

# TD-SCDMA 系统定位算法研究与仿真\*

宋宇恒, 林金朝, 谢显中

(重庆邮电学院 移动通信中心, 重庆 400065)

**摘要:**为了克服NLOS信号对移动无线电定位的影响,对TD-SCDMA系统中联合DOA与TOA实现移动终端定位的方案进行了研究。基于NLOS信号识别的算法有效地解决了NLOS信号对实施定位的影响,提出了一种对多基站时间加权定位算法。通过仿真实验证明了所采用算法的可行性,在NLOS情况下也可满足FCC对E-911业务的要求。

**关键词:**到达方向;到达时间;NLOS;TD-SCDMA;定位

**中图分类号:**TN929.533 **文献标识码:**A

## The Study and Simulation of Wireless Location Applied in TD-SCDMA

SONG Yu-heng, LIN Jin-zhao, XIE Xian-zhong

(Mobile Communication Center, CUPT, Chongqing 400065, P. R. China)

**Abstract:** A way of joint TOA and DOA for wireless location applied in TD-SCDMA is introduced, which resolves the NLOS problem based on NLOS signal detection algorithm. The simulation result shows that the location algorithm is feasible for TD-SCDMA and it satisfies FCC's demand about E-911 services even in NLOS environment.

**Key words:** DOA; TOA, NLOS; TD-SCDMA; Location

## 0 引言

根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,到2001年10月,所有蜂窝电话、个人通信系统、专用移动无线电的移动网络许可运营商将以可定位概率67%、均方误差为125 m的精度要求为请求E-911<sup>[1]</sup>的移动用户提供二维的位置信息。在TD-SCDMA系统中由于采用了智能天线等关键技术,基站可以估计DOA(Direction of Arrival),使得DOA结合TOA(Time of Arrival)定位可以实现。基于智能天线和TOA的定位技术与GPS系统相比,由于前者不需要对通信标准进行修改,可以在现有的基础设施和不增加昂贵的设备初始安装费用前提下附加一

些设备就可完成,所以这种新的技术得到很多运营商的青睐。

NLOS信号一直是困扰无线定位的一大障碍,为此本文提出一种首先正确识别信号然后对不同信号分类处理的方案,该方案充分利用了TD-SCDMA系统中可以方便估计TOA和DOA信息的优势,在LOS信号下可实现单基站定位;若为NLOS信号,我们提出了一种对时间测量误差不是非常敏感的多基站时间加权定位算法,最后给出系统的仿真结果。

## 1 TD-SCDMA 定位方案

传统的定位方法包括:基于移动台的定位、基于基站的定位和混合定位。在TD-SCDMA系统中,基

\* 收稿日期:2002-07-01

基金项目:教育部科技研究重点项目经费资助(G-2000)

作者简介:宋宇恒(1978-),男,河南郑州市人,重庆邮电学院硕士研究生,研究方向为第3代移动通信、智能天线。

站采用了8阵元的智能天线来估计用户的角度信息(DOA),还能利用上行同步信道来测量TOA,这样单个服务基站便能利用已有的信息实现移动台的位置估计;然而考虑到实际的移动信道的复杂性,以上的单基站定位只有在比较理想的传播环境下(LOS)才可以实现,如果为NLOS信号,单基站定位将会带来很大的误差,主要是:基站可能锁定某一反射波用于定位,此时DOA扩展可能非常严重;由于时延扩展严重,TOA测量值与电波LOS情况下测量值相差很大。为此,我们设计了首先判断信号再作不同处理的方案,LOS信号直接单基站定位;NLOS信号则联合其它基站的TOA信息进行多基站加权定位,总体定位方案如图1所示。其定位步骤:①测量移动台上行同步信道估计TOA;②根据①进行NLOS信号识别;③LOS信号时,基站根据训练序列估计的DOA结合TOA实施单基站定位;④NLOS信号时,移动台测量相邻基站的下行同步信道估计TOA汇报BS;⑤利用相邻与服务基站的TOA信息实施多基站时间加权定位。

