

自适应阵列天线区域覆盖算法研究

蔡卫红, 刘军华, 雷超阳

(长沙通信职业技术学院, 长沙 410015)

摘要: 文章分析了自适应阵列天线信号空间分割原理, 介绍了自适应阵列天线区域资源传统分配算法: 固定式区域资源分配算法和最大最小区域资源分配算法. 针对自适应阵列天线区域资源传统分配算法存在的问题, 提出了基于最小标准差的区域资源改进分配算法, 并介绍了其区域资源分配原理和计算方法. 通过对以上三种区域资源分配算法的通话阻塞率仿真可知, 最小标准差区域资源分配算法相对于区域资源传统分配算法可降低通话阻塞率, 负载平衡效果最好.

关键词: 自适应阵列; 天线; 区域; 算法; 研究

中图分类号: TN929.533

文献标识码: A

文章编号: 1671-119X(2012)01-0059-04

0 引言

传统蜂窝移动系统基站天线一般采用全向信号的覆盖模式, 这样原始射频信号的能量只有很少一部分能够到达所要传递的用户, 射频信号的大部分能量都浪费了, 更糟糕的情况是, 可能形成干扰信号, 减弱了其他用户的信号质量. 当网络容量不断扩大, 随着用户数量的增加, 用户间的干扰也会增加, 信干比不断劣化, 直至引发掉话现象.

自适应阵列天线一般采用4~8天线阵元结构, 利用空间切割方式, 将全向覆盖区域切割成许多差异性小区域, 通过无线资源管理算法控制发射射频信号能量, 动态地集中发射给所要传递的用户, 同时避免射频信号干扰网络中的其他用户, 这样就大大提高了信干比, 优化了空中无线接口的容量, 从而扩大基站覆盖范围, 提高了信号质量. 自适应阵列天线可广泛的应用于3G和4G移动系统.

1 自适应阵列基站天线覆盖

1.1 自适应阵列天线覆盖原理

在自适应阵列天线移动通信系统中, 每个蜂窝

基站 C_i 由多个感测器所组成的天线阵列, 每个感测器只负责 C_i 内一个微小区域信号的收发, 全部感测器所覆盖区域可划分为两类: 非重叠区域和重叠区域. 下面以有三个感应器的自适应阵列天线为例来说明.

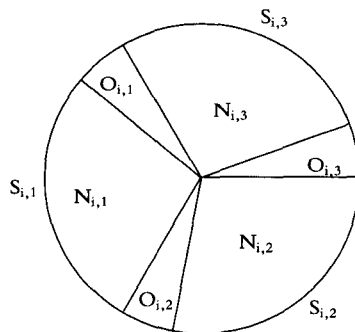


图1 蜂窝基站 C_i 的区域

在图1中, 假设蜂窝基站 C_i 包含 $S_{i,1}$ 、 $S_{i,2}$ 、 $S_{i,3}$ 三个感应器, $S_{i,1}$ 感应器信号可覆盖范围为 $\{O_{i,1}, N_{i,1}, O_{i,2}\}$, $S_{i,2}$ 感应器信号可覆盖范围为 $\{O_{i,2}, N_{i,2}, O_{i,3}\}$, $S_{i,3}$ 感应器信号可覆盖范围为 $\{O_{i,3}, N_{i,3}, O_{i,1}\}$. $\{N_{i,1}, N_{i,2}, N_{i,3}\}$ 为三个感测器信号覆盖不会重叠部分, $\{O_{i,1}, O_{i,2}, O_{i,3}\}$ 为三个感测器信号覆盖可重叠部分.

令 $N(X)$ 表示同一基站中与区域 X 相邻的非重

收稿日期: 2011-10-29

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(07D092)

作者简介: 蔡卫红(1971-), 男, 工程硕士, 高级实验师, 研究方向: 移动通信、3G、移动终端.

叠区域, $O(X)$ 表示同一基站中与区域 X 相邻的重叠区域, 则图 1 中有 $N(O_{i,1}) = \{N_{i,1}, N_{i,3}\}$, $N(N_{i,1} \cup O_{i,1}) = \{N_{i,3}\}$, $O(N_{i,1}) = \{O_{i,1}, O_{i,2}\}$, $O(N_{i,1} \cup O_{i,1}) = \{O_{i,2}\}$.

