

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202855905 U

(45) 授权公告日 2013. 04. 03

(21) 申请号 201220361678. 9

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2012. 07. 24

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 洪伟 李林盛 陈鹏 陈继新

蒯振起 陈喆

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

H01Q 21/00(2006. 01)

H01Q 23/00(2006. 01)

H01Q 3/30(2006. 01)

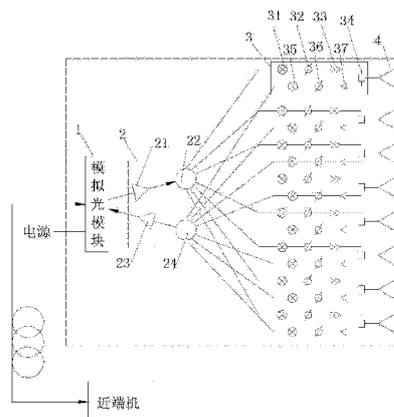
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线

(57) 摘要

本实用新型公开了一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线阵列,它包括模拟光模块、中频收发模块、射频收发模块和天线单元;与近端机相连的模拟光模块通过中频收发模块与若干射频收发模块相连,每个射频收发模块连接有一个天线单元。与传统的阵列天线不同,本实用新型中的有源一体化天线阵列中每个天线单元都直接与一个完整的射频收发模块直接连接,各个单元的信号在中频上完成功分/合路,通过中频收发模块后与光模块相连接,最后信号可通过光模块转换为光信号后进行长距离的低损耗传输;每个天线单元后的射频收发模块的相位可控,这样整个阵列的波束在垂直方向便可以进行扫描。



1. 一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线,其特征在于:它包括模拟光模块(1)、中频收发模块(2)、射频收发模块(3)和天线单元(4);与近端机相连的模拟光模块(1)通过中频收发模块(2)与若干射频收发模块(3)相连,每个射频收发模块(3)连接有一个天线单元(4)。

2. 根据权利要求 1 所述的一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线,其特征在于:所述的中频收发模块(2)包括与模拟光模块(1)相连的发射模块(21),发射模块(21)与中频功分器(22)相连;中频收发模块(2)还包括与模拟光模块(1)相连的接收模块(23),接收模块(23)与中频合路器相(24)连;

所述的中频功分器(22)的输出端通过射频收发模块(3)与天线单元(4)的馈电端口相连;所述的天线单元(4)的馈电端口还通过射频收发模块(3)与中频合路器(24)的输入端相连。

3. 根据权利要求 2 所述的一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线,其特征在于:所述的射频收发模块(3)包括依次与中频功分器(22)相连的一号混频器(31)、一号移相器(32)、放大器(33)和射频开关(34),射频开关(34)的另一端与天线单元(4)的馈电端口相连;天线单元(4)的馈电端口还通过射频开关(34)依次连接射频接收模块(37)、二号移相器(36)、二号混频器(35),二号混频器(35)与中频合路器(24)相连。

一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种有源天线,具体说是一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线。

背景技术

[0002] 天线是各种无线通信系统的关键部件之一,衡量其优劣的主要技术指标有:阻抗带宽、波束宽度、副瓣电平、增益和效率等。天线辐射单元的导体损耗、介质损耗、馈电网络的插入损耗以及馈线的损耗会大大降低整个系统的效率,从而致使相当比例的发射机功率被天线和馈线所耗散,而且严重影响接收灵敏度。因此,高效率 and 智能化就成为下一代无线通信天线的研究目标。

