

USRP 硬件选择与 LTE 软基站性能

2015-4-2 @GeeFlex

1 USRP 简介

USRP 系列硬件是目前最流行的软件无线电平台，由 Ettus 公司(www.ettus.com)生产。Ettus 公司已被 NI 收购，但它仍保持独立运行，有自己的官网和自己的产品。NI 也出售 USRP 硬件，并且有专门的 NI-USRP 产品系列。

特别要说明的是，USRP 系列硬件是开源的。它的官网有公开的硬件原理图。它驱动程序(UHD)也是完全开源的。

除了 Amarisoft 软件之外，USRP 也在

- ✓ OAI (www.openairinterface.org)
- ✓ OpenLTE (<http://openlte.sourceforge.net/>)

这两个 LTE 软基站项目中被使用。关于这三者的简单比较可以参考这篇文章：

http://www.geeflex.com/News/20141212_01.html

USRP 系列目前用于软基站的主要有三个系列：N 系列，B 系列和 X 系列。

N 系列：N200, N210

B 系列：B200, B210。USRP1 接口速率太低，不在讨论范围内。

X 系列：X300, X310

以下表格简单说明了三种产品的特点。

	N 系列	B 系列	X 系列
接口类型	1G LAN	USB 3.0	10G LAN PCIe Expresscard
射频子板接口	1 个	无(自带射频部分)	2 个
供电	直流	可 USB 供电	直流
体积		较小	1U 高度，半个机架宽度，适合放在机架上

2 USRP 硬件的能力

2.1 接口速率的限制

因为 LTE 软基站与 USRP 之间传输的是基带 IQ 数据，因此根据接口的速率可以算出所能支持的射频带宽。

IQ 数据一般是以 16bit 量化，特殊需要下可以降低到 8bit 量化。以 16bit 量化为例。单向接口速率等于，

$$R = F_s \cdot 2 \cdot 16 \cdot N_{ant}$$

F_s (sample/second) 采样速率

N_{ant} 天线数量

2 表示 IQ 两通道

如果一个 20MHz 带宽的 LTE 系统，采样率 30.72MS/s，单天线，那么接口速率等于

$$R = 30.72 \times 2 \times 16 \times 1 = 983.04\text{Mbps}$$

因此这个速率是 1G LAN 可以承受的。

2.2 射频通道数的限制

✓ N 系列

每个 N 系列母板只有一个射频子板卡槽，因此只能支持单天线。在搭建 2 天线 MIMO 时，使用了两个 N2x0，两个母板用同步电缆连接。这条同步电缆携带了同步时钟，和 IQ 数据。例如，母板 B 通过同步电缆连接到母板 A，母板 A 再连接到 PC；那么母板 B 的所有数据是通过同步电缆传到母板 A 再传到 PC 的。

✓ B 系列

B200/B210 是一个基带母板和射频子板集成在一起的产品。它有两个 TX，两个 RX，因此可以直接支持 2 天线 MIMO。

✓ X 系列

X 系列也是母板子板分离的。每个 X3x0 母板上有两个子板卡槽，因此可以支持 2 天线 MIMO。

2.3 可支持的最大带宽和天线数

理论上，所有 USRP 都可以通过同步时钟的方式无限制的扩展天线数量，即所有的 USRP 都连接到一个同步的时钟，例如 GPS 时钟同步。但是每个 USRP 都与一个 PC 接口相连，这些 PC 上的数据要同步处理并不是一件容易的事情。

NI 有一个 100-ant Massive MIMO 的例子

<http://www.ni.com/white-paper/52382/zhs/>

但这只是一个 Massive MIMO 的算法的实现，并不是个完整的 LTE 系统。要让大量的处理器同步的处理数据，而且对时延要求还很高，这是件很有挑战的事情。

下面综合考虑接口速率和射频通道数的限制，小结一下各种板卡对带宽和天线数量的支持情况：

✓ N 系列

对于 1G LAN 接口的 N 系列来说，最多可以支持 20M 带宽单天线，10M 带宽两天线。

✓ X 系列

X 系列的 10G LAN 可以支持到 20M 带宽 8 天线。但射频接口板最多只有两个，因此仍然只能支持 2 天线。

✓ B 系列

B 系列的 USB 3.0 接口，理论上最高速率是 5G bps，因此可以支持到 20M 带宽 4 天线。但 B200/B210 的射频通道数也只有两个发两个收，因此最多也只支持 2 天线。

在 Amarisoft 软件中，为了尽可能节约接口带宽，采样率是设计得尽可能低的。例如 5M 带宽系统，实际上使用的采样率是 5.76M。

如果预算充足的话，建议使用最大带宽的 X 系列。

3 Amari LTE 系统峰值速率

在以上讨论中，我们得知硬件限制了 LTE 系统最大 20MHz 带宽，最多 2 天线。在这种配置下，LTE 的理论最高速率是可以推算出来的。在此就不详细推导了。可以参考

<http://www.msbcbsc.com/bbs/thread-559750-1-1.html>

以 FDD 系统为例，20MHz 带宽，2 天线，下行峰值速率约为 150Mbps，上行峰值速率约为 51Mbps。

实际的系统峰值速率与很多因素有关，包括控制信道开销和 UE 能力级。

实测的 Amarisoft 系统的峰值速率是：

FDD, 20MHz 带宽，

	SISO	2-ant MIMO
DL	63Mbps	149Mbps
UL	26Mbps	32Mbps

4 支持异频小区数

这个问题由两个因素决定：

✓ 射频通道的数量

✓ 每个射频通道支持的最大带宽

射频通道数量最多是 2.

每个射频通道支持的最大带宽与选择的射频子板有关。带宽最大的子板是 UBX 子板：

<http://www.ettus.com/product/details/UBX160>

支持 160MHz 带宽，频点 10M~6GHz。

如果你希望支持的异频小区的频谱能够被这些通道和子板所覆盖，那么就能够支持。

举个稍微极端一点的例子。X300 搭配两个 UBX 子板，一个子板运行在 900MHz 频段，一个子板运行在 2600MHz 频段。每个子板都运行了 16 个 5M 带宽的载波，载波间间隔 5MHz，总共占据 160MHz。那么两个子板总共支持了 32 个小区。（这种情况，单 CPU 处理能力肯定不够了，必须做分布式处理）。