

一种基于波束切换方法的智能天线系统研究

李 森 杨家玮

(西安电子科技大学信息科学研究所, 陕西西安 710071)

摘 要 智能天线技术 (smart antenna) 是近年来较为热门的技术之一, 这一技术的出现为缓解日渐紧张的频率资源, 提供更高质量的通信带来了希望。智能天线上行收主要有两种方式: 全自适应方式和基于多波束的波束切换方式, 文中从工程实现研究的角度出发, 对基于波束切换方法的智能天线系统进行研究, 重点在于介绍仿真的方法和仿真的指标, 最后给出了结论。

关键词 智能天线, 波束切换, 仿真。

中图分类号 TN821+.91

1 引言

近年来随着移动通信业务的飞速发展, 用户数量呈指数上升, 过多的用户给无线通信的资源带来巨大压力。尤其突出的是: 信道容量的限制、频谱资源紧张、多径衰落、远近效应、同频道干扰、越区切换、移动台由于电池容量的功率受限等等。智能天线技术就是在这样的背景下提出的。

一般地, 智能天线定义为: 具有测向和波束成形能力的天线阵列。智能天线的上行收技术相对成熟些, 自适应天线阵最早引入移动通信的目的也是为了改善上行信道的质量和容量。智能天线上行收主要有两种方式: 全自适应方式和波束切换方式, 前者目前是理论研究的热点, 出现了许多算法; 后者则在工程实现上有一定的优势。多波束的智能天线在工程上实现相对容易, 在数字信号处理器的速度还不能完全满足各种自适应算法的计算量时, 选择多波束的智能天线可以达到较高的性价比, 因此在工程中得到一定的应用。

2 研究目标

多波束智能算法仿真的目的就在于找到最优的切换策略, 最佳定位方法。由于在波束切换时天线侧对移动台的感知只有上行信号的电平, 因此必须使用“波束切换 - 上行信号电平检测 - 判决”的

搜索方法将波束对准移动台。对于在天线覆盖的区域内接入的移动台, 要求接续时间短, 即定位迅速; 在该区域内运动的移动台, 要求能跟踪的上。故对定位的要求是准确和快速。接收端获取切换指示 (记为 SI) 的策略对于整个切换的性能有着重要的影响, 如果计算时间过长或者计算不够准确, 都会使性能下降。

3 仿真方法描述

考虑到仿真的效率和运行时间, 仿真程序用 C 语言编写。仿真程序的结构如图 1 所示:

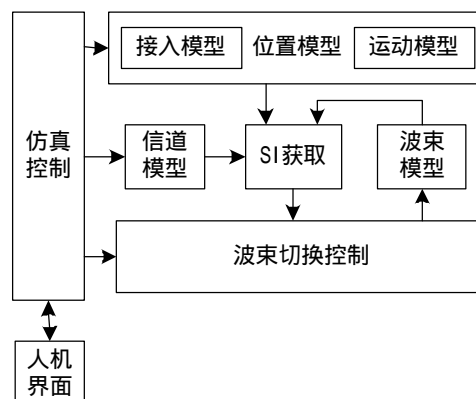


图 1 仿真程序结构框图

(1) 位置模型: 如图 1 分为接入模型和运动模型两个子模块。

接入模型: 随机数产生函数产生两个随机数, 表示移动台接入位置的极坐标值。该扇区为 120

收稿日期: 2004-03-14

扇区,左右边界分别为 30 和 150。每次调用该函数表示移动台在该扇区的某个位置进行了一次接入试验。当接入次数足够多时可以反映出实际系统中的接入位置随机的特点。

运动模型:通过从键盘输入获取运动的方向和速度等参数,模拟移动台运动。

(2) 波束模型

天线方向图用下面的公式进行仿真:

$$F(\mathbf{q}, f) = f(\mathbf{q}, f) g_a(\mathbf{q}, f) \quad (1)$$

$$f(\mathbf{j}) = \sum_{i=0}^{M-1} A_i e^{j(2\delta i d \sin \mathbf{j} + \mathbf{j}_i)} \quad (2)$$

式中:

$f(\mathbf{j})$ 为阵列因子方向图;

$g_a(\mathbf{q}, f)$ 为阵元的场方向图;

A_i : 各个阵元的振幅,一般是做成等振幅的,不等振幅的实现起来比较复杂;

M : 阵元数,在本次仿真中是用的 4 阵元;

d : 阵元间距与波长的比值,一般系统中取为 0.5;

\mathbf{j} : $0 \sim 360$;

\mathbf{j}_i : 各个阵元的初相值,通过不同的一组相位可以产生 120, 30 波束,这些初相值的控制正是在波束切换实现中所需要做的工作;