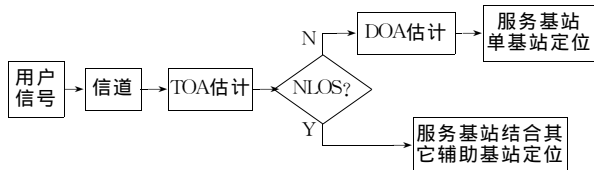


图1 TD-SCDMA定位方案

Fig.1 Location frame of TD-SCDMA

该方案在TD-SCDMA系统中实现定位是非常有效的。一方面,系统可以在上下行同步信道利用相关检测算法来估计TOA,并由此进行NLOS信号判决,TD-SCDMA系统中可对信号8倍过采样,故时间测量精度可以做到与1/8chip时延对应的电波传播距离(30m),此数可以作为调整NLOS判决的门限;另一方面,基站采用智能天线,我们可以采用各种高分辨率的算法来进行DOA估计。如果在LOS信号下,我们就能够实现单基站定位。如果为NLOS信号,由于基站间严格同步,我们可以用手机测量各个基站的下行同步信号来分别估计各个基站的TOA,采用多基站定位方案。

智能天线可以对每个用户估计其方位信息(DOA),在图1中,采用加权子空间拟合算法(WSF)<sup>[2]</sup>,利用相关检测估计波达时间(TOA),由

于DOA估计和TOA估计算法很成熟,这里不详细介绍。下面重点讨论在TD-SCDMA定位方案中的NLOS信号识别算法和多基站加权定位。

## 2 NLOS信号识别

NLOS信号的定位问题,传统的基于时间测量的定位算法都不能有效地解决其误差较大的问题。智能天线系统中,基站可以估计MS的方位信息,在LOS传播环境下,可以获得精度很高的定位结果。但是,如果信号没有直达波,基站将锁定某一反射波,采用DOA和TOA联合定位的方案将变得不太可靠。在角度扩展较小时,定位误差很小;如果在传播环境很差的市区环境,特别是基站附近存在大量的本地散射体,DOA扩展将非常严重,甚至可以达到360°,此时采用DOA信息定位将带来非常大的误差,此时算法将失效。所以,我们如果能够识别信号的类型,并根据不同的信号采用不同的定位方案,会使定位结果更加可靠。下面采用基于时间测量的NLOS识别算法<sup>[3]</sup>。

在 $t_i$ 时刻,服务基站TOA的测量对应的距离由式(1)决定。

$$r(t_i) = L(t_i) + n(t_i) + s \quad (1)$$

式(1)中: $L(t_i)$ 为由LOS信号决定的测量量程,即: $L(t_i) = |(x(t_i) - x_1) + j(y(t_i) - y_1)|$ 。其中, $(x(t_i), y(t_i))$ 为 $t_i$ 时刻移动台的坐标位置, $(x_1, y_1)$ 为服务基站的坐标位置; $n(t_i)$ 为 $t_i$ 时刻服务基站的系统标准测量噪声; $s$ 为由NLOS信号引起的系统附加测量量程。显然,在当前服务基站工作在有LOS信号的环境中时, $s = 0$ ;在当前服务基站接收不到LOS信号时,NLOS信号必然在原有的LOS信号的波达时间上再叠加上一个附加的时延,从而产生了一个始终为正的测量偏差 $s$ 。Nokia的测量报告显示,在通常情况下,这个测量偏差的平均值和标准差可分别达到513m和436m,可见由NLOS信号决定的测量偏差是影响我们定位精度的决定因素。如何能够正确地识别当前服务基站接收到的信号是NLOS信号成为我们这次仿真工作着重解决的问题之一。下面我们结合算法的具体实现过程进一步对算法进行分析。

根据当前服务基站在特定时间段内所测得的量  
程数据,利用最小二乘技术按照下式求出  $N$  阶多项  
式拟合的系数:  $\{a(n)\}_{n=0}^{N-1}$ 。

$$r(t_i) = \sum_{n=0}^{N-1} a(n)t_i^n \quad (2)$$

根据式(2)的结果和式(3)来平滑量程测量曲线:

$$s(t_i) = \sum_{n=0}^{N-1} a(n)t_i^n \quad (3)$$

这里拟合出的较为光滑的曲线可视为测量量程  
的均值曲线,利用这两条曲线可以按照式(4)求出拟  
合时间窗( $K$ )内的测量标准差:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{i=0}^{K-1} (s(t_i) - r(t_i))^2} \quad (4)$$

