

FPGA 在无线网络覆盖优化中的应用

摘要：无线网络覆盖优化的挑战在于如何在有限的容量下，尽可能地提高信号质量。移动通信直放站和远端射频单元 RRU(Remote Radio Unit) 是新兴灵活的无线覆盖优化方式，可以达到无线覆盖容量和质量平衡的目标。Altera 提供的 FPGA 具有丰富的逻辑，存储器，I/O 和 DSP 资源，另外丰富的 IP 核能够帮助快速实现无线覆盖优化系统。本文主要探讨移动通信直放站和远端射频单元 RRU 的特点，以及 Altera 的 FPGA 是如何帮助实现无线覆盖优化应用的。

移动通信直放站和远端射频单元 RRU 概述

直放站,也叫做中继器，属于同频放大设备，按照中国移动的定义，是指在室内及室外使用的通过信号放大设备对移动无线信号放大后进行延伸覆盖的设备。直放站在下行链路中，由天线在现有的覆盖区域中拾取信号，通过带通滤波器对带通外的信号进行极好的隔离，将滤波的信号经功放放大后再次发射到待覆盖区域。在上行链接路径中，覆盖区域内的终端设备的信号被上行放大链路处理后发射到相应基站，从而达到基站与手机的信号传递。

远端射频单元RRU(Remote Radio Unit)是一种新型的分布网络覆盖模式，和BBU基带单元(Baseband Unit)一起构成了基带拉远，所谓BBU是指集中处理基带信号的单元。BBU将大容量宏蜂窝基站集中放置在中心机房中，基带部分集中处理，采用光纤将Node B中的射频模块拉到远端射频单元，分置于网络规划所确定的站点上，从而节省了常规解决方案所需要的大量机房；同时通过采用大容量宏基站支持大量的光纤拉远，可实现容量与覆盖之间的转化。

移动通信直放站的分类

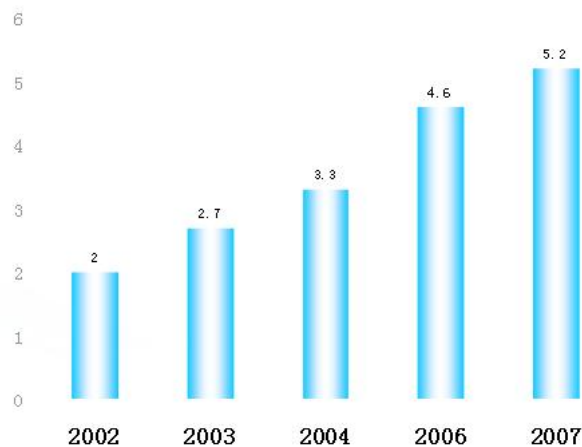
移动通信直放站的种类很多，按照传输信号分有 GSM 直放站和 CDMA 直放站，按照安装场所来分有室外型机和室内型机，按照传输带宽来分有宽带直放站和选频（选信道）直放站，从传输方式来分有直放式直放站、光纤传输直放站和移频传输直放站。

推动直放站发展的因素

虽然 3G 在 2008 年拉开序幕，但是我们认为在未来两年中，将是 2G 和 3G 并存的局面，应用于 2G 覆盖优化的直放站还有相当的应用空间，而应用于 3G 覆盖优化的远端射频单元 RRU 也会有长足的发展。我们认为从 2G 到 3G 的全面过渡还有至少 2 年时间，因此直放站在未来两年内有相当大的发展空间，所以以下我们将主要分析移动通信直放站行业。

移动通信用户的增长：从大方向上看，从 2002 年底的 2 亿用户增长到 2007 年底的 4.8 亿用户，中国已经是全球移动电话用户最多的国家，未来五年复合增长率在 15%左右，主要的增长点在于农村用户，农村用户渗透率只有 20%，相比饱和的城市用户渗透率达到 60%，有相当大的增长空间。

2002-2007年中国移动通信用户（单位：亿）



结构性机会：中国电信在 2008 年进行重组，重组之后中国固定资产投资将得以全面增长，其中一部分将用于无线覆盖的投资。中国 2008 年电信固定资产投资有望提升到 2770 亿元的规模，同比将出现超过 20% 的增长，而 2010 年固定资产投资有望突破 4000 亿元，较之 2007 年增长 80%，固定资产投资的增长也将推动直放站的需求。

