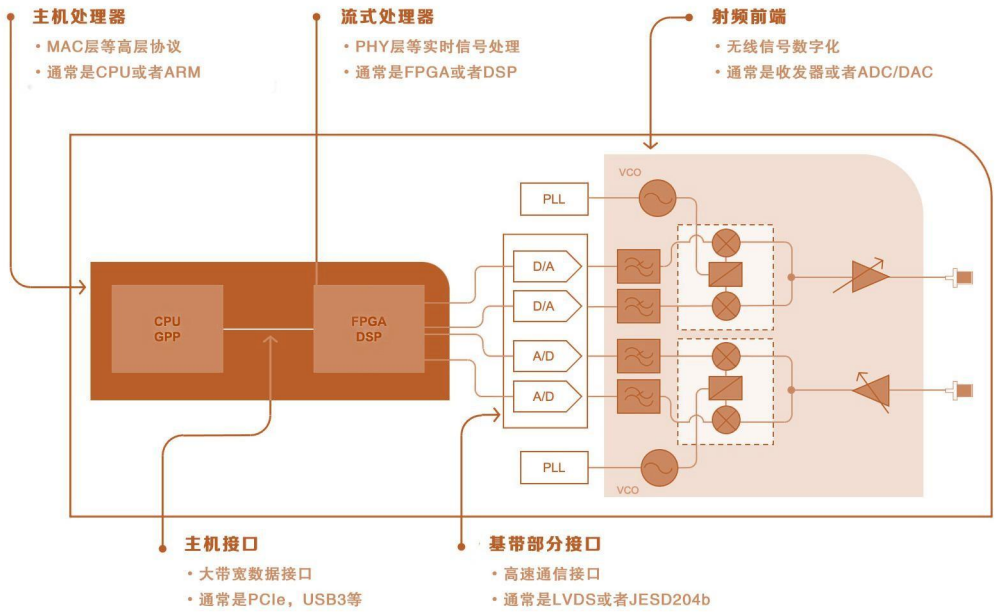
威视锐® V3 Technology,.Ltd. | INNOVATION FOR RESEARCH

YunSDR Y750/790

www.v3best.com

背景

软件定义无线电（SDR）是一种可编程的无线设备，通常用于无线研究的原型验证和部署应用。SDR通常用于通信、新一代雷达、电子战(EW)、空口(OTA)测试测量和5G/6G研究等领域。大部分SDR具有通用的硬件架构，其中包括不同性能的通用处理器(GPP)、FPGA以及RF前端。



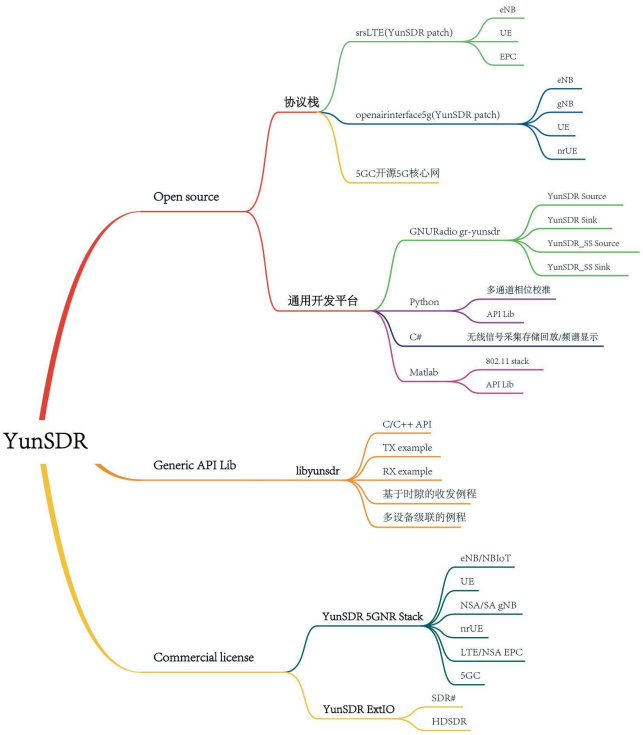
软件无线电设备支持用户在主机上进行应用程序开发，工程师使用以下常见工具：

- MathWorks MATLAB®软件
- 直接使用C/C++、Python或者C#开发应用程序
- 利用GNU Radio等开源SDR框架
- 利用srsLTE、Open Air Interface 5G等开源的移动通信协议栈