再令 $C_{i,j}$ 表示某蜂窝基站 C_i 中感应器 $S_{i,j}$ 实际覆盖范围, 即 $C_{i,j}$ 的覆盖范围只能属于基站 C_i 中感应器 $S_{i,j}$ 信号能达到的范围 $N_{i,j} \cup O(N_{i,j})$, 同时假设任意两个不同感测器 $S_{i,j}$ 和 $S_{i,k}$ 服务的范围 $C_{i,j}$ 和 $C_{i,k}$ 没有交集, 且 C_i 内全部感测器能覆盖整个蜂窝基站范围.

定义 1: 一个由 $S_{i,1}, S_{i,2}, \dots, S_{i,m}$ 等 m 个感测器提供的服务的范围为 $C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,m}$ 所构成的蜂窝基站 C_i 必须满足:

(1) $C_{i,j} \subseteq N_{i,j} \cup O(N_{i,j})$, ($N_{i,j}$ 为非重叠区域, $O(N_{i,j})$ 为重叠区域)

(2) 任意两个 $C_{i,j}$ 和 $C_{i,k}$ ($1 \leq j, k \leq m$), 必须满足 $C_{i,j} \cap C_{i,k} = \phi$

(3) $\bigcup_{j=1}^m C_{i,j} = C_i$

仍然以图 1 为例, 则 $C_{i,1} = \{N_{i,1} \cup O_{i,1}\}$, $C_{i,2} = \{N_{i,2} \cup O_{i,2}\}$, $C_{i,3} = \{N_{i,3} \cup O_{i,3}\}$ 为满足定义 1 的一种合理配置.

同蜂窝基站 C_i 的区域间有彼此干扰问题, 因此当 $C_{i,k}$ 中使用一个码来建立通话时, 最小干扰范围 (D_{\min}) 内的其他区域 $C_{i,j}$ 不能用相同的码来建立通信, 否则信号将会相互干扰. 在蜂窝基站 C_i 的每一个扇形区域 $C_{i,k}$ 被配置一全部系统码 B 的部分码 $B(S_{i,j})$. $B(S_{i,j})$ 的配置必需满足定义 2, 即干扰范围内的区域不能被配置相同的码.

定义 2: 感测器 $S_{i,j}$ 干扰范围定义为 $IN(S_{i,j}) = \{S_{i,k} \mid S_{i,k} \text{ 与 } S_{i,j} \text{ 距离小于最小干扰范围 } D_{\min} \text{ 的同蜂窝基站的区域}\}$.

定义 3: $S_{i,j}$ 的码分配 $B(S_{i,j})$ 必须满足: 对任一 $S_{i,k} \in IN(S_{i,j})$, $B(S_{i,j}) \cap B(S_{i,k}) = \phi$. 如图 2 中蜂窝基站 C_i 的地理区域被切割成 $C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,12}$ 等 12 个区域, 若最小干扰范围 D_{\min} 为 2 个区域, 则 $IN(S_{i,3}) = \{S_{i,1}, S_{i,2}, S_{i,4}, S_{i,5}\}$. 当 $S_{i,3}$ 被配置一码 $B(S_{i,3})$ 时, $S_{i,1}, S_{i,2}, S_{i,4}$ 和 $S_{i,5}$ 中所配置的码 $B(S_{i,1}), B(S_{i,2}), B(S_{i,4})$ 和 $B(S_{i,5})$ 就不能有任何相同的码是一样的. 即对 $IN(S_{i,3})$ 中的任一区域 $S_{i,j}$, $B(S_{i,3}) \cap B(S_{i,j})$ 为空集合.

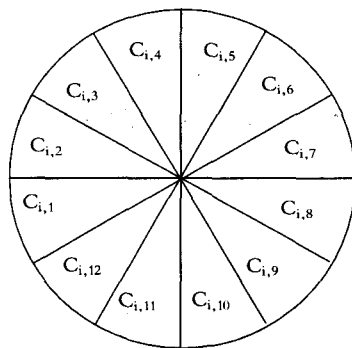


图 2 感测器的负责区域

定义 4: 一个蜂窝基站 C_i 的某一区域 $C_{i,j}$, 所需承载的通话量定义为 $\lambda(C_{i,j}) = t \times a$. 其中 t 为 $C_{i,j}$ 中移动台一次电话的平均通话时间, a 为在单位时间内 $C_{i,j}$ 中所有移动台的通话次数, n 为频宽 $B(S_{i,j})$ 中的码数. 其中 $C_{i,j}$ 所分配到的码 $B(S_{i,j})$ 会影响 $C_{i,j}$ 的通话中断率. 评估区域 $C_{i,j}$ 的通话阻塞率可用式 1 表示.