[0003] 传统的蜂窝移动通信基站主要由天线、馈线电缆和射频收发信机组成,塔顶的天线通过一定长度的馈线电缆与下面的收发信机相连接。对于下行链路,射频发射机的输出功率通过馈线电缆馈入安装于塔顶的天线并发射到空中;对于上行链路,手机信号被塔顶基站天线接收后通过馈线电缆进入塔下的射频接收机。传统基站天线大多采用扇面辐射方向图的定向天线,水平面波束宽度一般为 120 度(10dB 波束宽度),增益一般约为 14.5dBi。这样的天线一般由垂直方向的 8~12 个单元的阵列构成。天线辐射单元的导体损耗、介质损耗、馈电网络的插损以及馈线的损耗会大大降低天馈系统的效率,从而致使相当比例的发射机功率被天线和馈线所耗散,而且严重影响接收灵敏度。天线效率没有计及馈线电缆的损耗,显然对于上述基站来说,将天线与馈线(即:天馈系统)整体考虑更适合描述和

$$[0004] \quad E_{AF} = \frac{P_e}{P_t}$$

[0005] 分析无线通信系统的性能。为此,我们定义天馈效率如下

[0006] 式中, E_{AF} 表示天馈效率(Efficiency of Antenna and Feeding Cable), P_e 是指真正辐射到空中的有效辐射功率, P_t 是指射频发射机的输出功率。

[0007] 对于传统基站和基站扇面天线情况,通常馈线长度可达几十米,损耗可达 3dB,甚至更大;扇面天线内部馈电网络的损耗通常约 1~2dB。相比之下,辐射单元的导体损耗、介质损耗以及良好匹配时的反射损耗要小很多。因此,从射频发射机输出的功率只有不到一半被辐射出去,也就是说,此时的天馈效率 $E_{AF} < 50\%$ 。我们知道,在保证线性度的情况下射频发射机输出功率提高一倍,其成本将增加 0.8~1 倍,其直流功耗将增加 1~1.2 倍。

[0008] 为了解决此问题,人们开始在实际应用中大量采用塔顶射频技术,即将部分射频或整个射频子系统置于塔顶天线附近,这样就可将馈线电缆压缩到 1m 左右,损耗缩减到 1dB 以内(包括接头损耗)。采用这种技术之后,显然可将天馈系统的损耗减小到 3dB 以下,从而可使得天馈效率达到 50%~70%。

[0009] 最近,有源一体化天线成为研究热点,其基本思想是将馈线电缆全部去掉,将部分或整个射频子系统与天线集成在一起。考虑到天线阵列的馈电网络仍然存在,采用有源一体化天线技术后,天馈效率可提高到 80%左右。

[0010] 除了效率,实际中还经常要求基站天线方向图下倾角可电调。甚至方向图垂直面可赋形,水平面可扫描也是期望的。

[0011] 因此,研究和实现高效率、波束可控、低功耗、低成本以及支持 RoF(Radio over Fiber) 的各种优良特性的新型天线技术显得极为迫切。

发明内容

[0012] 发明目的:本实用新型的目的是设计一种高效节能的有源一体化天线,使其在垂直平面内波束可控,并支持 RoF。

[0013] 技术方案:为了解决上述技术问题,本实用新型采用了如下的技术方案:

[0014] 一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线阵列,它包括模拟光模块、中频收发模块、射频收发模块和天线单元;与近端机相连的模拟光模块通过中频收发模块与若干射频收发模块相连,每个射频收发模块连接有一个天线单元。

[0015] 其中,所述的中频收发模块包括与模拟光模块相连的发射模块,发射模块与中频功分器相连;中频收发模块还包括与模拟光模块相连的接收模块,接收模块与中频合路器相连;所述的中频功分器的输出端通过射频收发模块与天线单元的馈电端口相连;所述的天线单元的馈电端口还通过射频收发模块与中频合路器的输入端相连。

[0016] 其中,所述的射频收发模块包括依次与中频功分器相连的一号混频器、一号移相器、放大器和射频开关,射频开关的另一端与天线单元的馈电端口相连;天线单元的馈电端口还通过射频开关依次连接射频接收模块、二号移相器、二号混频器,二号混频器与中频合路器相连。