如果主机的处理能力不够或者时延太大，也可以在软件无线电设备本身的FPGA芯片上进行信号处理硬件加速。

YunSDR是一系列软件无线电产品的组合，旨在满足广泛的无线原型验证和部署需求。无论是无线电领域的初学者还是资深的技术专家，都可以找到适合的一款YunSDR开发平台来实现自己的想法。

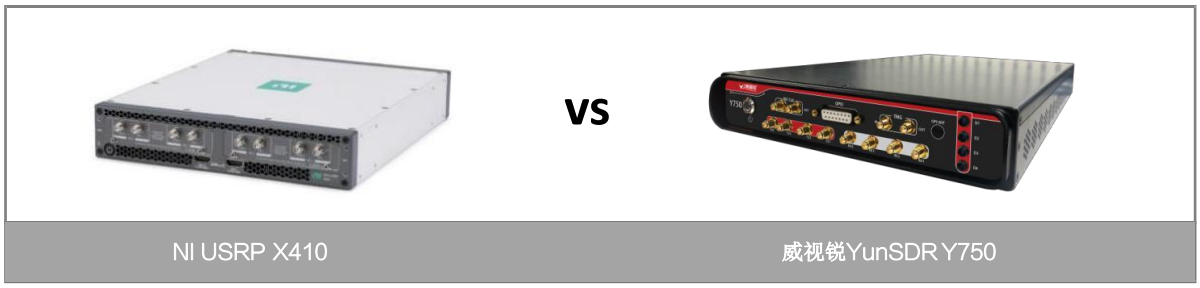
YunSDR不仅是一款硬件，更是一个开发工具。通过丰富的参考设计和行业应用案例，来帮助客户快速实现原型系统验证，加快创新步伐！



自从第一款YunSDR诞生以来， 一直通过不断创新和升级，来挑战SDR行业的性能极限，满足不同客户的设计需求。比如YunSDR Y590s，自上市以来一直以四通道200MHz带宽的性能保持领先（NI USRP系列最高配置是N310， 四通道100MHz和N320两通道200MHz）。

直到2021年，NI在收购Ettus的多年后，对USRP进行了一次最重大的升级，推出了USRP系列的性能巅峰产品– NI USRP X410。 X410基于Xilinx第一代 Zynq UltraScale+ RFSoC ZU28DR构建，号称是开源软件无线电的顶流之作，具有 4 个独立的 TX 和 RX 通道，每个通道均具有 400 MHz 的瞬时带宽。这个平台也是当时全球范围内唯一能够做到 四通道400MHz瞬时带宽的商业化量产的开源SDR平台（不包括定制类和仪器仪表类的产品）。出于NI在全球软件无线 电领域的领导力， USRP X410也由此成为了开源商用软件无线电产品的性能标杆。直到YunSDR 7系列产品的横空出世，才打破了这个局面。

带宽更高的开源软件无线电



YunSDR Y750也是基于Xilinx Zynq UltraScale+ RFSoC构建，只是与X410的第一代RFSoC不同，Y750是基于第三代RFSoC构建，而且没有“锁频”，瞬时带宽可以达到2GHz，在商业SDR领域一骑绝尘，通道数量不仅支持四通道，还可以支持八通道（Y790）。

表1： Xilinx的第一代和第三代RFSoC对比

之所以可以实现如此高性能，在于Y750采用了高端仪器仪表通常采用的高速ADC和DAC的射频直采方案，ADC采样率在14位高精度模式下，可以达到5GSPS的惊人速度。而DAC这可以达到惊人的9.85GSPS。2GHz实时带宽的好处是不仅满足了现有商用协议的最高带宽需求，也可以支持未来的通信标准，比如6G毫米波和卫星通信等高带宽场景。对于频谱分析，射频记录回放等领域，带宽越大，可以同时观测的信息越充分，可以替代传统的高端仪器或者多台设备。

目前，WiFi6的信号带宽最高160MHz，未来的WiFi7会到320MHz。 5G的毫米波标准的带宽最高达到800MHz, 卫星通信某些标准的带宽需要达到960MHz。如果用信道仿真和模拟，那么带宽更是越高越好，可能需要1GHz甚至2GHz。所以，YunSDR Y750是一款面向未来的软件无线电平台，几乎可以满足未来5~10年的无线通信标准的带宽需求。

