



MatrixRF

大规模MIMO阵列

面向Massive MIMO的应用场景，提供大规模射频阵列和相位同步系统平台，实现大带宽多通道可配置的系统组合，支持16x16到256x256的通道数量，适应20KHz~2GHz的弹性带宽，满足5G/6G系统原型、信道仿真测试和雷达信号模拟等场景。

行业需求

5G Massive MIMO

Massive MIMO（大规模天线技术，亦称为Large Scale MIMO）是第五代移动通信（5G）中提高系统容量和频谱利用率的关键技术。大规模MIMO系统的空间分辨率与现有MIMO系统相比显著提高，它能深度挖掘空间维度资源，使得基站覆盖范围内的多个用户在同一时频资源上利用大规模MIMO提供的空间自由度与基站同时进行通信，提升频谱资源在多个用户之间的复用能力，从而在不需增加基站密度和带宽的条件下大幅度提高频谱效率。其优势主要在于以下两方面：

- **高能量效率：**大规模MIMO系统可形成更窄的波束，集中辐射于更小的空间区域内，从而使基站与UE之间的射频传输链路上的能量效率更高，减少基站发射功率损耗，是构建未来高能绿色宽带无线通信系统的重要技术。
- **高空间分辨率：**大规模MIMO系统具有更好的鲁棒性。由于天线数目远大于UE数目，系统具有很高的空间自由度，系统具有很强的抗干扰能力。当基站天线数目趋于无穷时，加性高斯白噪声和瑞利衰落等负面影响全都可以忽略不计。

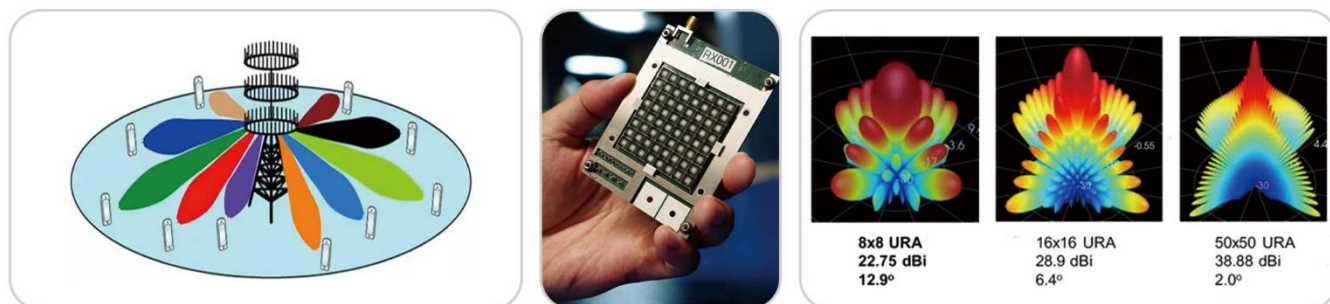
5G虽然可以使用低于6GHz的低频频段，但是由于低频频段的资源有限，而5G对带宽的需求量又很大，因此大部分5G网络会部署在高频频段，即毫米波频段（mmWave）。高频段（如毫米波频段）时，只能使用包括了很多天线的天线阵列。使用多天线阵列的结果是，波束变得非常窄。可行的解决方案是：增加发射天线和接收天线的数量，即设计一个多天线阵列。

任何具有RF / mmWave设计或测试经验的人都会明白，设计/测试的复杂性和难度会随着信号路径的增加呈指数级增长。即使假设设计正确完成，您也必须确保所有信号路径和天线都经过适当校准，以便天线系统按预期工作。校准那些巨大数量的天线路径绝对是一项具有挑战性的任务。多通道同步和自动校准技术是5G Massive MIMO系统实现的主要技术挑战。

Massive MIMO的动力是增加指定目标设备的方向性和增益。另一个动机（或由波束形成引起的要求）是实现MU-MIMO（多用户MIMO）。然而，随着使用更多天线并且更多用户被瞄准，调度和预编码将变得更复杂。如何处理这种情况将是一个大问题。高性能实时信号处理是5G Massive MIMO系统性能的瓶颈之一。