[0017] 本实用新型的中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线包括天线单元、射频收发、移相器、混频器、中频收发以及光模块,其中中频收发模块包括了中频功分器/合路器和放大电路部分;与传统的阵列天线不同,本实用新型中的有源一体化天线阵列中每个天线单元都直接与一个完整的射频收发模块直接连接,各个单元的信号在中频上完成功分/合路,通过中频收发模块后与光模块相连接,最后信号可通过光模块转换为光信号后进行长距离的低损耗传输。每个天线单元后的射频收发模块的相位可控,这样整个阵列的波束在垂直方向便可以进行扫描。

[0018] 有益效果:本实用新型具有以下优点:

[0019] 1:) 具有较高的天馈效率,可达 80%~90%。采用有源一体化天线阵列的设计后,射

[0020] 频收发模块通过接头与天线单元直接相连接,避免了传统的 RRU+ 无源天线阵列方案中馈线电缆带来的损耗,同时因为功分/合路网络是在中频完成,相比于无源天线阵列的射频功分/合路网络,损耗会进一步降低,整体的损耗可以控制在 1dB 以内,系统的天馈效率可达 80%~90%。

[0021] 2:) 垂直面内波束可进行扫描,波束在 $\pm 40^\circ$ 范围内可指向任意方向。本方案的射

[0022] 频收发模块相比传统的 RRU,每个通道都增加了一个高精度低损耗数控移相器,通过对移相器的控制可以设置天线阵列中每一个单元的相位,将每个天线单元的相位设置在合适的数值可以控制整个天线阵列的波束指向需要的方位,从而实现阵列波束在垂直平面

内的波束扫描。

[0023] 3) 得益于天线阵列的波束指向可控,当天线阵列中一个或者几个通道发生故障时,可通过调节剩余通道的相位,对天线阵列的辐射波束指向进行调整,可以弥补因通道故障带来的天线辐射方向的改变,从一定程度上增强了系统的稳定性。

[0024] 4) 采用中频模拟 RoF,可进行低损耗传输,组网方便。

附图说明

[0025] 图 1 是本实用新型中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线的结构示意图,

[0026] 图 2 是本实用新型的天线工作于发射状态下的波束扫描(以 10° 为间隔)

[0027] 图 3 是本实用新型的天线工作于接收状态下的波束扫描(以 10° 为间隔)

具体实施方式:

[0028] 下面结合附图对本实用新型做更进一步的解释。

[0029] 如图 1 所示,本实用新型的一种中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线阵列,包括模拟光模块 1、中频收发模块 2、射频收发模块 3 和天线单元 4;与近端机相连的模拟光模块 1 通过中频收发模块 2 与若干射频收发模块 3 相连,每个射频收发模块 3 连接有一个天线单元 4。电源为整个中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线供电,模拟光模块 1 通过光纤与近端机的模拟光模块相连。

[0030] 模拟光模块 1 的作用是光电转换,发送端把电信号转换成光信号;通过光纤传送后,接收端再把光信号转换成电信号。

[0031] 中频收发模块 2 中的发射模块 21 将从模拟光模块 1 传递来的中频信号进行放大,然后经中频功分器 22 传递给各个射频发射通道;中频接收模块 2 的中频合路器相 24 接收从射频收发模块 3 各个通道发过来的信号,中频合路器 24 将各路信号合成一路信号,然后经接收模块 23 放大后传递给模拟光模块 1。

[0032] 射频收发模块 3 是有源一体化天线阵列的核心部分,发射部分将中频功分器 22 传递来的中频信号上变频到射频频率后进行滤波、移相和放大后,传递给天线单元 4;射频接收模块 37 将天线单元 4 传递来的弱信号进行滤波和放大后,并下变频到中频频率,然后各个通道的信号在中频合路器 24 里面完成合路。

[0033] 天线单元 4 是一个能量转化装置,将射频发射模块 3 产生的信号转换为电磁波发射到空间去,并将空间的电磁波收集后转换为射频信号传递给射频接收模块 3。

[0034] 其中,所述的中频收发模块 2 包括与模拟光模块 1 相连的发射模块 21,发射模块 21 与中频功分器 22 相连;中频收发模块 2 还包括与模拟光模块 1 相连的接收模块 23,接收模块 23 与中频合路器相 24 连。