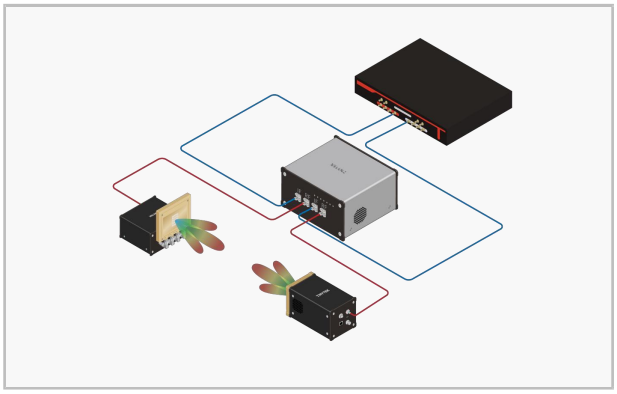
衡量软件无线电平台性能的主要标准除了最重要的瞬时带宽以外，其他重要指标还有频段范围，通道数量，基带能力和数据接口等几个方面。

频段范围覆盖主流应用

目前的无线通信标准基本是在6GHz以内，高带宽的通信应用一般是在毫米波频段。因为只有毫米波才能提供如此丰富的频谱资源。对毫米波的支持程度，也是高端软件无线电平台的重要评估参数。 X410通过变频模块可以支持到7.2GHz，还达不到毫米波标准，只是对6GHz以上的Wi-Fi 6E和5G FR1的高频段作了响应，没有对FR2的支持**（以上频段目前只在美国和部分欧洲国家允许使用，在中国尚未开放）。**

YunSDR Y750则提供了支持5G FR2频段（28GHz和39GHz）的完整解决方案，通过配套的上下变频器，可支持24GHz~44GHz连续变频，带宽支持400MHz和800MHz模式，提供4x4和8x8的相控阵天线，满足5G毫米波通信和波束赋型的相关研究，也支持未来6G标准的技术探索。

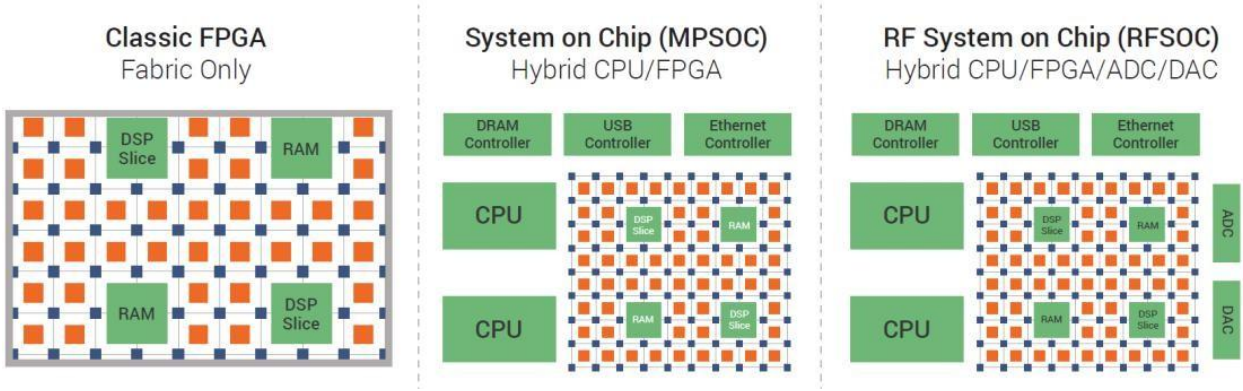
YunSDR Y750的毫米波天线组件



基于YunSDR Y750及其毫米波组件，构建完整的毫米波原型验证与测试平台

通道数量可级联扩展

RFSoC作为一款面向无线通信的创新型器件，首次将嵌入式处理器、数据转换器 (ADC/DAC)和可编程FPGA集成于一体，单芯片可提供最高32个收发通道（16T/16R）。



Y750提供了四路发送和四接收通道， 而且同系列的Y790可提供八路发送和八接收通道。Y790无论是通道数量还是瞬时带宽，已超目前已经商业化量产型的软件无线电产品。