$$EB(n, \lambda(C_{i,j})) = \frac{\lambda(C_{i,j})^n}{n!} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\lambda(C_{i,j})^k}{k!} \quad (1)$$

1.2 自适应阵列天线区域资源传统分配算法及改进

1.2.1 自适应阵列天线区域资源传统分配算法

目前, 自适应阵列天线区域资源传统分配算法主要有: 固定式区域资源分配算法、最大最小区域资源分配算法.

(1) 固定式区域资源分配算法

固定式区域资源分配算法的基本思路为: 蜂窝基站 C_i 中的每个感测器 $S_{i,j}$ 的负责范围 $C_{i,j} = N_{i,j} \cup O_{i,j}$ 都是固定 ($j = 1, 2, \dots, m$).

以图 2 为例, $C_{i,1}$ 的范围为 $\{N_{i,1} \cup O_{i,1}\}$, $C_{i,2}$ 的范围为 $\{N_{i,2} \cup O_{i,2}\}$ 及 $C_{i,3}$ 的范围为 $\{N_{i,3} \cup O_{i,3}\}$.

(2) 最大最小区域资源分配算法

最大最小区域资源分配算法的基本思路为: 蜂窝基站 C_i 中的每个感测器 $S_{i,j}$ 的负责范围 $C_{i,j}$ 是还没有被配置的重叠区域中负载量最高的会优先配置给邻近的负载量最低的感测器. 而非重叠区域 $N_{i,j}$ 固定分配给 $S_{i,j}$ 感应器.

其具体分配方法如下:

初始化: 将在蜂窝基站 C_i 的非重叠区域集合 $\{N_{i,1}, N_{i,2}, \dots, N_{i,m}\}$ 中 $N_{i,j}$ 指定到对应的 $C_{i,j}$, $O(C_i)$ 为重叠区域集合 $\{O_{i,1}, O_{i,2}, \dots, O_{i,m}\}$, 其中 $j = 1, 2, \dots, m, m$ 为一个蜂窝基站感应器的数量.

步骤1:判断 $O(C_i)$ 是否为空集合,假如是空集合表示蜂窝基站 C_i 重叠区域已配置完成,配置完成;否则执行下列步骤2.

步骤2:找出蜂窝基站 C_i 重叠区域集合 $O(C_i)$ 中话务量 $\lambda(O_{i,j})$ 最大的区域 $O_{i,j}$,执行步骤3.

步骤3:找出话务量 $\lambda(O_{i,j})$ 最大重叠区域 $O_{i,j}$ 的对应相邻非重叠区域集合 $N(O_{i,j})$ 中两个话务量较小的一个区域 $C_{i,k}$,接着执行步骤4.

步骤4:将 $O_{i,j}$ 归 $C_{i,k}$ 管理,并将 $O_{i,j}$ 从 $O(C_i)$ 中移除,重新执行步骤1.

1.2.2 区域资源传统分配算法改进

固定式区域资源分配算法由于每个感应器覆盖区域保持不变,不能动态跟随基站覆盖区域用户话务量负载变化和变化.而最大最小区域资源分配算法虽然较固定式区域资源分配算法效果有大大提高,但该算法仍然没有综合整个基站的话务负载分布情况,达不到最佳的话务均衡效果.因此,这里提出一种新的改进算法,即最小标准差区域资源分配算法.