[0035] 所述的射频收发模块 3 包括依次与中频功分器 22 相连的一号混频器 31、一号移相器 32、放大器 33、射频开关 34;射频开关 34 的另一端与天线单元 4 的馈电端口相连;天线单元 4 的馈电端口还通过射频开关 34 依次连接射频接收模块 37、二号移相器 36、二号混频器 35,二号混频器 35 与中频合路器 24 相连。一号混频器 31、一号移相器 32、放大器 33、射频开关 34 组成了射频收发模块 3 的发射部分,二号混频器 35、二号移相器 36、射频接收模块 37 和射频开关 34 组成了射频收发模块 3 的接收部分。其中,射频开关 37 可以是普通的

开关或者双工器,所述的射频接收模块 37 包括依次与射频开关 34 相连的滤波电路和放大器。

[0036] 中频功分器 22 的输出端通过射频收发模块 3 与天线单元 4 的馈电端口相连;所述的天线单元 4 的馈电端口通过射频收发模块 3 与中频合路器 24 的输入端相连。

[0037] 射频收发模块 3 通过移相器可以控制天线阵列中每一个通道的相位,将每个通道的相位设置在合适的数值可以控制整个天线阵列的波束指向需要的方位,从而实现垂直平面内的波束扫描。

[0038] 本实用新型的每个天线单元 4 都与一个独立的射频收发模块 3 直接相连接,与传统的 RRU (射频拉远模块)+无源天线阵列相比,在保证整个天线阵列的 EIRP (有效全向辐射功率)相同的条件下,本方案中单个射频发射模块需要的射频输出功率仅为传统 RRU 方案中功率放大器输出功率的 $1/N$ (N 为天线阵列的数目,一般为 8-12),这样就可以采用中小型功率放大器来替换普通 RRU 方案中的大功率放大器,降低了系统对散热方面的要求,并可以进一步降低系统的成本和电路面积;同时因为最大发射功率的降低,在 FDD 系统中可以降低对双工器的功率容量的要求,进一步降低系统的成本和体积。

[0039] 相比传统的 RRU,本实用新型的射频收发模块每个通道都增加了一个数控移相器,通过对移相器的控制可以设置天线阵列中每一个单元的相位,将每个天线单元的相位设置在合适的数值可以控制整个天线阵列的波束指向需要的方位,从而实现阵列波束在垂直平面内的波束扫描。

[0040] 本实用新型的中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线的射频收发模块 3 的相位可以控制,通过设置特定的相位,可以使得阵列在垂直平面内的波束指向需要的角度,实现波束扫描的功能。而射频收发模块 3 直接通过接头与天线单元 4 相连接,降低了馈线和馈电网络的损耗,提高了天馈效率。

[0041] 下面结合本实用新型的一个实施例天线来进一步说明,该实施例天线为中频模拟 RoF 型相控有源一体化天线,其射频工作频段为 2.3GHz ~ 2.4GHz,系统工作在 TDD 模式,收发通过开关进行切换,中频频率为 1GHz ~ 1.1GHz,阵列为 8 单元均匀分布线性阵列,每个射频单元最大发射功率为 21dBm,天线单元的增益为 7dB,整个阵列最大的 EIRP 为 45.5dBm (0.5dB 的损耗)。阵列的辐射波束在垂直平面的 3dB 波束宽度为 10° ,可在 $\pm 40^\circ$ 范围内指向任意角度。

[0042] 图 2 和图 3 为本实用新型天线的波束扫描结果,测量时以 10° 为间隔,实际可以指向任意角度,从测试结果可以看出,发射和接收状态下的波束扫描均可以在 $\pm 40^\circ$ 范围内精确指向要求的位置。