相控阵雷达

相控阵雷达不仅与5G网络共享相同的频段，而且其波束成形技术（如图2）也与5G相似。毕竟，天线波束是由每个天线单元接收或辐射信号的相长和相消干涉形成的。无论是尖端的军事防御系统，还是5G基站的流视频应用，都是如此，因为形成波束的数学原理是完全一样的。5G移动应用也将增加实时跟踪特性。业界在5G网络的低成本相控阵天线、波束成形算法，以及相位和幅度可调元器件技术方面的大量投资也将为高端军事系统带来成本改善和生产率的提高。另外一个好处是：用于验证波束成形设计的多通道测试设备将可用于民用5G和相控阵雷达应用两方面。但是，雷达信号对射频的带宽和频段有一定要求，需要达到GHz超大带宽和毫米波频段。



大规模信道仿真与模拟

无线频谱的高效利用是包括5G在内的移动通信应用的基础性难题，AI的发展进步为解决这一问题提供了多种可能解决方案，但评估各种方案孰优孰劣，就需要有一个能反映真实应用场景的全面的仿真验证环境来进行验证。始于2016年的美国防部高级研究计划局（DARPA）的为期三年的“频谱协作挑战赛”（Spectrum Collaboration Challenge，简称SC2），就是一个面向这一问题的典型项目。

未来无线电频谱资源的需求将会不断飙升。近年来，无线数据传输年增长率达到50%，这背后主要的驱动力包括：人们在智能手机上随时播放视频和浏览社交媒体需求，5G所支持的万物互联、虚拟/增强现实、人工智能、自动驾驶等新应用生态迸发的高带宽、低延迟需求。为了满足这些需求，除了不断增加可供5G等无线网络使用的频谱资源外，尽可能提高频谱利用效率也是必需探索的路径。

信道仿真系统为大规模军民领域电磁频谱使用和管理方案研究、测试、验证等提供了理想的解决方案。信道仿真系统可以实现包括手机、军用无线电、物联网设备和其他无线通信设备在内的数百种无线通信设备之间的交互，并可实现高保真的无线通信信号穿越、反弹、回声仿真，将真实信号从发射机转发到接收机。

这种信道仿真系统对软件定义无线电（SDR）提出了更高的要求。为了模拟真实信道，系统至少能够提供64x64以上通道数，这就要求设备具备较高的射频通道密度，并且支持多台拼接组合的能力。为了从物理世界的无线电中仿真出电磁波，测试平台需要大量的实时处理，需要大规模现场可编程门阵列（FPGA）的支持，每个FPGA都可以独立编程和设计，保证系统的灵活性。

信道仿真系统除了拥有足够的计算能力之外，还要具备灵活友好的开发环境，支持主流的开发工具和编程语言。系统和算法开发人员更熟悉软件的开发流程，有时候还会用到GPU加速算法，因此异构可扩展的架构才能满足下一代无线系统开发的需求。



MatrixRF系统

可编程多通道SDR系统



针对以上的行业需求和挑战，工程师需要灵活的硬件/软件平台以及先进的开发流程来解决。威视锐因此推出了面向大规模大带宽同步应用的高性能可编程 SDR平台-MatrixRF。

MatrixRF可以实现高度可伸缩的射频通道组合，从最少的8T8R到最多256T256R，弹性带宽最高可达2GHz，频段覆盖DC到60GHz毫米波。提供自动校准单元，适配定制化的天线阵列。

MatrixRF 的信号处理部分基于 FPGA + x86 的架构，可以扩展 GPU 加速卡。采用全开源架构，支持各种开发工具，提供丰富的参考设计和系统框架，加速复杂系统原型的开发验证。

丰富的开发工具支持

支持各种主流的开发工具，可根据客户需求定制 FPGA 底层逻辑，大大加快开发进度，让客户可以专心实现差异化的算法和系统。

> 算法工程师



> 软件工程师



C#



> 硬件工程师





MatrixRF系统由三部分构成

MatrixRF 系统由 PRU 可编程射频前端、PAC 可编程加速卡、PAS 可编程算法服务器三部分构成。



PRU:

可编程射频前端，主要功能是完成射频的数字化，通过高速光纤接口（40G/100G）与PAC通信。



PRU 目前主要有三个型号，分别是 PRU-Y590s、PRU-Y780 和 PRU-Y750。

- PRU-Y590s：支持4Tx/4Rx射频通道，200MHz的实时带宽，覆盖75MHz~6GHz全部频段，40G光纤接口。
- PRU-Y780：支持8Tx/8Rx射频通道，200MHz的实时带宽，覆盖75MHz~6GHz全部频段，100G光纤接口。
- PRU-Y750：支持4Tx/4Rx射频通道，最高可达2GHz的实时带宽，覆盖Sub6G全部频段，100G光纤接口。

注：PRU通过变频器选件，可支持28GHz频段毫米波应用，也可以支持典型的卫星通信频段，如X波段，Ku，和Ka等。



PAC:

可编程加速卡，主要功能是实时信号处理，通过高速光纤接口（40G/100G）与 PRU 通信，同时通过PCIe 3.0 x16高速接口与 CPU 进行数据交互。



PAC目前主要有两个型号，分别是 **PAC-FX600** 和 **PAC-FX200**。

产品型号	PAC-FX600	PAC-FX200
应用场景	多通道数据融合	5G物理层加速
时钟同步	无	高精度时钟同步
FPGA	Xilinx VU9P	Xilinx KU11P
PCIe	PCIe3.0x16	PCIe3.0x16
内存	4x DDR4 16GB 2600MHz, 64-bit SDRAM	2x DDR4 4GB 2600MHz, 64-bit SDRAM
光口	2x QSFP+ 100G 兼容 40G ※	2x QSFP+ 100G 兼容 40G

※： PAC-FX800具备4个QSFP+100G接口，其他配置与PAC-FX600相同。

PAS:

PAS-5GU： 上架式5U机箱，提供13寸高清触摸屏，采用酷睿处理器，最高支持28核56线程。机箱也可以根据客户需求，定制配置。



系统相关配件

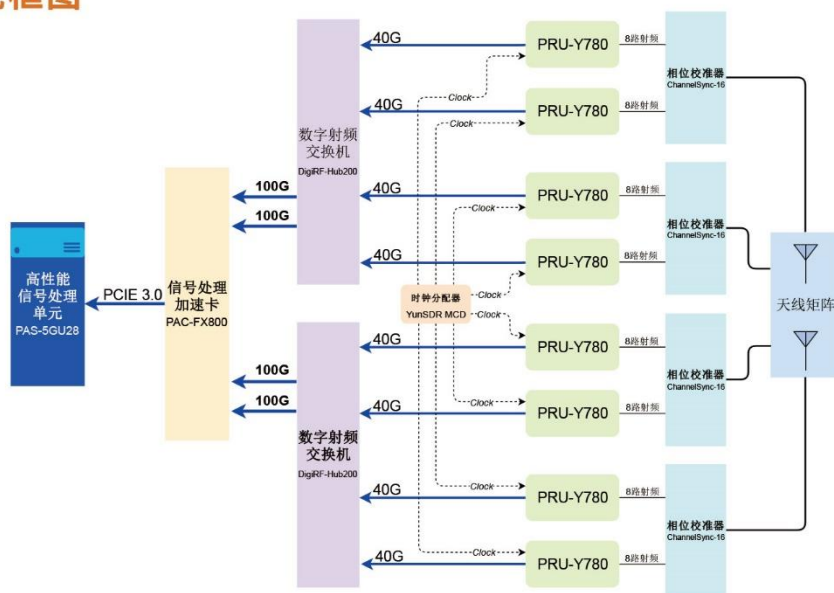
相位校准器 ChannelSync-16： 提供16个射频通道的自动校准功能，标准上架式结构。

