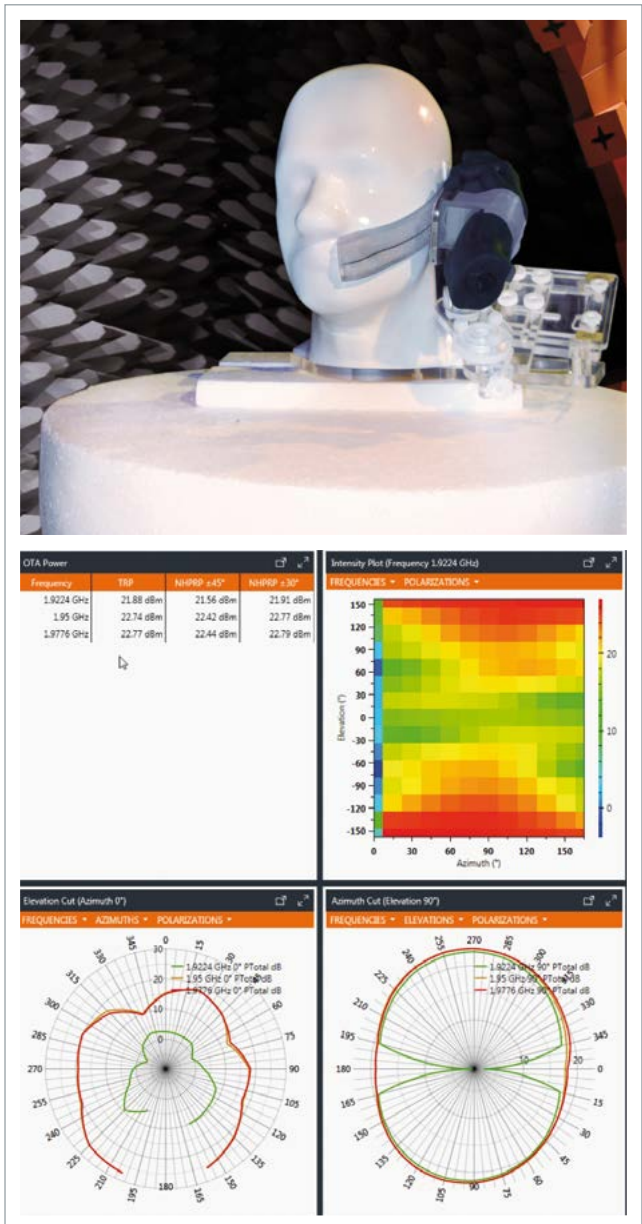
② 将手机放置在相对于基站的位置

第二个需要考虑的因素是当用户将手机放置在相对于基站的不同位置时,其对信号产生的不同影响。日常的移动有可能干扰用户设备与基站之间的信号对准。这也是引入能够生成多个定向、可调向波束的天线架构的原因之一。但是,这会进一步增加测试的复杂性。为了真正了解人体位置和移动对天线连接容量的影响,在测试场景中引入一个真人用户是非常重要的。

利用数值模拟、人体模型和真人进行测试

很多厂商利用数值模拟开始他们的真实场景测试,数值模拟能够模拟天线以及设备中各种导体和周围介电材料的影响,从而实现对用户的模拟。

对于前几代移动设备而言,模拟提供了一种可接受的信号性能表示,OTA测试中使用了头部或人体模型,能够足够接近地代表人体以及其对无线设备的影响。



测试5G设备需要从以前所使用的方法演进而来的新技术。毫米波信号的敏感度问题以及多个可调向波束增加了测试的复杂性,而且成倍增加了对进一步测试结果的需求。

多波束技术补偿了杂乱信号环境中的用户移动和多径干扰,但是,设备位置和多波束因素要求我们进行更多的测试,以优化这些不断变化的运行参数下的连接性能。虽然使用CAD模拟和人体模型的测试是可靠和可重复的,但它们都无法像真人那样复制设备用户的自然移动。尽管这样做会增加测试的复杂性,但我们必须使用真人并通过OTA方式对5G设备进行真实场景测试,以提供真实用例场景中的测试结果。最终而言,这种方法能够让厂商更快、更准确地调整设计,从而优化设备的性能,缩短其上时间。