算法改进思路如下:

对于一个由 m 个感应器所组成的蜂窝基站 C_i ,整个基站覆盖区域可分成 m 个重叠区域 $\{O_{i,1}, O_{i,2}, \dots, O_{i,m}\}$ 和 m 个非重叠区域 $\{N_{i,1}, N_{i,2}, \dots, N_{i,m}\}$.任一非重叠区域 $N_{i,j}$ 只能由感应器 $S_{i,j}$ 负责覆盖,而任一重叠区域 $O_{i,j}$ 可为它提供覆盖的感应器有两个.例如:在图1中 $O_{i,3}$ 所能提供覆盖的感应器有 $S_{i,2}$ 和 $S_{i,3}$.因此,对于有 m 个感应器的基站的配置方式共有 2^m 种,令这 2^m 种配置方式的集合为 $A(C_i) = \{A_{i,1}, A_{i,2}, \dots, A_{i,2^m}\}$.假设 $\lambda(C_i)$ 为 C_i 的全部负载量,则 C_i 中每个感应器平均所需承载的负载量 X_i 如式(1)所示,其中 m 为 C_i 中感应器数目.

$$X_i = \lambda(C_i) / m \quad (\text{式 } 1)$$

例如:在图1中,假设非重叠区域和重叠区域各自的负载量如表1所示.

表1 蜂窝基站小区 C_i 中各区域的负载量

覆盖区域	负载量(Erl)
非重叠区域	$N_{i,1}$ 2
	$N_{i,2}$ 3
	$N_{i,3}$ 4
重叠区域	$O_{i,1}$ 0.5
	$O_{i,2}$ 0.4
	$O_{i,3}$ 0.9

则:

$$X_i = \lambda(C_i) / m = (2 + 3 + 4 + 0.5 + 0.4 + 0.9) / 3$$

$$= 10.8 / 3 = 3.6 (\text{Erl})$$

由于感应器数目 $m=3$,因此,共有 $2^3=8$ 种不同覆盖配置方式,全部8种配置情形如表2所示.

表2 $A(C_i)$ 内所有子集的配置方式

	$S_{i,1}$	$S_{i,2}$	$S_{i,3}$	$\sigma(A_{i,k})$
$A_{i,1}$	$N_{i,1} \cup O_{i,1}$	$N_{i,2} \cup O_{i,2}$	$N_{i,3} \cup O_{i,3}$	0.9899
$A_{i,2}$	$N_{i,1} \cup O_{i,1}$	$N_{i,2} \cup O_{i,2} \cup O_{i,3}$	$N_{i,3}$	0.7874
$A_{i,3}$	$N_{i,1}$	$N_{i,2} \cup O_{i,2} \cup O_{i,3}$	$N_{i,3} \cup O_{i,1}$	1.1344
$A_{i,4}$	$N_{i,1}$	$N_{i,2} \cup O_{i,2}$	$N_{i,3} \cup O_{i,3} \cup O_{i,1}$	1.3953
$A_{i,5}$	$N_{i,1} \cup O_{i,1} \cup O_{i,2}$	$N_{i,2}$	$N_{i,3} \cup O_{i,3}$	0.9203
$A_{i,6}$	$N_{i,1} \cup O_{i,1} \cup O_{i,2}$	$N_{i,2} \cup O_{i,3}$	$N_{i,3}$	0.4970
$A_{i,7}$	$N_{i,1} \cup O_{i,2}$	$N_{i,2}$	$N_{i,3} \cup O_{i,3} \cup O_{i,1}$	1.1014
$A_{i,8}$	$N_{i,1} \cup O_{i,2}$	$N_{i,2} \cup O_{i,3}$	$N_{i,3} \cup O_{i,1}$	0.8832

对于 C_i 中的一种配置方式 $A_{i,k}$,假设 $C_{i,1}^k, C_{i,2}^k, \dots, C_{i,m}^k$ 为 $A_{i,k}$ 配置中 m 个感应器所负责的区域.对于配置 $A_{i,k}$ 中 m 个感应器所承载话务负载的标准差 $\sigma(A_{i,k})$ 如式(2)所示.

$$\sigma(A_{i,k}) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (\lambda(C_{i,k}) - X_i)^2} \quad (\text{式 } 2)$$

C_i 中全部的配置方式为 $A(C_i) = \{A_{i,1}, A_{i,2}, \dots, A_{i,2^m}\}$,配置方式的标准差为 $\sigma(A(C_i)) = \{\sigma(A_{i,1}), \sigma(A_{i,2}), \dots, \sigma(A_{i,2^m})\}$.