YunSDR Y750将四个发射通道和四个接收通道整合到一个紧凑的½机架宽带1U高度的 外形中，使其更容易运输以进行现场测试和操作。每个通道都是独立的，这意味着每个通道都可以调谐到不同的频率，用于频分复用 (FDD) 应用或同时仿真多个信号。通道还可以通过内部恒温晶体振荡器 (OCXO) 同步，内部 GPS 驯服振荡器 (GPSDO) 用于时间戳，可提供 10 MHz 参考和每秒脉冲 (PPS) 。

上架式可拼接结构

每两台设备可以拼接成一个标准1U的19英寸机箱，更多的机箱可以组合更多的天线数量。

定制机架结构

内部时钟同步

专用校准套件

对于更高的通道数，可以利用时钟同步器导入外部参考时钟并为需要精确时间对齐的应用程序(例如大规模 MIMO)使用 PPS 来同步多个设备。利用Y750，可以构建大规模MIMO的系统-MatrixRF，支持最高256 x 256的MIMO系统。

高性能基带和高速率接口

随着通道数量和带宽的增加，海量的基带数据无疑对平台的信号处理能力和内存吞吐率提出了巨大挑战。宽带信号的数字信号处理，需要大量的FPGA逻辑资源配合，YunSDR Y750采用的ZU43DR（YunSDR Y790采用的ZU47DR）提供了UDC/DDC所需的必要计算资源。

	ZU42DR	ZU43DR	ZU46DR	ZU47DR
System Logic Cells (K)	489	930	930	930
DSP Slices	1,872	4,272	4,272	4,272
Memory (Mb)	67.8	60.5	60.5	60.5
33G GTY Transceivers	8	16	16	16
PCIe Gen3x16	-	-	-	-
PCIe Gen3 x16 / Gen4 x8 / CCIX	0	2	2	2
100G Ethernet MAC/PCS with RS-FEC	0	2	2	2
Maximum I/O Pins	152	347	360	347

除了FPGA资源外，芯片内部也集成了ARM处理器系统，满足高层算法和系统调度的需求，而且接口丰富，也可以支持GUI人机交互界面和网络控制接口。

Application Processing Unit	Quad-core Arm® Cortex®-A53 MPCore up to 1.33GHz
Real-Time Processing Unit	Dual-core Arm Cortex-R5F MPCore up to 533MHz
Embedded and External Memory	256KB On-Chip Memory w/ECC; External DDR4; DDR3; DDR3L; LPDDR4; LPDDR3; External Quad-SPI; NAND; eMMC
High-Speed Connectivity	4 PS-GTR; PCIe Gen1/2; Serial ATA 3.1; DisplayPort 1.2a; USB 3.0; SGMII
General Connectivity	214 PS I/O; UART; CAN; USB 2.0; I2C; SPI; 32b GPIO; Real Time Clock; Watchdog Timers; Triple Timer Counters

对于大数据交换，板载的片外内存系统吞吐量也十分重要。 YunSDR Y750提供了三组DDR4内存，每组都是64位宽，运行频率2400MHz。其中，PS处理器系统单独一组，PL系统拥有2组独立的内存，可以满足苛刻的数据吞吐需求。

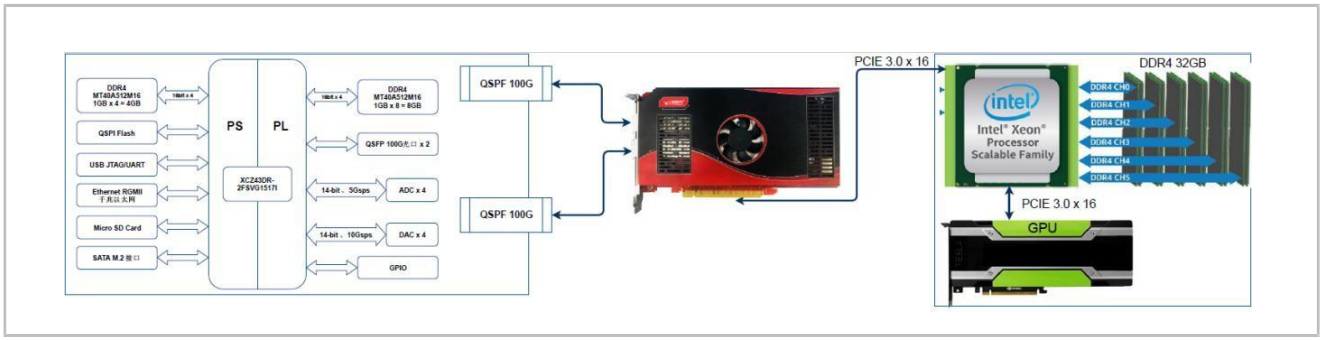
未来的无线系统需要更强大的计算能力来处理日益复杂的算法，这个时后单一板卡往往不能满足要求，需要将数据传递给更加强大的计算系统，比如FPGA阵列或者计算机集群。高速光纤接口成了高性能SDR系统的标配，光口的数量和速率是数据传输带宽的关键。