从以前的错误汲取教训

2010年，全球最大的智能手机厂商推出了其最新、备受期待的移动设备。仅几天之内，用户的投诉就表明该设备存在信号问题，媒体也迅速报道了此事。

据传，当设备天线处于某个具体但又非常典型的位置时，用户手的位置会导致显著干扰,从而造成信号丢失。如果设备进行过真人用例场景测试，这种情况很可能得以避免。

这只是业内因为只使用人体模型而未发现性能异常的例子之一。5G技术向毫米波频谱的迁移使得这些性能问题更有可能发生，因此，明智的做法是采用一些旨在发现潜在的信号阻挡和衰减问题的新方法来提高测试。

哪些测量系统能够在真人用例场景中进行毫米波频率上的端到端测试？

为了满足产品快速上市的需求，同时也为个人着想，真人用例场景测试应该做到快速和可重复。让设备用户能够身处所有自然位置上应该在逻辑上是可行的，因为这样一来，我们就能从所有角度以及在代表真实使用条件的所有距离上，精准测试信号的传播和反射情况。天线是在彼此之间的较长距离上工作的，这个距离通常也被称为“远场”区域。

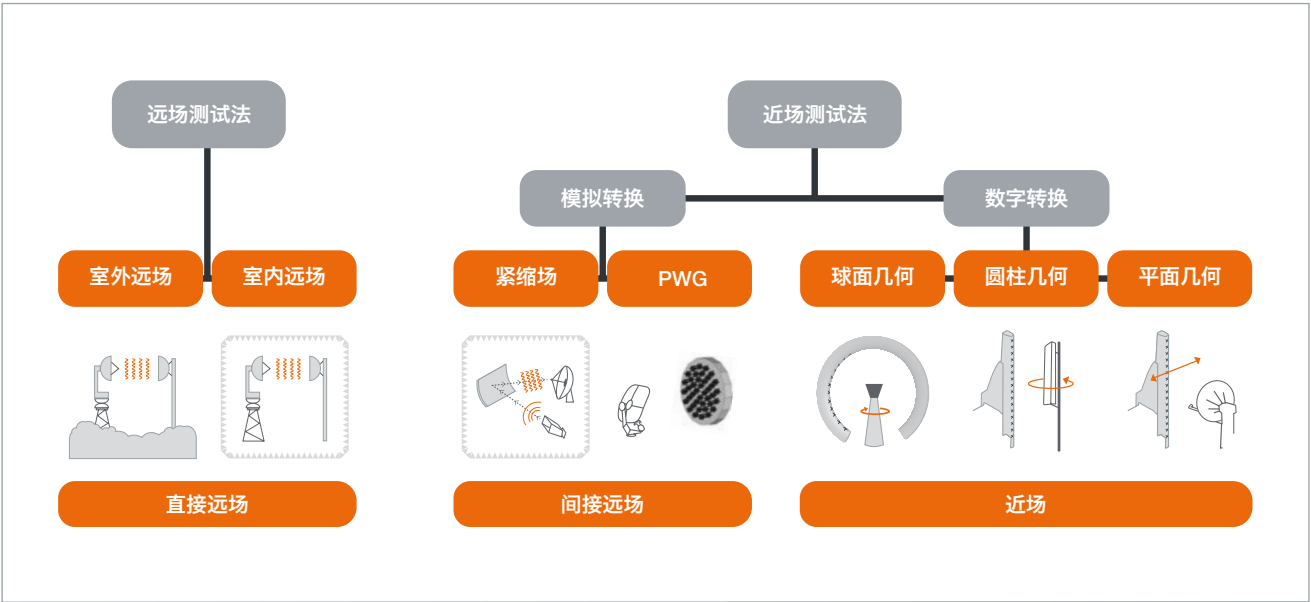
这个远场距离是由天线的尺寸和工作频率决定的。测量系统旨在确定天线的远场性能，通常是在一个指定的最短远场距离上，被测设备 (DUT) 在此处被认为得到了一个电磁平面波的充分照射。让我们审视一下最常见的测量系统种类，以便更好地了解哪些系统能够对5G设备进行这种具体的功能测试。

远场距离R (m)

设备尺寸 (cm)	频率	
	28 GHz	39 GHz
5	0.5	0.7
10	1.9	2.6
15	4.2	5.9
20	7.5	10.4
25	11.7	16.3
30	16.8	23.4

直接远场测量系统

在一个直接远场测量系统中，OTA测量在DUT和源天线的远场中进行。随着天线变得电大，天线之间所需的远场距离将呈指数级增长，而且由于测量设施的尺寸和/或测量系统的可用动态范围，有可能最终成为一个限制因素。为了在所有方向上全面测量DUT，此类测量系统还要求在方位角和仰角方向上，以物理方式转动DUT。DUT的移动加上间距使得这种测量解决方案对于很多5G应用而言不实用。