最后,我们将  $\hat{\sigma}$  与  $\sigma$  作比较以检验下面两个假设是否  
成立:

$$H_0: \hat{\sigma} = \sigma \quad (5)$$

$$H_1: \hat{\sigma} > \sigma \quad (6)$$

若假设检验  $H_0$  成立,则服务基站在所检测的时间  
段内的接收信号为 LOS 信号;若假设检验  $H_1$  成  
立,则服务基站的接收信号为 NLOS 信号。图 2 是  
NLOS 信号拟合曲线图,可以看出:如果为 NLOS 信  
号,TOA 测量值将会发生剧烈的变化,进行拟合之  
后便可以 and 原始测量数据进行比较;如果方差大于  
所设门限,将识别为 NLOS 信号,可以根据拟合之后  
的曲线来修正 NLOS 信号,使得时间测量误差大大  
减小。

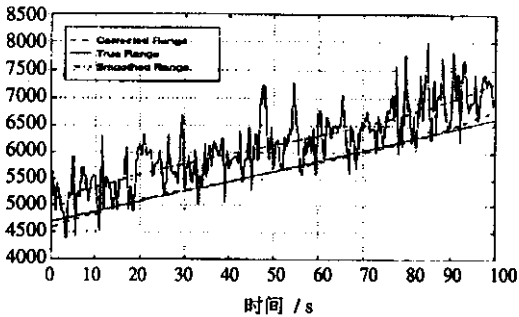


图2 NLOS 测量信号拟合曲线

Fig. 2 Sample LOS reconstruction from NLOS measurement

### 3 多基站加权定位

多基站定位算法采用时间加权质心法  
(TWC)<sup>[4]</sup>,该算法是用各定位基站测量的 TOA 值  
计算定位基站所对应的多边形质心的方法确定移动

台位置的坐标,其原理如图 3 所示。

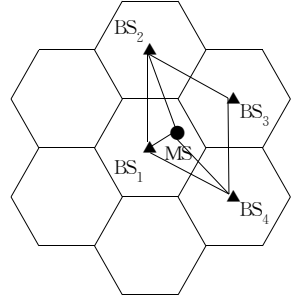


图3 多基站定位方案

Fig. 3 Location frame of multi-station

首先,系统启动多基站定位业务以后,由目标移  
动台测量各个辅助定位基站的下行同步信号。然后,  
移动台将测量到的信号报告给当前服务基站。服务  
基站一方面接收目标移动台的测量报告,另一方面,  
还要测量目标移动台的上行同步信号。当信号接收  
工作完成以后,当前服务基站利用相关检测算法分  
别计算各定位基站的波达时延  $\Delta t_i (i=1, \dots, N)$ 。这  
样可以通过波达时延  $\Delta t_i$  来确定各个定位基站的权  
值:

$$\omega_i = (c_0 \Delta t_i)^{-\beta}, i = 1, \dots, N \quad (7)$$

式(7)中,  $c_0 = 3.0 \times 10^8$  m/s,  $\beta$  为加权系数。为了确  
定定位基站对应多边形的质心,必须按照式(8)各基  
站加权重值归一化,获得归一化权值:

$$\omega'_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^N \omega_i}, i = 1, \dots, N \quad (8)$$

这里,  $N$  为参与定位的基站个数。最后,便可根据下  
式来确定目标移动台的坐标位置:

$$(x', y') = \sum_{i=1}^N \omega'_i (x_i, y_i) \quad (9)$$

其中,  $(x_i, y_i)$  为第  $i$  个基站的位置坐标,而  $(x', y')$  为  
我们所估计的目标移动台的位置坐标。

### 4 仿真结果

仿真环境及条件:

- 信道采用 IMT-2000 PEDESTRIAN TEST ENVIRONMENT A<sup>[5]</sup>;
- TD-SCDMA 物理层标准符合 3GPP 规范<sup>[6]</sup>;
- 基站采用 8 阵元圆阵,多基站定位基站个数

4, 时间加权系数  $\beta$  取 2;