在不影响仿真结论的前提下,为简化仿真,取 $g_a(\mathbf{q}, f) = 1$ 。

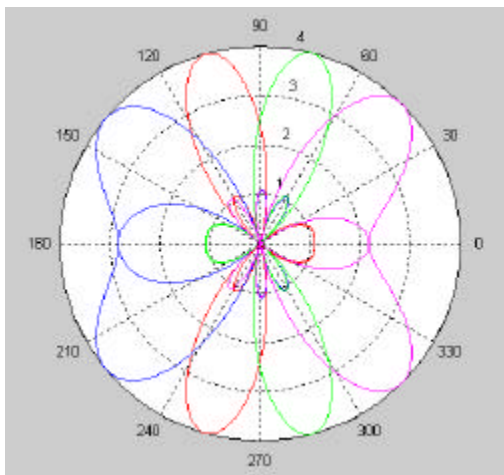


图 2 用 4 个 30 波束覆盖 120 的扇区
(覆盖区域为 30 ~ 150, 未归一化)

(3) 信道模型

信道模型使用瑞利信道^[1,3],图 3 是仿真程序中所使用的瑞利信道的衰落示意图,时间长度是 2s。

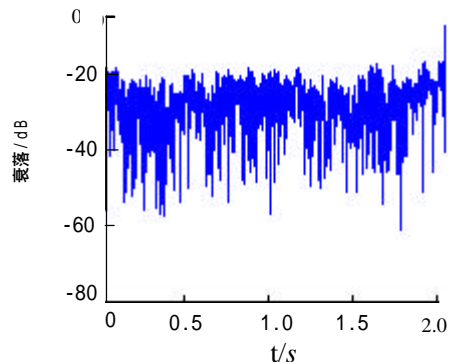


图 3 瑞利信道衰落示意图

(4) 切换指示 SI 获取方法

收信机通过 RSSI 值获取切换指示 SI,在仿真中,RSSI 通过计算得到。

作为切换指示的 SI 值,在本仿真中使用了 3 种获取的方法:

帧计算,计数对比门限的方法(为方便叙述,假设移动台接入时占用的上行时隙为 A,后同)。

用每帧各 A 时隙的前 24bit 计算得到的平均 RSSI 作为切换指示 SI,在波束跟踪和定位时设一“容忍度”flag,SI 值每低于门限值一次就使 flag++,当 flag 自增到一定的值(这种策略仿真程序中选的值为 6),就判为跟踪失败,做掉话处理。(后续文档中简称方法 1)

设定滑动窗口,平滑瑞利衰落的方法。

设定一个长度为 sample 的滑动窗口,该滑动窗口 sample 的长度为帧长的整数倍,每次向前滑动一帧。在该帧中,前 sample/5-1 个帧中的 A 时隙中进行均匀采样,取 240bit 进行计算。在滑窗中的最后一个帧中的 A 时隙只取前 24bit 进行计算。获取滑窗内的平均 RSSI 值作为 SI,如果该值小于门限就判为跟踪失败,做掉话处理。(后续文档中简称方法 2)

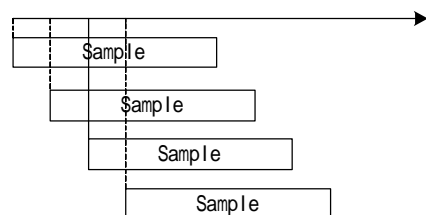


图 4 滑窗示意图

设定固定间隔长度，间隔内求平均作为指示的方法。

设定一个间隔的长度为 $sample$ ， $sample$ 为帧长的整数倍。在前 $(sample/5-1)$ 个 A 时隙中均匀采样，取 240bit， $sample$ 内的最后一个 A 时隙中取前 24bit，求平均 RSSI，每隔 $sample$ 的时间进行一次切换判断。每次该间隔向前滑动 $sample$ 的长度。（后续文档中简称方法 3）

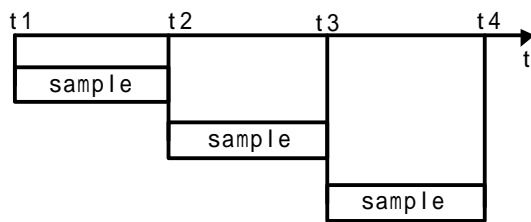


图 5 固定间隔长度示意图

在计算机仿真阶段，方法 1 比方法 2 和方法 3 的仿真时间要短，这说明了方法 1 的简单度大大高于方法 2 和方法 3。

（5）波束切换：扫描法进行波束定位后，移动台运动都是使用 30 的波束进行波束跟踪的。一旦移动台运动，收信机计算出的切换指示 SI 就会有变化，当 SI 小于选定的门限值时就进行波束切换，不断的运动就不断的切换，达到跟踪的目的。

（6）定位方法：使用 4 个 30 的波束从左至右依次进行扫描，如果该波束的覆盖得到的 SI 高于门限值则认为已经对准了该移动台。

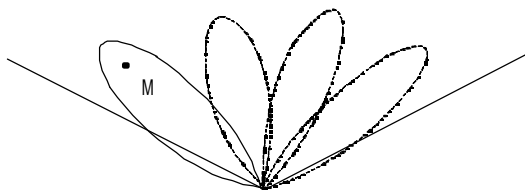


图 6 波束扫描示意图

4 仿真结果

说明：由于速度大于 50km/h 的情况下掉话率急剧上升，过高的掉话率已失去了讨论的意义，故图中只画出了车速在 50km/h 以下的情况。对于方法 3，当间隔长度达到 35ms 以上时其改善作用已经不够明显。图中曲线未加标注的分别为间隔长度