紧缩场 (间接远场)

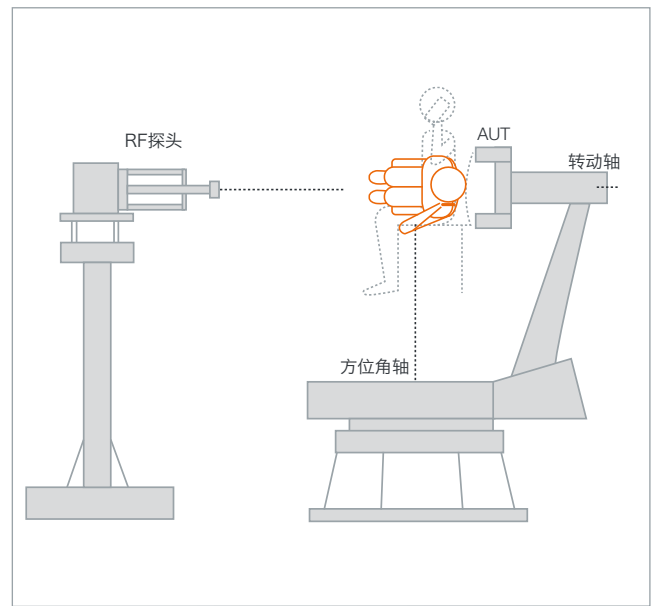
紧缩场提供一种在远小于一个类似远场的距离内将一个均匀平面波照射到被测设备上的高效方法。紧缩场使用一个源天线将一个球面波辐射到一个或多个反射器上。这些反射器将该球面波转变为一个平面波。紧缩场能够在一个紧凑、封闭的环境中进行远场测量，从而实现快速精准的测量和可重复测试。它们是电大定向天线的理想测量系统。

5G移动设备和它们的多个天线（全向和半全向）可以在一个尺寸合适的紧缩场中进行测量，而且大多数天线参数都能得到测试。但是，工作于毫米波频率上的5G技术的功能测试，以及复杂天线系统所需的OTA测试在紧缩场中会遇到问题。例如，波束可调天线需要多个反射器，才能同时测试多波束的辐射方向图。对于评估人手、头部或人体对天线及连接容量的影响所需的真人用例测试而言，紧缩场再一次变得不切实际。与直接远场测量系统一样，在测量每个波束状态的过程中，参加测量的人必须在一个球形空间中转动。测试对象需要长时间处于不舒适的位置。因为测量要在每个仰角和方位角角度上进行。

单探头球面近场测量系统

单探头球面近场天线测量系统运用了市场上最耗时的测试法。近场测试法要求在多个预先计算出的靠近DUT的测量点上对辐射能量采样，然后运用一种数学算法将近场测量样本转换为DUT的远场天线辐射方向图。测量点的数量由奈奎斯特采样准则决定，因此，频率越高，所需的测量样本也越多。在较高的工作频率上，该方法会增加测量时间。此类测量系统通常需要在测试探头前对DUT进行 360° 的 ϕ 和 θ 球面坐标转动，而且要在两个极化方向上分别测量。