YunSDR Y750采用了双 100G光口作为系统对外的数据通道，这也是目前商业SDR 产品的顶级配置。友商竞品虽然也提供了100G光口，但是把接口通信的难题留给了客户，因为要实现100G光口的 满速率通信，客户必须自己开 发FPGA的代码和网络接口驱 动。即使是经验丰富的工程师， 这个工作也是十分挑战的，如 果是专注算法的科研人员更是 无从下手。

YunSDR Y750采用了不同的解决方案，通过FPGA加速卡，将100G光口转换成了PCIe3.0接口，并且提供了完善驱动和API接口库，用户可以直接调用接口函数来获取数据， 可以支持100G接口的满速率通信。另外，FPGA加速卡的FPGA采用开放接口，支持用户自己二次开发，实现算法的加速。

FX200加速卡采用了Xilinx Kintex UltraScale+系列FPGA KU15P作为加速芯片，16ns工艺的FPGA提供了丰富的信号处理资源，还可以实现以下功能。

COMPARE	Reset	XCKU15P
System Logic Cells (K)		1,143
CLB LUTs (K)		523
DSP Slices		1,968
Memory (Mb)		70.6
GTH 16.3 Gb/s Transceivers		44
GTY 32.75 Gb/s Transceivers		32
I/O Pins		668



开发流程支持

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	MATLAB SIMULINK	GNURadio	LabVIEW
软件工程师	C/C++	C#	python
硬件工程师	VIVADO	XILINX VITIS	

通信协议栈支持

GNU Radio是一款开源的软件开发框架，提供了软件无线电所需要的信号处理功能模块。 框架提供了图形界面的设计方式，额外可以支持Python和C++语言设计流程。GNU Radio给用户提供了一些应用设计的参考设计，帮助用户快速实现和评估无线通信相关算法。

srsLTE 是开源4G LTE软件套件，由SoftwareRadioSystems (SRS)公司开发实现的免费开源LTE SDR平台，在AGPLv3 license许可下发布，并且在实现中使用了OpenLTE的相关功能。srsLTE包含全协议栈的UE（srsUE），全协议栈的eNB（srseNB）和核心网（srsEPC），配置简单，使用方便，可以通过srsLTE搭建完整的LTE网络。

随着第五代通信技术迅速发展，基于5G的应用以及学术研究需求逐渐增大，对于开源5G的研讨迫在眉睫。开源5G平台可用于探索5G领域新技术、新趋势，对下一代核心网、新型智能终端、mIoT、NB-IoT等领域进行深入学术研究与工程实践，促进5G的全球化发展。 基于开源5G无线技术和实验环境的部署，系统原型和标准化硬件实现，可以作为接入网早期 测试与验证工具，支持下一代核心网新型智能终端的研发。

YunSDR支持开放的OAI 5G协议新版本移植和运行，可以为OAI提供稳定运行经过验证的硬件平台，硬件平台提供多个版本选择，包括实验室版本和工业专网版本，也可以根据需求定制频段和功放来满足大范围覆盖。

典型应用场景

5G综测仪和UE模拟器

YunSDR Y750可以与威视锐的无线协议模拟器5GS-W500搭配，构成LTE及5G NSA /SA 的网络环境系统仿真平台。基于5G NR基站和核心网协议栈开发，支持3GPP R15协议版本 及后续版本演进， 能够对5G终端和芯片进行协议一致性测试、SIM卡接口一致性测试、数据 性能吞吐量测试，可广泛应用于运营商认证机构、工信部入网测试、芯片和终端研发测试环节。