直放站/RRU 行业进入壁垒

行业进入壁垒较低，但进入壁垒在不断抬高。整体来看，移动网络覆盖市场相对通信主设备市场来说，进入壁垒较低，这也给非通信主设备厂商留下了一个夹缝空间。这个行业的进入壁垒主要存在一定的技术壁垒，主要体现在对于供应商核心技术的需求，比如数字上下变频技术，FPGA 设计技术及其相关 IP（知识产权）的依赖。

直放站/RRU 行业的客户

直放站/RRU 行业的客户，可以分为两方面来看：一方面，网络覆盖厂商面临的是寡头垄断市场，价格的谈判能力相对较弱。运营商寡头垄断市场，因此在商务谈判中网络覆盖厂商基本处劣势，受运营商竞争加剧和成本控制力度加强的影响，未来面临价格进一步下降的趋势。另一方面，随着中国电信业将在 2008 年进行重组，重组之后中国固定资产投资将得以全面增长，固定资产投资的增长将推动直放站的需求。

替代产品

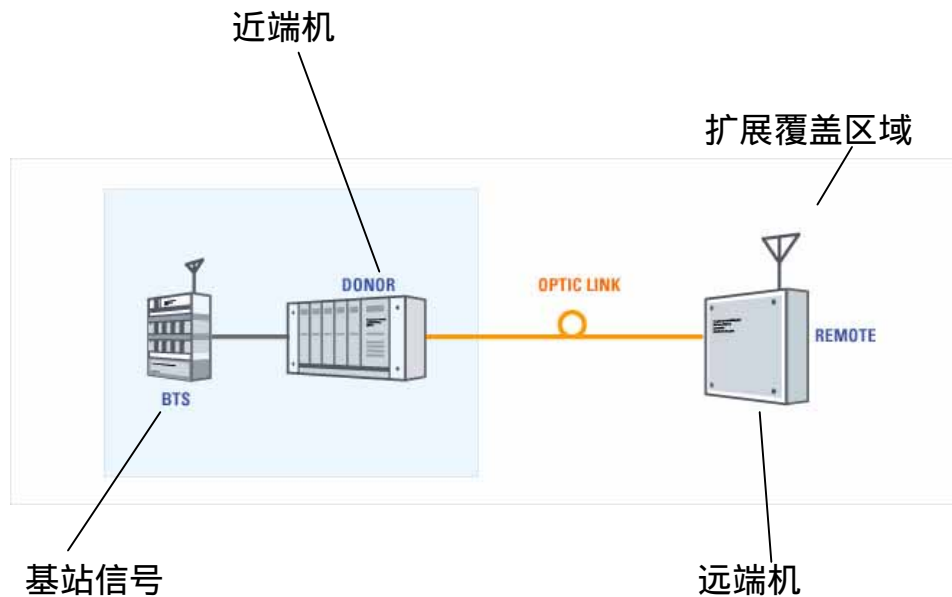
用于无线覆盖的产品主要有基站(宏基站和微基站)、RRU、直放站和干线放大器（干线放大器主要用于室内覆盖）。和直放站相似功能的产品有 RRU，但直放站不会被 RRU 替代，从投资角度看，在中小面积盲区以及光纤没有到达的区域，直放站设备的价格以及建设方面的费用要低于 RRU 和 BBU；从设备技术兼容性看，RRU、BBU 一般要和 RNC 配套，厂家关于 RRU 和 BBU 的接口都是保密的，直放站则可以和任何厂家的基站设备兼容。