由于这种天线测量法需要对DUT进行球面转动，因此它不适合进行真人用例场景测试。

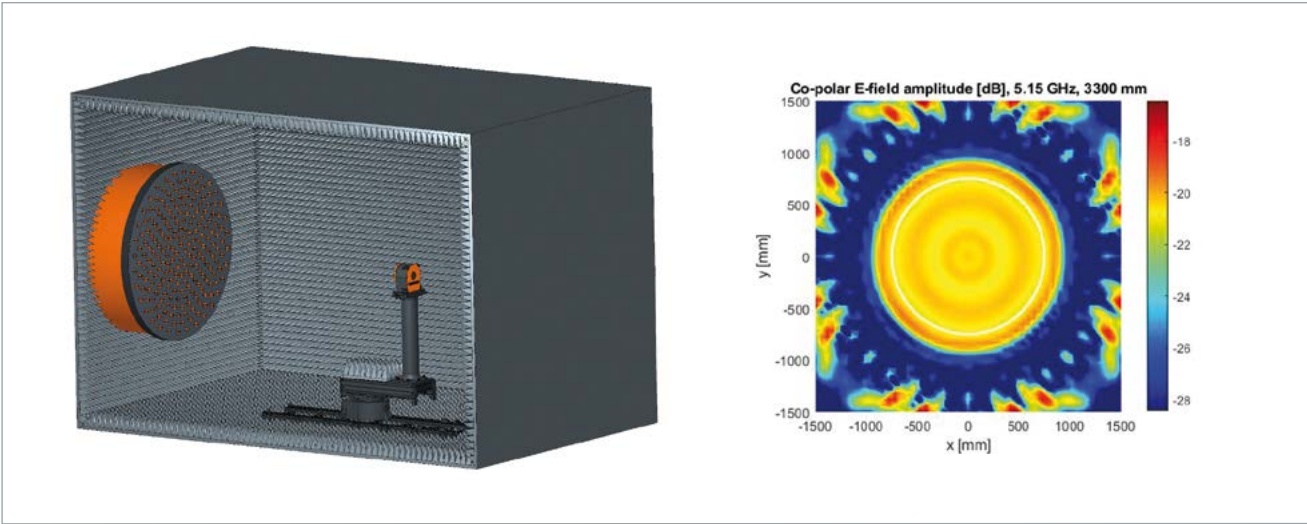


多探头球面近场测量系统

多探头球面近场测量系统使用一个速度极快的电子探头阵列替代其中一个DUT转动轴，从而大幅缩短了测量时间。此外，DUT只需要在一个方向上转动，因此简化了DUT的运动。对于5G设备的真人功能测试而言，这种方法似乎可以接受，被用于测试各种真人用例场景。但是，对于近远场转换而言，需要精准测量信号相位。在毫米波频率上，RF信号相位对运动非常敏感，即使是人的呼吸也有可能造成测量结果错误。除此之外，与微波频率相比，毫米波频率需要更多的测量点（依据奈奎斯特准则），才能完成一次近场球面测量。由于这个原因，5G测试的近场测量时间通常也更长。因此，此类系统也不是真人用例场景的理想测试配置，因为完成一次测量所需的时间和定位工作对于测试对象的耐心和舒适感而言都是一次小小的考验。

平面波发生器（间接远场）

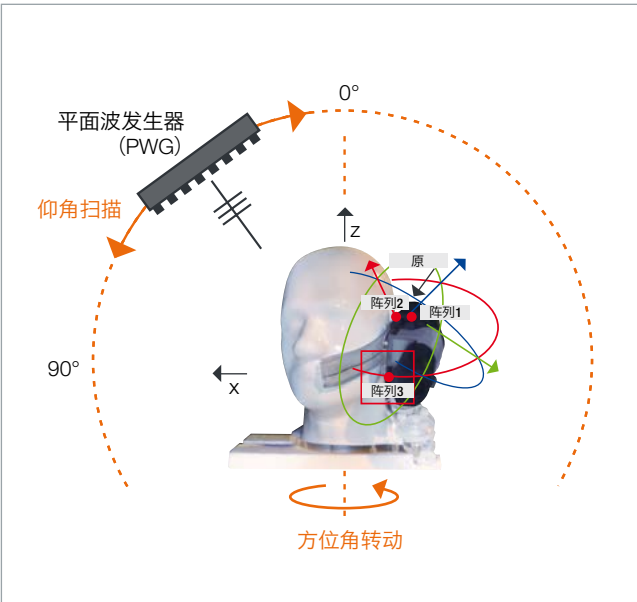
平面波发生器 (PWG) 测量系统利用一组天线单元,在相对靠近DUT的空间中生成一个拥有经过适当优化的复系数的平面波⁴。这种方法能够在一个受控、比传统远场更紧凑的室内环境中对DUT进行远场测量。与紧缩场相比,一个全面的PWG系统可在一个相对较小的物理空间内展现出等效的测试能力。因此, PWG是在一个预先确定的有限静区内测试高增益定向天线的理想测量系统。



可以在一个固定式平面波发生器测试系统中测量5G移动设备中的波束成形网络。尽管如此,单个PWG受限于某个频段,很有可能不足以评估5G设备涉及的所有频率。此外,它一次只能测试多径场景中所需的辐射方向图的一个角度。而且,由于有无数个(数千个)需要评估的可能场景,单一PWG也可能需要很长时间才能采集到多个波束状态的所有数据。与紧缩场的情况一样,对于测试对象而言,用以测量人手、头部和人体对设备连接的影响的真人测试也可能会让人感到难以忍受的不舒服,但总的测试过程也许仍然快过近场测量,因为PWG采用了一种实时的间接远场测量技术。