时钟分配器 YunSDR MCD： 提供8~10路同步时钟信号，用于多台PRU设备的级联，保证时钟的同步性。

数字射频交换机 DigiRF-Hub200： 支持四路40G或者16路10G光纤输入， 两路100G光纤输出。用于多台PRU前端的数字射频数据融合和交换，后端对接PAC加速卡。

MIMO 64x64 典型系统框图

64Tx/64Rx是5G宏基站或者雷达测向的一个典型通道配置，利用MatrixRF来构建64通道收发系统只需采用货架产品级联构成。根据用户的基带算法需求，也可以灵活增加计算单元算力或者配置射频单元的带宽、频段等。



典型场景

多通道射频记录回放：

- 面向信号情报（SIGINT）和电子战

需要对环境数据进行长时间不间断记录，满足多通道数据流速率的苛刻要求，现场升级频谱监测和测向需求，提供实时的信号处理和分析能力。特别是多通道分布式的记录回放，MatrixRF 的可编程射频前端 PRU 可以通过光纤拉远，内置的 GPS 或者White Rabbit 模块实现高精度同步，汇聚到数据中心进行存储。

5G Massive MIMO系统：

- 面向宏基站和5G测量测试

最高支持 64Tx/64Rx 通道，每个通道带宽 200MHz，可扩展到 1GHz，具备大规模磁盘阵列提供记录分析功能。支持大容量的 FPGA 加速和算法分析功能，可以安装 5G 开源协议栈和商业版本的 5G 基站和核心网软件系统。

雷达信号模拟器：

- 面向超大宽带和毫米波

雷达目标模拟器可以在不同距离多普勒单元中产生多个目标，还具有多个射频源，在存在干扰的情况下(如蜂窝电话或其他移动通信服务)测试雷达。除了测试雷达的功能性能外，模拟器还可以帮助评估雷达中的现代电子对抗措施。针对雷达应用，MatrixRF的PRU8可以提供高达 1GHz 的独立带宽或者 4GHz 的拼接带宽，通过变频器，支持 X 波段，Ka/Ku 波段，适用于超大带宽电磁干扰。

信道仿真仪：

- 面向定制化的信道模型

从便携式的 2 x 2 到大规模的 64 x 64 通道，在实验室环境中仿真实际无线信道条件的特性，以便改善无线设备和网络基础设施的质量。仿真无线信道特征，包括路径损耗、多径衰落、时延扩展、多普勒扩展、极化，以及对 MIMO 和多无线系统性能至关重要的相关性和空间参数。适用于多种应用，包括 MIMO、波束赋形、WLAN、航空航天和 MIMO OTA 测试等。

威视锐软件无线电产品选型参考

按数据通信接口-实时射频带宽分类

实时射频带宽		50MHz	100MHz	200MHz	400MHz	400MHz~2GHz
数据通信接口						
通用主机接口	USB2.0	Y220				
	USB3.0	Y230	Y350			
	千兆以太网	Y320				
加速卡接口	10G光口		Y350			
	40G光口		Y520s, Y550s	Y370, Y590s, Y595s	Y580s	
	100G光口			Y740/780	Y740/780 *	Y750/790
高速主机接口	PCIe2.0电缆	Y420	Y450			
	PCIe3.0板卡	IQX7050	IQX7100/7400	IQX7200	IQX7200 *	IQX8400 **
	雷电3模块	TBX7050	TBX7100/7400	TBX7200	TBX7200 *	TBX8400 **
一体机			GhostRF	GhostRF Pro	GhostRF Pro *	BeastRF **

*: 可以升级固件支持400MHz带宽, **: 即将于2022Q1发布

按实时射频带宽-射频通道数量分类

射频通道数量	1Tx, 1Rx	2Tx, 2Rx	4Tx, 4Rx	8Tx, 8Rx	nTx, nRx (8<n<256
实时射频带宽					
50MHz	Y220	Y230, Y320, Y420			
100MHz		Y350, Y450, Y520s	Y550s		
200MHz		Y370	Y590s, Y595s, Y740	Y780	MatrixRF
200MHz以上			Y750	Y790	MatrixRF