潜在进入者实力

国外覆盖厂商可能会进入中国市场，人民币的升值会减小国内厂商的成本优势。

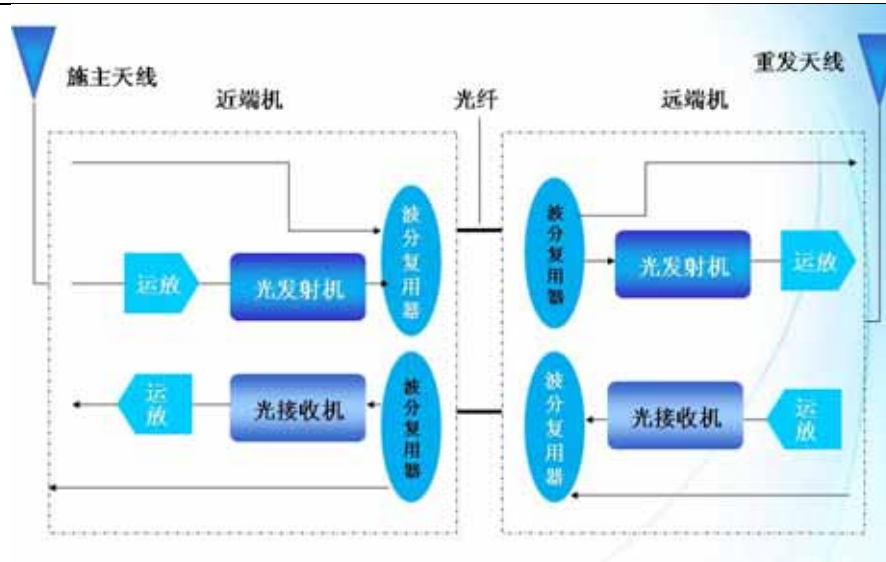
移动通信直放站和远端射频单元的基本原理

直放站虽然有很多种，大致原理类似，无非是信号的接收和放大，如下图所示。

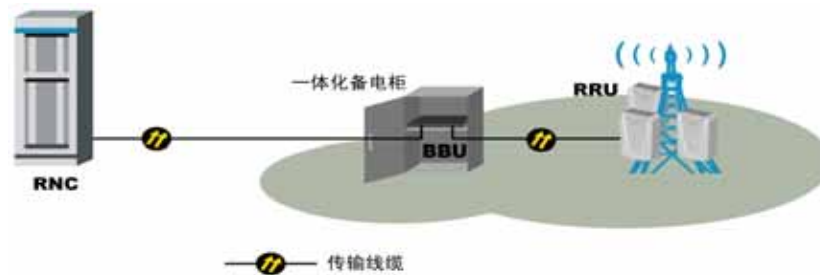


直放站内部结构我们以光纤直放站为例说明。

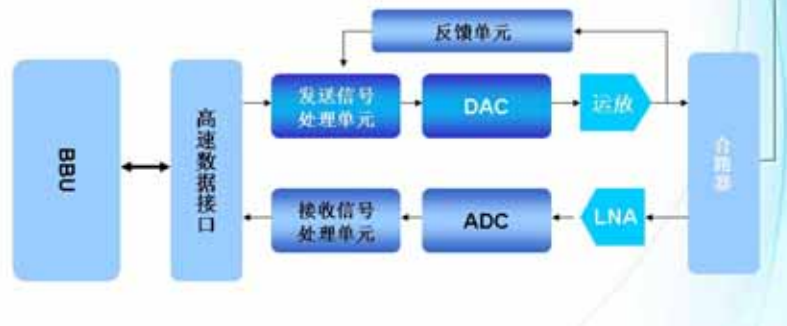
光纤直放站的原理图如下，主要有光近端机、光纤、光远端机（覆盖单元）几个部分组成。无线信号从基站中耦合出来后，进入光近端机，通过光电转换，电信号转变为光信号，从光近端机输入至光纤，经过光纤传输到光远端机，光远端机把光信号转为电信号，进入 RF 单元进行放大，信号经过放大后送入发射天线，覆盖目标区域。上行链路的工作原理一样，手机发射的信号通过接收天线至光远端机，再到近端机，回到基站。



RRU 在整个系统中的作用如下图所示。



远端射频单元的原理图如下，主要有高速数据接口，发送信号处理单元，接收信号处理单元，ADC, DAC,运放, LNA,合路器，反馈单元组成。从 BBU 的信号通过光纤进入高速数据接口，通过发送信号处理单元，到 DAC,运算放大后，经过合路器到天线发射，覆盖目标区域。



数字和模拟直放站的对比.

随着数字技术的发展,直放站的数字化也越来越容易.目前国内很多公司也推出了相应的数字化产品.,以下主要对数字/模拟直放站的性能,成本,设计等方面做一个简要对比:

工作性能:

数字直放站主要是用数字中频和数字滤波器替代模拟直放站的模拟混频器和声表滤波器.同时对于光纤直放站,用数字光传输替代模拟光传输.其中,数字滤波器的使用可以得到更好的频谱特性,上下变频的数字化在减小整机体积,功耗的同时还提高了设备的可靠性.而在提高工作性能方面,采用数字化光传输是最重要的一环. 数据速率每增加一倍, RF 的信号强度需要增加大约 3dB, 光传输的噪声限制了 RF 信号强度的提高, 但数字传输系统不受光噪声的影响, 所以在远距离高速传输时, 仍能保持高的动态范围, 保证信号质量, 最大化的利用频谱资源和网络设备, 获得最大的投资收益