下面图 4 和图 5 是以上仿真条件下的性能, 图 4 为 LOS 信号的单基站定位性能, 可以看出定位概率 67% 时定位误差仅为 50 m, 定位误差小于 125 m 的定位概率大于 90%, 定位精度很高; 图 5 是 NLOS 情况下多基站加权定位的性能, 此时定位误差小于 125 m 的定位概率为 70%, 此时仍能满足 E-911 定位要求。

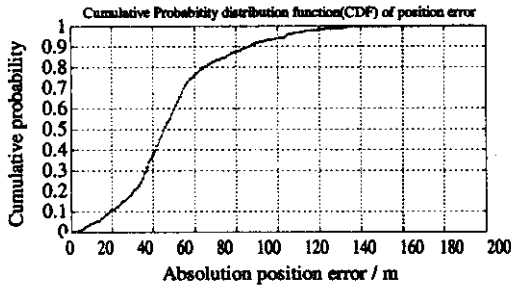


图 4 LOS 单基站定位性能  
Fig. 4. Performance of LOS signal

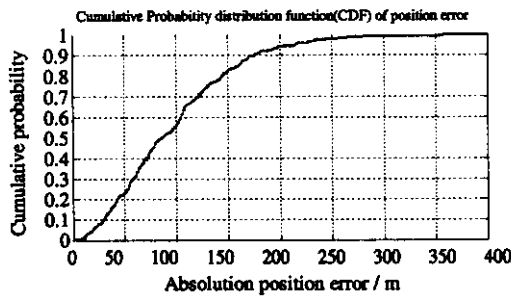


图 5 NLOS 多基站定位性能  
Fig. 5. Performance of NLOS signal

## 5 结 论

在 TD-SCDMA 系统中, 由于采用了智能天线和同步信道, 我们可以方便的测量 DOA 和 TOA 信息, 使得在不对系统作任何修改的前提下方便地实

现定位业务。基于时间测量进行 NLOS 信号识别的算法解决了传统定位算法无法有效解决 NLOS 信号的问题。通过仿真可以看出: 在 LOS 信号下, 只需单基站便可获得非常高的定位精度; 在 NLOS 信号下, 多基站参与定位仍能满足 E-911 的定位要求。

## 参 考 文 献

[1] FCC Adopts Rules to Implement Enhanced 911 for Wireless Services [Z]. FCC News, CC docket No. 94102, June. 12, 1996.

[2] MATS Viberg. Detection and estimation in sensor arrays using weighted subspace fitting [J]. IEEE Trans. Signal Processing, 1991, 39(11): 2436-2448.

[3] MARILYNN P Wylie, HOLTZMAN Jack. The Non-Line of Sight Problem in Mobile Location Estimation [R]. Wireless Information Network Laboratory (WINLAB), Dept. of Electrical & Computer Engineering Rutgers University.

[4] MIGUEL Berg. Performance of Mobile Station Location methods in a Manhattan Microcellular Environment [R]. Radio Communication Systems Lab. Dept. of Signals, Sensors and systems Royal Institute of Technology SE-100 44 Stockholm, Sweden.

[5] Rec. ITU-M. 1225 [S].

[6] 3GPP TR 25. 928. 1. 28 Mcps Functionality for UTRA TDD Physical Layer [S].

(编辑: 郭继笃)

· 科普知识 ·

## 变频技术

“变频”就是电视机在工作时频率不断地变化。在电视技术中, 要提高清晰度, 第一要减小像素, 第二是提高像素的密度。减小像素是由显像管来决定的, 显像管的像素越小, 其制造工艺就越复杂, 成本也就越高; 提高像素密度是由电路来决定的。电视屏幕上的图像是由一条一条的扫描线组成的。一幅电视画面, 扫描线越多 (技术上叫行频), 垂直方向的像素就越多, 垂直清晰度就越高。而整机信道的频率带宽越宽, 水平方向的像素就越多, 水平清晰度也就越高。可见要提高电视图像清晰度, 就要提高电视信道的频率带宽和增加扫描行数。实现“变频技术”需要应用数字技术。各种图像格式转换时, 必须应用计算机数字技术实现自动识别和自动转换。