主要特点

- 5G 协议仿真能力
- 具有5G NSA /SA 的网络环境系统仿真功能
- 5G支持仿真3GPP R15协议版本
- 支持5G NR TDD和FDD模式，支持运营商 N41\N77\N78\N79\N1\N28 band
- 支持频率范围 300MHz~6GHz
- 射频带宽：100MHz（100MHz per cell，可扩展到2*100MHz）
- 支持TDD下行4流MIMO测试，支持上行2流MIMO测试
- 支持上下行64QAM和256QAM调制
- 支持毫米波选件（N257、N258、N260、N261）扩展能力

5G终端协议一致性测试

5GS-W500可以在软件控制下建立 SA或者NSA模式的小区，可通过自研主控软件WEBUI-5G进行多种网络参数配置，比如频段/带宽/小区参数/射频功率等等。遵循3GPP TS 38.5.23-1测试协议，可进行5G终端协议一致性性测试，支持SA、NSA、CA、VONR等模块用例，通过增加毫米波RRH等选件可以扩展支持毫米波频段协议一致性测试。 提供信令跟踪软件实时跟踪接入及信令交互流程，支持手动测试及自动化测试两种模式，并输出详细测试报告。该场景支持射频线缆直连，也支持屏蔽箱连接。可应用于运营商认证、工信部入网、第三方认证实验室、芯片研发等环节。

5G终端性能测试

5G终端性能测试支持中国移动、中国电信、中国联通的数据性能测试，下行4流吞吐量峰速测试，上行2流吞吐量峰速测试，支持QAM256调制方式，支持N79特殊帧结构，支持不同的带宽切换组合BWP等。系统可以扩展支持运营商入库UE能力上报测试，支持双卡双通性能测试。

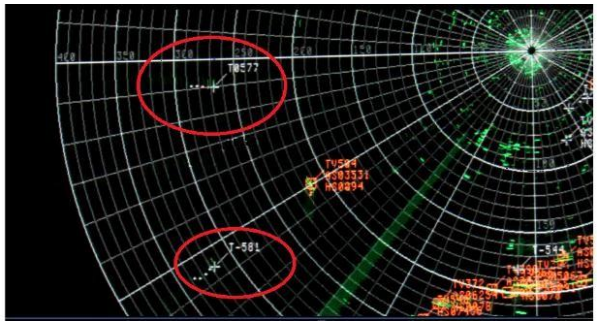
无线信道探测与仿真

信道仿真解决方案能够对无线设备和基站进行真实条件下的实时性能测试。用户可以获得 24/7 全天候支持，更有效地验证新产品，并在交付前验证 设计在添加了新功能后的性能。信道仿真器提供超宽的信号带宽和超多的 衰落信道，可以解决 5G、卫星、航空航天与国防通信系统引入新技术后 带来的复杂问题。YunSDR Y750提供了信道仿真器所需的硬件平台，只 需要用户根据自己的应用场景，创建自己的信道模型，就能够在实验室环 境中对无线设备和网络基础设施设备实施先进的全栈端到端性能测试。功 能丰富、方便使用的信道仿真器工具可以帮助用户测试各项技术，包括：

- 5G NR
- LTE Advanced
- 大规模 MIMO 和 3D 波束赋形

高速数字化仪和雷达回波模拟

YunDR Y750可提供14位精度高达5GSPS的4通道或者8通道（Y790）模数转换器ADC的同步采集功能，可以应用于宽带信号测量。作为一款高速数字化仪，可帮助您提高测量保真度、信号完整性和测量吞吐量。 同时，YunDR Y750也可提供14位精度高达9.85GSPS的4通道或者8通道（Y790）数模转换器DAC的同步输出 功能，可以应用于宽带矢量信号的生成和模拟。
通过PCIe3.0 x16的FX200加速卡，结合威视锐的高速数据流盘解决方案，可以满足商用原始设备制造（OEM）、航空航天与国防、无线和射频通信以及高能物理等应用的需求。



总结

YunSDR Y750/790为面向未来的无线电系统应用提供了理想验证平台。搭配灵活的开发工具和配套软件，这款平台可以满足 5G/6G 、卫星通信、雷达模拟、信道仿真以及其他无线创新应用的各种技术挑战！