解决方案

如果固定于某个位置的单个PWG能够在直接远场条件下快速测量某个频段,那么配备多个PWG的测试配置就能同时评估更多频段。这能够缩短DUT的测量时间,从而加快原型和未来产品的研发和测试速度。那么,它适合真人用例场景功能测试吗?如果在DUT进行方位角转动时能够围绕DUT重定位这些PWG,那么,我们不仅能够加快测量速度,而且还能克服对测试对象的生理限制。的确,我们已经设计出一个结合运用PWG技术和先进智能定位器的全新测试系统,它能够有效和高效地在真人用例场景下进行端到端测试。



MVG STARWAVE简介

StarWave通过结合运用智能机械定位器和多个PWG, 在一个紧凑的系统中创造出精准的远场测试条件, 是真人用例场景测试的理想选择。

对于真人用例测试而言, StarWave更加舒适, 逻辑上更实用, 测试速度也比其它任何测试方法快得多。StarWave能够使用多个(最多7个)PWG, 这些PWG以90度角被固定在一个围绕DUT转动的垂直圆盘上。圆盘前侧有一个安装在一个方位角定位器上的电磁透明桅杆, 用于支撑和转动DUT, 例如, 一位坐着、将手机贴近耳朵的用户。

PWG与支撑DUT的定位器的组合运动实现了在一个完整球面上进行测量, 这个球面在几分钟内就能包围DUT。该系统能够快速有效地测试多个天线状态和用户位置, 并维持重复试验结果的准确性。最后, 当然也同样重要的是, 它可以在测试对象感到舒适的时间和位置范围内完成无数个测试场景。



- **远场平面波近似:** 由数百个天线单元构成的PWG专门用于在其辐射面之前几米的区域创建一个静区(QZ)(该区域将被一个平面波照射, 其所在位置的幅度和相位低于预先定义的阈值, 从而形成一种平面近似)。QZ的直径根据PWG的一组参数给出。它旨在进行宽带信号测量, 其双极化特性可快速准确地完成天线测试。
- **可同时测试多个频段:** 由于DUT周围有多个PWG, 可同时测试多个频段, 或者同时测量多个入射角, 以模拟复杂环境。
- **实时真人端到端测试:** 可以通过无线方式测试真实用例场景中由真人佩戴或操作的设备。
- **智能定位系统:** 纯方位角定位器上有限的DUT运动可以实现对配备中增益或低增益天线的5G设备进行3D测量, 而且定位系统导致的散射最低, 因此测量结果也更精准。
- **灵活的设计选项可满足测试要求:** StarWave PWG系统的灵活设计方案支持定制。系统具备可扩展性, 允许您添加PWG, 并对每一个PWG单独配置, 用于专门测试某个频段。这样做能够实现很宽的频段覆盖, 支持多种类别的被测设备。