生产成本

目前,芯片技术飞速发展,数字器件(如 FPGA)的规模越来越大,价格却越来越低.单个芯片完全可以完成以前大量模拟元件的功能. 例如:ALTERA 公司新推出的 CYCLONE III 系列低成本 FPGA,其中最大规模的 3C120,包含 120K LE,288 个乘法器,3.8M 位存储单元, 对于 GSM 选频直放站,单片 3C120 可以替代 16-32 个模拟通道. 如果分摊到每个通道,实际的器件成本远小于模拟方案. 同时多通道的数字直放站的调试难度远低于多通道的模拟直放站,有更好的生产成本.

设计难度

数字直放站所需要的 DDC/DUC/CPRI/Digital filter 等技术目前都已比较成熟, 芯片厂家大多有相应的解决方案. ALTERA 公司针对于目前国内的无线覆盖市场,推出了一系列完善的参考设计和 IP,如:WIMAX/LTE/TD/GSM IF 方案,CPRI 参考设计.同时,ALTERA 还在国内建立了多家设计合作伙伴,为客户提供更全面的技术支持

直放站和 RRU 的对比.

我们将从实现方式，扩容差异，使用环境，和对网络的影响，比较直放站和 RRU 的优缺点。我们认为 2G 直放站发展的空间更大，而 3GRRU 的空间更大，当然现在对于直放站和 RRU 发展的观点还有分歧。

实现方式

	RRU	直放站
信号提取	从基站取出基带信号	从基站取出射频信号
传输方式	数字化传输	数字或者模拟传输
信道容量	取自基站新增载频板的容量	与基站共享所有载频板容量
远端工作	远端射频调制、放大输出	远端还原射频、放大输出
扰码产生	产生新扰码	不产生新扰码

扩容差异

RRU	直放站
RRU 设备随着载频的增加而增加。	宽带光纤直放站扩容时不需要增加设备。
当机柜为满配置时，无法增加 RRU。	射频资源可根据话务需求随时灵活调配，提高利用率。
必须预留传输或传输复用	不需要改动传输。
扩容投资较多	扩容投资较少。

3、使用环境

RRU	直放站
单载频组网时可以作为基站覆盖的补充，节省投资。	单载频组网时可以作为基站覆盖的补充，节省投资。
可作为市内分布系统的信源。	可作为市内分布系统的信源。
多载频组网时，设备量比较大，多台 RRU 增加覆盖范围，也增加容量。	直放站与载频数无关，只是增加范围，不增加容量。
RRU 可以采用光纤分路实现级连覆盖	直放站可从 RRU 取出射频信号，实现与 RRU 的级连接续覆盖，等效于从基站取出信号。