[0043] 图 2 和图 3 给出了实施例有源天线在发射和接收状态下的波束扫描结果,从结果可以看出,该有源一体化天线阵列的波束在垂直平面内可根据系统需要进行调整,将该实施例天线用作移动通信的基站天线系统时,可以根据业务需要适时调整波束的指向,得到最优化覆盖;而得益于天线阵列的波束指向可控特性,当该实施例天线阵列中一个或者几个通道发生故障时,可通过调节剩余通道的相位,对天线阵列的波束指向进行调整,弥补因通道故障带来的天线辐射方向的改变,从一定程度上增强了系统的稳定性。

[0044] 以上所述仅是本实用新型的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和

润饰也应视为本实用新型的保护范围。

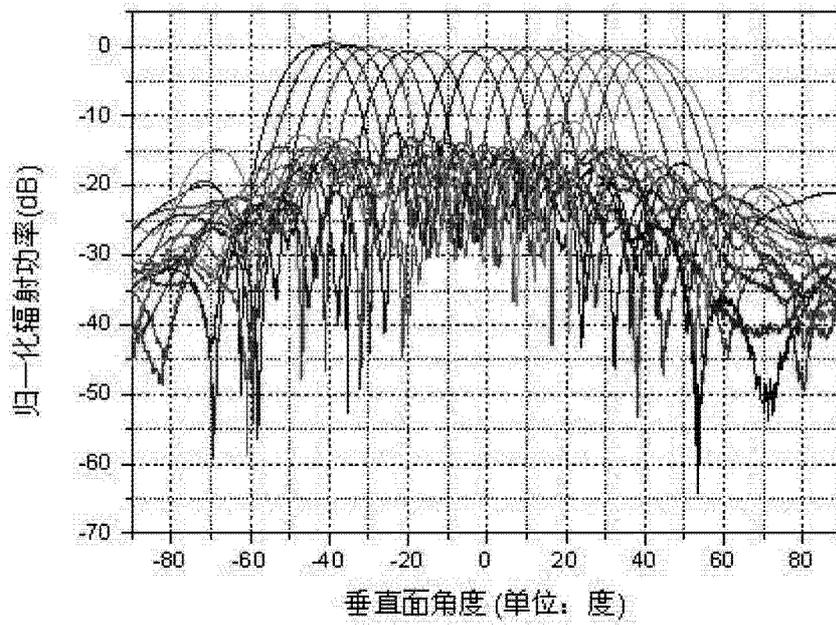


图 2

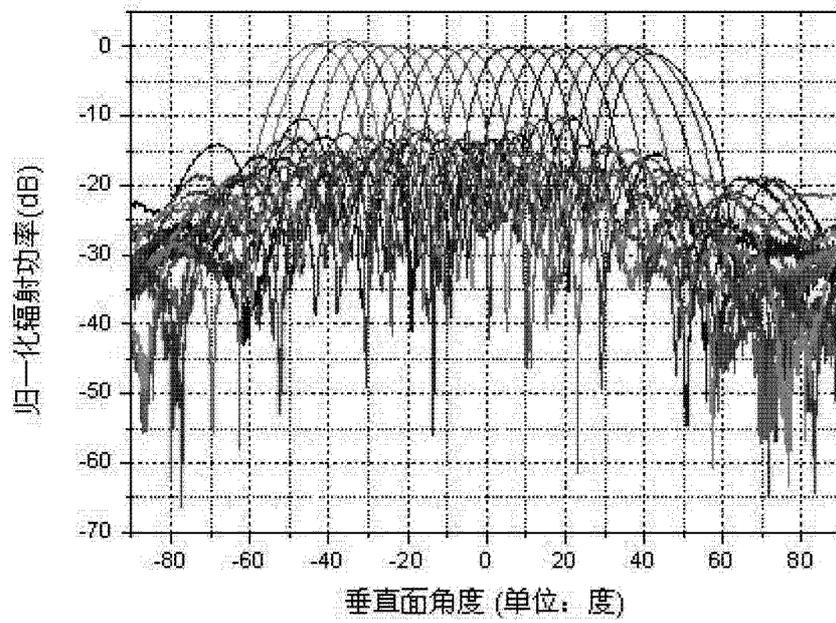


图 3