其算法步骤如下:

步骤1:由 $A(C_i) = \{A_{i,1}, A_{i,2}, \dots, A_{i,2^m}\}$ 中选择一个 $A_{i,k}$,其中标准差 $\sigma(A_{i,k})$ 为 $\sigma(A(C_i)) = \{\sigma(A_{i,1}), \sigma(A_{i,2}), \dots, \sigma(A_{i,2^m})\}$ 的最小的值.

步骤2: C_i 依照 $A_{i,k}$ 的配置方式分配不同的区域给 m 个感应器.

以图1为例,表2为重叠区域和非重叠区域各自的负载量,根据最小平均差算法在步骤1时会计算8种配置方式的标准差 $\sigma(A_{i,1}), \sigma(A_{i,2}), \dots, \sigma(A_{i,8})$,如表2所示,选择其中标准差最小 $\sigma(A_{i,6}) = 0.4970$ 的配置方式 $A_{i,6}$.在步骤2中,依照 $A_{i,6}$ 的配置方式指派给 C_i 的三个感应器,其负责的范围分别为 $C_{i,1} = N_{i,1} \cup O_{i,1} \cup O_{i,2}, C_{i,2} = N_{i,2} \cup O_{i,3}, C_{i,3} = N_{i,3}$.

2 自适应阵列天线区域资源分配算法仿真

(1) 仿真参数设置

为了比较以上三种算法的资源分配效果差别,可通过仿真来验证.其仿真模拟基本情况如下:①基站数量及每个基站感应器数量分别为:9个及6个;②每基站码数量为:60个;③干扰影响范围为:2个微小区域;④移动用户总数为:10000个;⑤平均每小时每用户通话次数和通话时间分别为:0.4~2.8

次、4 分钟；⑥重叠区域人数占比分别为：10%、20%、30%；⑦高负载区域个数和人数占比分别为：5 个、10%；

(2) 仿真比较

当重叠区域人数占比分别为 10%、20%、30% 时，通过仿真比较三种区域资源分配算法模拟阻塞率仿真情况如图 3~图 5 所示。

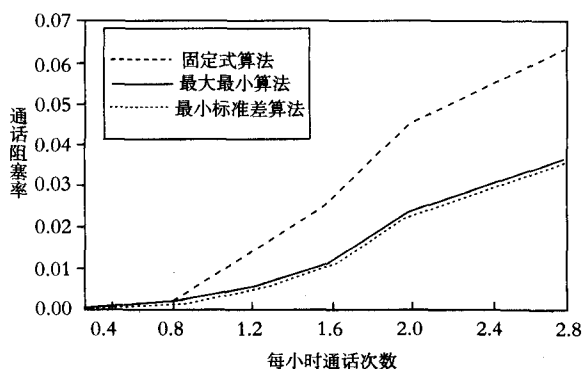


图 3 重叠区域人数占比为 10% 时的模拟阻塞率

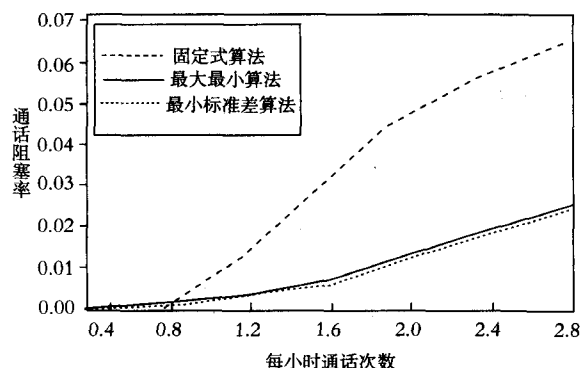


图 4 重叠区域人数占比为 20% 时的模拟阻塞率

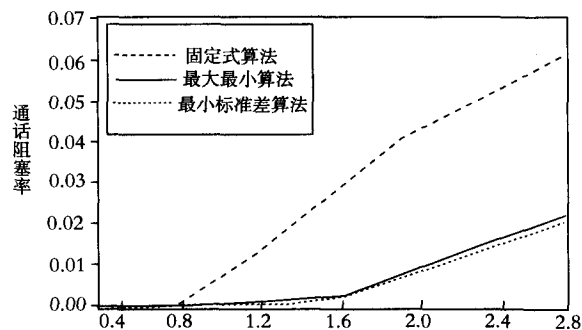


图 5 重叠区域人数占比为 30% 时的模拟阻塞率

从图 2~图 4 可以看出：①当重叠区域的人数占 10% 时：固定式区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~6.3%，最大最小区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~3.5%，最小标准差区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~3.4%；②当重叠区域的人数占 20% 时：固定式区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~6.2%，最大最小区域资源分配算法的通