RRU 收发通信干扰比较小。	直放站会带来较大的干扰噪声，对直放站选址有影响，引入回波抵消算法会增加直放站设计难度。
----------------	---

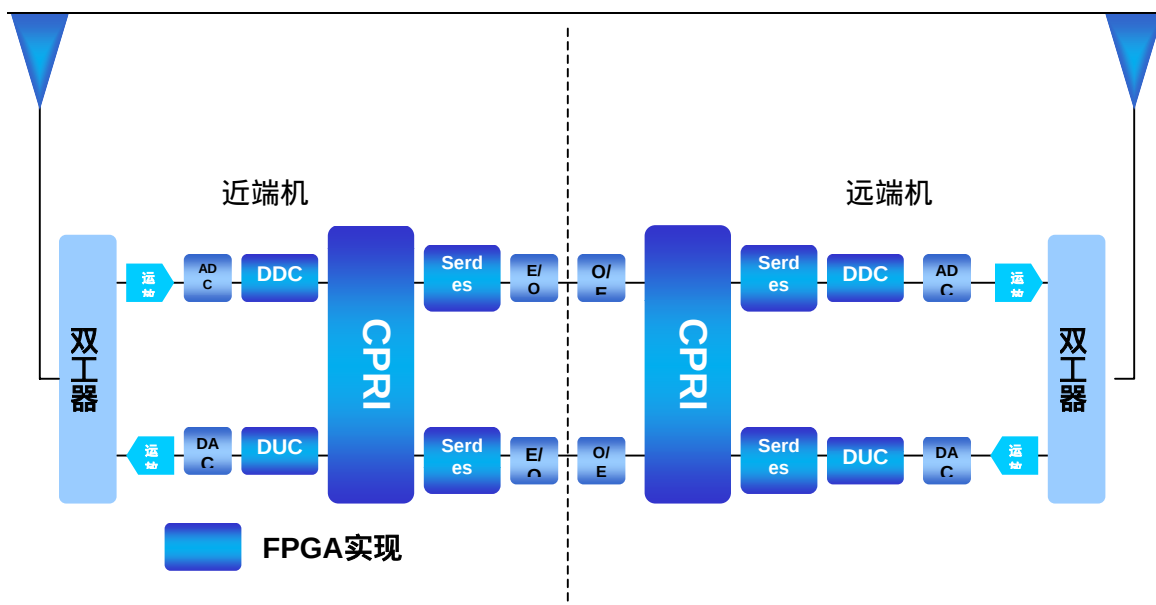
4、对网络的影响

	RRU	光纤直放站
信道容量	提 供	不提供
射频功率	提 供	提 供
扰 码	增 加	不增加
覆盖范围	提 高	提 高
切 换	过多切换	不会增加切换

移动通信直放站 FPGA 的实现 .

数字直放站中关键的部分是数字 IF 的实现,根据业内大公司的应用情况,采用 FPGA 实现数字中频已被公认为一种很好的方法.相对于 ASSP,FPGA 不仅具有更高的集成度,更好的灵活度,而且随着 FPGA 的广泛应用,成本也更低.同时,ALTERA 的 HARDCOPY 技术,还可以进一步降低大量生产时的成本. 对于光纤传输的数字部分,许多 FPGA(如 ALTERA 的 ARRIA GX)集成了高速数据收发器,可以单片完成许多光传输协议(如 CPRI)处理.

以下图的光纤直放站框图为例，可以选择 Altera 的 Cyclone III 和 Arria GX 器件实现。



Arria™ GX FPGA 是 Altera 第四代具有片内高速串行收发器的 FPGA。围绕 Stratix® II GX FPGA 采用的技术而设计，Arria GX 系列针对主流串行互联协议进行了优化，目标数据速率高达 3.125 Gbps。

Arria GX FPGA 支持的协议	
协议	数据速率 (Gbps)
通用公共射频接口(CPRI)	2.45, 3.072
开放基站体系结构规范(OBSAI)	0.768, 1.536, 3.072
XAUI	3.125
SD, HD, 3G-SDI	0.27, 1.488, 2.97
SerialLite II	达到 3.125
基本模式	达到 3.125
PCI Express x1 and x4	2.5
千兆以太网	1.25
Serial RapidIOTM	达到 3.125

更详细信息，请访问：<http://www.altera.com.cn/b/arriagx2.html?f=hp&k=t0>

低成本 Cyclone III FPGA 是 Altera® Cyclone 系列的第三代产品，采用台湾半导体生产公司 (TSMC) 的 65-nm 低功耗(LP)工艺技术，Cyclone III 器件对芯片和软件采取了更多的优化措施，在所有 65-nm FPGA 中是功耗最低的，在对成本和功耗敏感的大量应用中，提供丰富的特性推

动宽带并行处理的发展。Cyclone III 系列包括 8 个型号，容量在 5K 至 120K 逻辑单元(LE)之间，最多 534 个用户 I/O 引脚。如表 1 所示，Cyclone III 器件具有 4-Mbit 嵌入式存储器、288 个嵌入式 18x18 乘法器、专用外部存储器接口电路、锁相环(PLL)以及高速差分 I/O 等。

Cyclone III FPGA 简介								
器件	EP3C5	EP3C10	EP3C16	EP3C25	EP3C40	EP3C55	EP3C80	EP3C120
逻辑单元	5,136	10,320	15,408	24,624	39,600	55,856	81,264	119,088
M9K 嵌入式存储器模块 (1)	46	46	56	66	126	260	305	432
RAM 总容量 (Kbits)	424	424	516	608	1,161	2,396	2,811	3,981
嵌入式 18x18 乘法器	23	23	56	66	126	156	244	288
PLL	2	2	4	4	4	4	4	4
最大用户 I/O 引脚数量	181	181	345	214	534	376	428	530
差分通道	70	70	140	83	227	163	181	233

更详细信息，请访问：<http://www.altera.com.cn/products/devices/cyclone3/overview/cy3-overview.html>

ALTERA 的中频方案以及在 RRU/直放站上的应用.