40ms 和 50ms 时的曲线。为保持图形的清晰整洁，不在图中标出。特此说明。

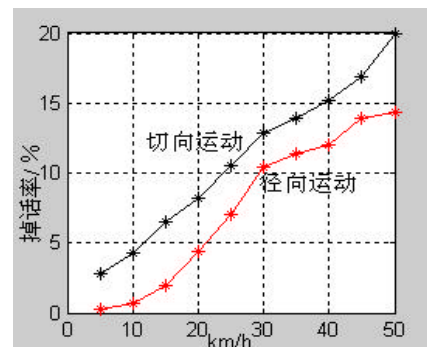


图 7 抽样间隔为 5ms、不同运动方向的掉话率比较（方法 1）

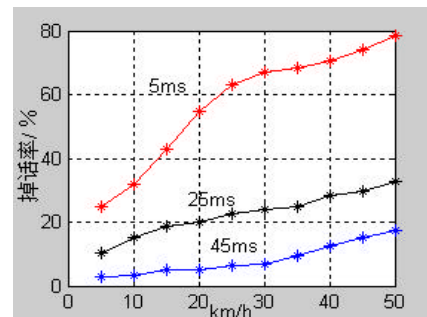


图 8 滑窗长度与掉话率关系（方法 2）

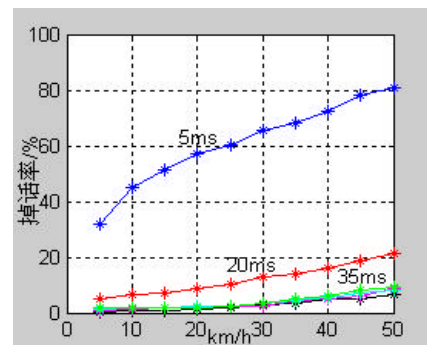


图 9 间隔长度与掉话率关系（方法 3）

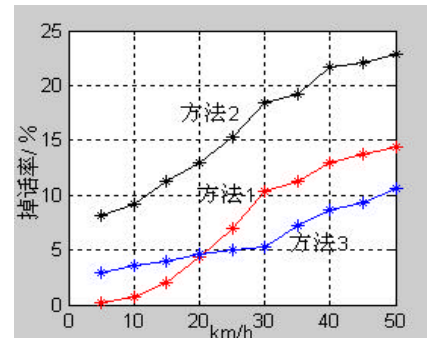


图 10 三种策略对比曲线

说明：图 10 中选择的均是径向运动，方法 1 “容忍度”为 6 相当于 2 和 3 的 30ms 长的 sample。

5 结 论

由上述仿真结果，可以得到以下结论：

(1) 移动台运动时，由于波束跟踪切换而引起的掉话率与运动方向，车速都有关。径向运动的掉话率小于切向运动；车速快，掉话率高。

(2) 方法 1 获得切换指示 SI，容忍次数不宜太大，虽然从掉话率的角度来看必然是容忍次数选的越大掉话率越低。但长时间的通信质量变差是用户难以忍受的，在这样的情况下既便是不掉话也失去了通信的意义；对于用方法 2 获取 SI（设定滑动窗口，平滑瑞里衰落的方法），从上面的数据和图象可以看出滑窗的长度越大，掉话率越低，但过长的滑窗要占用系统资源，存储较多的数据，进行较多的乘加和除法运算。同时也会有和方法 1 类似的问题；对于方法 3 获取 SI（设定固定间隔长度，间隔内求平均作为指示的方法），从仿真结果中可以看出当间隔长度达到一定程度时掉话率的减小很少，

而且此时太长的间隔占用了大量的系统资源。

(3) 从实现的难易程度，系统资源占用，运算速度等各个方面综合考虑，方法 1 应该是较好的选择。

参考文献

- 1 郭梯云，杨家玮，李建东. 数字移动通信. 北京：人民邮电出版社，2000.
- 2 Liberti J C. 无线通信中的智能天线 - IS95 和第 3 代 CDMA 应用. 北京：机械工业出版社出版，2002.
- 3 Yip K W. Member, IEEE, and Tung-Sang Ng, Senior Member, IEEE A Simulation Model for Nakagami-m Fading Channels, $m < 1$, <http://dl.comsoc.org/d1>.

作者简介

李 森(1979—)，男，西安电子科技大学在读研究生，通信与信息系统专业，研究方向为移动通信。

杨家玮(1946—)，男，教授，西安电子科技大学信科所教授，研究方向为移动通信、个人通信及分组无线网络技术等。

A Study of the Smart Antenna Based on Beam Switching

Li Sen Yang Jawei

(101, Information Science Institute, Xidian University Xi'an, Shaanxi 710071, China)

Abstract The smart antenna is one of the key technologies in recent years. The development of this technology makes it possible for us to solve the problem of lack of frequency resources and to get better quality of communication. There are two ways of the uplink receipt of the smart antenna: adaptive way and beam switching way. This thesis introduces beam switching in the engineering field with emphasis on the way of simulation and the target of the simulation.

Keywords smart antenna, beam switching, simulation.