话阻塞率为 0%~2.8%，最小标准差区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~2.7%；③当重叠区域的人数占 30% 时：固定式区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~6.1%，最大最小区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~1.7%，最小标准差区域资源分配算法的通话阻塞率为 0%~1.6%；

3 结 论

最小标准差区域资源分配算法相对于固定式区域资源分配算法和最大最小区域资源分配算法对基站覆盖区域的负载平衡效果最好、话务阻塞率最小的原因是：固定式区域资源分配算法由于感测器间的承载量不会平均，负载平衡效果相对于后两种来说肯定最差；最小标准差区域资源分配算法比最大最小区域资源分配算法效果好的原因在于它考虑到了另外两种全部的配置方式，然后由全部的配置结果中找出一组每个感测器间承载量差异性最低的一组配置，以达到负载平衡。

参 考 文 献

- [1] 张学森, 李 宏. 最小均方误差准则在雷达数字波束形成中的应用[J]. 硅谷, 2010, (13): 173-174.
- [2] 马玉峰, 胡玉兰. 智能天线对 CDMA 通信系统性能的改善[J]. 电子技术, 2008, (2): 74-76.
- [3] 张 恒, 邱雪松, 孟洛明, 高志鹏, 张玺栋. TD-SCDMA 无线接入网自主负载均衡管理方法[J]. 通信学报, 2011, (1): 9-19.
- [4] 吴清华, 肖奇伟. 基于多天线技术的无线信道容量解决方案[J]. 舰船科学技术, 2010, (4): 73-75.
- [5] 旷平昌, 王杰贵. 一种改进的特征空间线性约束波束形成器[J]. 电子对抗, 2009, (2): 38-41.
- [6] H. Jiang, W. Zhuang, X. Shen and Q. Bi. Quality-of-Service Provisioning and Efficient Resource Utilization in CDMA Cellular Communications[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2006, 24(1): 4-15.
- [7] S. Kim and P. K. Varshney. Adaptive Fault Tolerant Bandwidth Management Framework for Multimedia Cellular Networks[J]. IEEE Proceeding-Communications, 2005, 152(6): 932-938.
- [8] G. Ning, G. Zhu, L. Peng and X. Lu. Load Balancing Based on Traffic Selection in Heterogeneous Overlapping Cellular Networks[J]. The First IEEE and IFIP International Conference in Central Asia on Internet, 2005: 5.

(下转第 75 页)

Microbial Power Generation and Its Application

WANG Wei-yao, ZHANG Tie-han

(Applied Technical School, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411104, China)

Abstract: The fundamental principle and development status of using the microorganism of the sanitary sewage to generate electricity are discussed. Through repetitive trials, the feasibility of the principle of microbial power is verified, and a device of using activated and breeding escherichia coli power is designed. The development and application prospect of this new type of energy microbial power are described.

Key words: microbial generation; new energy; applied research

(上接第 62 页)

Regional Coverage Algorithm Research of Adaptive Array Antenna

CAI Wei-hong, LIU Jun-hua, LEI Chao-yang

(Changsha Telecommunications and Technology Vocational College, Changsha 410015, China)

Abstract: This paper analyzes the space partition theory of adaptive array antenna signals, introduces the traditional resource allocation algorithm of the adaptive array antenna area, resource fixed regional resource allocation algorithm and maximum and minimum regional resource allocation algorithm. Concerning problems existing in the traditional resource allocation algorithm of the adaptive array antenna area, the allocation algorithm for improvement of regional resources based on minimum standard deviation is put forward, and the principles of its regional resource allocation and calculation methods are introduced. Through simulation of call blocking rates for these three regional resource allocation algorithms, we can know that, the regional resource allocation algorithm of minimum standard deviation can reduce the call blocking rate compared with the traditional regional resource allocation algorithm, and the result in load balancing is best.

Key words: Adaptive array; antenna; regional coverage; algorithm; research

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训：

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势：

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们：

- ※ 易迪拓培训官网：<http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网：<http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店：<http://shop36920890.taobao.com>