所谓中频，顾名思义，是指一种中间频率的信号形式。中频是相对于基带信号和射频信号来讲的，中频可以有一级或多级，它是基带和射频之间过渡的桥梁。

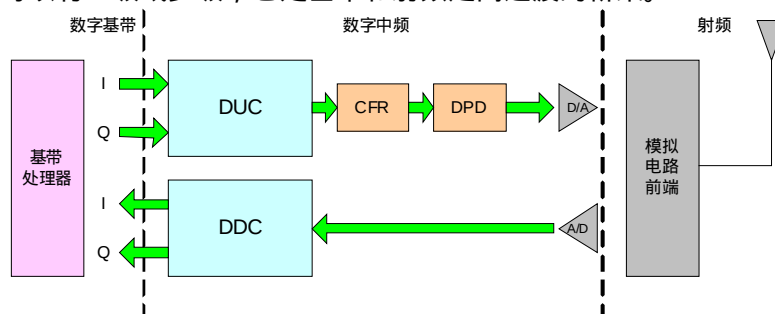
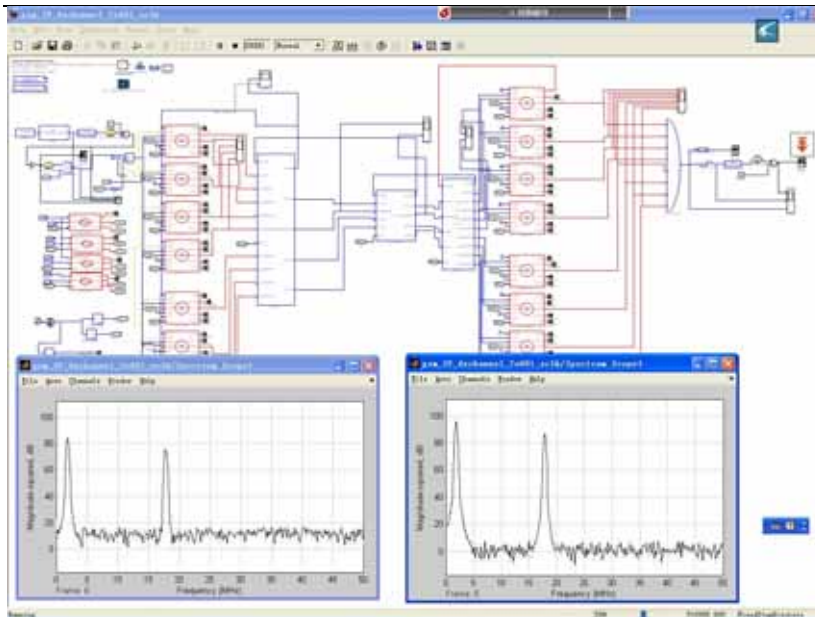


图 1 数字中频

如图 1 所示，中频部分用数字方式来实现就称之为数字中频。数字中频技术通常包括上下变频（DUC/DDC）、波峰因子衰减（CFR）和数字预失真（DPD）。



GSM 数字中频方案

ALTERA 公司针对目前的无线应用,推出了全面的 IF 解决方案,包含关键模块的参考设计 (DDC/DUC/CFR/DPD), 基于 MATLAB/Simulink + DSP Builder + Quartus II 的一体化设计流程和最终验证的 DSP 板.有关 ALTERA IF 方案的详细情况,请联系本地的 ALTERA 代理商.

总结: 中国的移动通信市场是全球最大的移动市场, GSM、GPRS、EGPRS、CDMA 等技术已被广泛应用, 而 WCDMA、TD-SCDMA、CDMA2000 等 3G 技术日趋成熟; 单向收费的政策推动中国移动的用户数快速攀升; 技术和政策进一步推动了移动通信市场的发展, 其中一个重要的环节就是无线网络覆盖优化, 它的挑战在于如何在有限的容量下面, 尽可能地提高信号质量. 移动通信直放站和远端射频单元 RRU(Remote Radio Unit) 是新兴灵活的无线覆盖优化方式, 可以达到无线覆盖容量和质量平衡的目标. 本文探讨了移动通信直放站和 RRU 的概述, 移动通信直放站的分类, 推动移动通信直放站发展的主要因素, 移动通信直放站基本原理, 数字和模拟直放站的对比, 直放站和 RRU 的对比. 移动通信直放站 FPGA 的实现, 以及 ALTERA 的 IF (中频) 方案和在远端射频单元 (RRU) 和直放站上的应用.