结语和要点

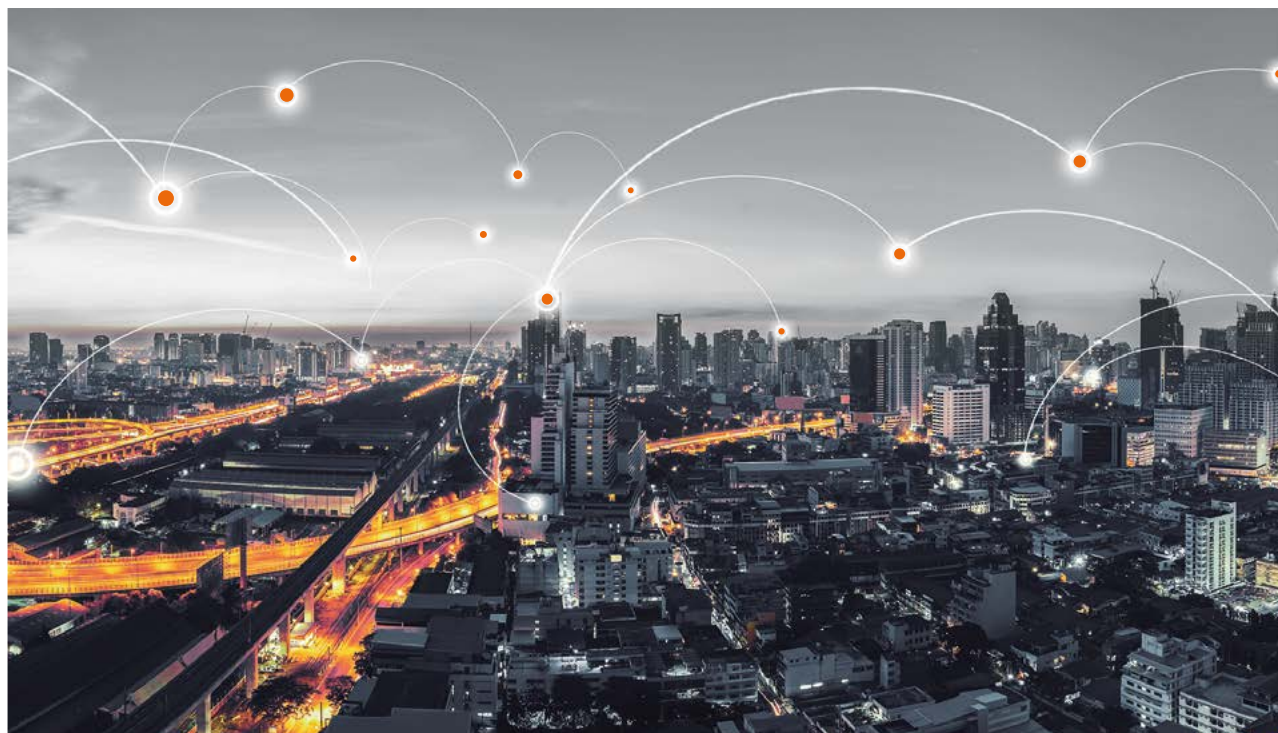
实现5G总体规划需要我们研发新技术和新方法。测试这些新型设备的性能应该包含真人用例场景测试：

- 研究表明，用户的手和头部位置以及人体的方向会严重影响5G信号传播性能，尤其是在毫米波频率上。
- 大多数传统测量系统与真人用例场景测试都不兼容，尤其是在较高的频率上。
- 我们通过结合运用PWG技术和先进定位器，推出了一个有效和高效的解决方案，能够在真人用例场景下进行端到端测试，从而为5G移动设备的研发提供有力支持。

有关MVG StarWave的更多信息，敬请访问：
www.mvg-world.com/starwave

参考资料

- 1 K. Zhao, J. Helander, D. Sjöberg, S. He, T. Bolin, Z. Ying, "User" Body Effect on Phased Array in User Equipment for the 5G mmWave Communication System," (用户人体对5G毫米波通信系统中用户设备内的相控阵天线的影响) IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters (IEEE天线和无线传播信函), 第16卷, 864–867页, 2017年。
- 2 T. Wu, C. M. Rappaport, Theodore S., Collins, "Safe for Generations to Come," (安全延续数代) IEEE Microwave Magazine (IEEE微波杂志), 第16卷, no. 2, 65–84页, 2015年。
- 3 C. M. N. C. Isa, A. A. Al-Hadi, S. N. Azemi, A. M. Ezanuddin, H. Lago, M. F. Jamlos, "Effects of hand on the performance of 5 GHz two port terminal antennas," (人手对5 GHz双端口终端天线性能的影响) in Proc. IEEE Asia-Pacific Conf. Appl. Electromagn. (APACE- IEEE亚太应用电磁学会议), 2016年12月, 207–210页。
- 4 F. Scattone, D. Sekuljica, A. Giacomini, F. Saccardi, A. Scannavini, L. J. Foged, E. Kaverine, N. Gross, P. O. Iversen, "OTA Testing of Antennas & Devices using Plane Wave Generator or Synthesizer" (使用平面波发生器或合成器对天线和设备进行OTA测试), 第14届欧洲天线与传播大会 (EuCAP 2020), 德国杜塞尔多夫。



MVG - 测试无线世界中的连接

法国MVG集团 (Microwave Vision Group) 提供尖端的电磁波可视化技术。我们的各个系统能够提高无线连接测试的精度和速度, 并提升电波暗室和EMC技术的性能和可靠性, 以共同应对全互联世界中各项测试挑战。

全球足迹, 本地化支持

在我司遍及全球各地的办事处中, 我们的各个团队可为您提供从采购、设计、交货到安装的全程指导和支持。由于我们实现了本地化, 我们可以确保项目跟踪的速度和专注力, 其中包括系统就位后的客户支持和维护服务。欲获取我司的详细地址和最新联系信息, 请访问:
<https://www.mvg-world.com/contact>



更多信息:
www.mvg-world.com



或发邮件至:
salesteam@mvg-world.com