

移动通信网定位技术

毛永毅◎著



科学出版社

移动通信网定位技术

毛永毅 著

本书由西安邮电大学学术专著出版基金资助出版



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要基于作者自 2002 年以来在移动通信网定位方面的研究工作撰写而成。作者希望通过对已有研究成果的总结,推动国内在这一领域的研究开发工作。本书主要内容包括移动通信网定位技术概述、移动通信信道特性与定位误差、时差定位中的模糊及无解分析、移动通信网常用定位算法、基于神经网络的移动通信网定位技术、基于数据融合的移动通信网定位技术、移动通信网跟踪技术。书中不但包括对经典算法的描述,也提出了很多改进算法和新型定位与跟踪方法,给出作者完成的仿真和分析结果。

本书可作为信息与通信系统、电子科学与技术、测控技术与仪器、计算机科学与技术等专业的高年级本科生、研究生的教学参考书,也可供相关领域的科研人员和实际工作者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信网定位技术/毛永毅著. —北京:科学出版社, 2018

ISBN 978-7-03-057479-4

I. ①移… II. ①毛… III. ①移动网-定位 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 107086 号

责任编辑:张振华 / 责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏志印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2018 年 6 月第一次印刷 印张: 8 1/4

字数: 150 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135120-2005

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

进入 21 世纪以来,移动通信技术正在以前所未有的速度向前发展,移动用户也越来越多,人们对基于移动台的服务的要求也越来越高,而移动台的移动性和不确定性给移动通信带来挑战的同时,也为定位服务的开展和扩大带来了无限的商机,其中移动通信网定位引起了人们的普遍关注。移动通信网定位是指利用移动通信网的无线电信号测量和计算一个移动终端所在的地理位置,系统将利用现有的移动通信网络实现无线定位,以确保移动终端在不同系统间无缝连接和高速高质量通信。直接利用移动台定位和跟踪已成为移动通信的一个重要方面,目前直接利用移动台定位和跟踪在军事和民用技术中已获得了一定的应用。然而传统的直接利用移动台定位和跟踪算法在计算上存在着一些问题,包括算法速度慢、算法复杂而难以实现、检测阶段运算量大、抗 NLOS 能力差等。如何提高算法速度、减少训练时间、建立实用的学习算法仍是一些亟待解决的问题。以往对定位和跟踪的研究主要针对基本的数学解和一般噪声的滤除等方面,从神经网络理论和数据融合理论的角度出发的研究工作较少,本书将神经网络理论、数据融合理论、滤波理论等方法用到了移动台定位、跟踪问题中,对移动台定位和跟踪过程中 NLOS 对定位精度的影响进行了有效处理。主要内容如下:

第 1 章介绍移动台定位和跟踪的背景知识、关键技术,国内外的研究现状,分析基本的定位和跟踪方法及技术的特点。

第 2 章介绍移动通信无线电波传播特征和典型的室内外传播模型,提出移动通信网络的拓扑结构及移动台分布,以及确定评价定位准确率的指标。

第 3 章介绍平面和空间时差定位系统中出现的模糊和无解现象,找出模糊分布规律及无解原因,并提供一些可能的处理方法。

第 4 章介绍移动通信系统中比较常见的经典算法及改进算法,如 Chan 算法、LS 算法、泰勒级数展开算法等,并对各算法的误差结果进行对比。

第 5 章介绍基于神经网络的移动通信网的定位技术,提出基于 BP 神经网络的 TDOA 定位算法、基于 RBF 神经网络的 AOA 定位算法、基于 RBF 神经网络的 TDOA/AOA 定位算法、基于 RBF 神经网络的 TOA/AOA 定位算法及基于 BP 神经网络的定位算法 5 种算法,先利用神经网络对 NLOS 误差进行校正,然后利用相应的定位算法进行定位,算法定位性能均优于未经神经网络校正 NLOS 误差的定位算法;还提出了在 OFDM 系统中基于神经网络的定位算法,在 NLOS 信道环

境下,通过 OFDM 技术克服多径干扰影响,再通过神经网络对 NLOS 误差和测量误差进行修正。算法能够有效减少 NLOS 环境下多径干扰等影响,定位精度有了很大提高,且性能稳定。

第 6 章介绍基于数据融合的移动通信网定位技术,提出 LOS 环境下的 TDOA/AOA 数据融合定位算法和 NLOS 环境下的 TDOA/AOA 数据融合定位算法,这两种算法具有较高的定位精度和可靠性,定位性能优于单独使用 TDOA 算法和 AOA 算法;提出有效减小 NLOS 传播影响的 TDOA/AOA 数据融合定位算法,该算法首先利用神经网络对 TDOA 的 NLOS 传播的误差进行修正,减小了 NLOS 的影响,然后利用数据融合算法综合利用 TDOA 和 AOA 测量数据使定位性能得到进一步提高;结合 GPS 的应用,提出一种基于 BP 神经网络的混合定位算法,该算法将基于基站的定位算法和基于 GPS 的定位算法进行结合,弥补各自的缺陷,实现对移动台的无缝定位,然后采用神经网络对混合定位算法优化,该算法能够有效降低 NLOS 误差的影响,提高了移动台的定位精度。

第 7 章介绍移动通信网跟踪技术。利用卡尔曼滤波器充分利用“过去”信息的特点,并配合检测门限提出一种 NLOS 环境下移动通信网跟踪算法,解决了移动台跟踪的高精度、高鲁棒性问题,提出基于 BP 神经网络的跟踪算法和在 NLOS 环境下基于 RBP 神经网络的 AOA 定位跟踪算法,使移动台静态定位与动态跟踪性能都得到了有效提高。

移动通信网定位技术的理论还在不断发展和完善中,其应用也在不断深化和拓展之中。由于作者水平和实践经验的限制,书中难免有疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

作者

· 2017 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 移动通信网定位技术的发展	1
1.2 移动通信网定位的主要方法	3
1.2.1 Cell-ID 技术	3
1.2.2 测距系统	4
1.2.3 测距差系统	5
1.2.4 测角系统	5
1.2.5 测距测角系统	6
1.2.6 基于接收信号指纹的定位技术	6
1.2.7 GPS 辅助定位 (A-GPS)	8
1.3 移动通信网定位服务	9
1.3.1 移动通信网定位工作流程	9
1.3.2 LBS 系统构成	10
1.4 国内外研究现状	11
第 2 章 移动通信信道特性与定位误差	15
2.1 移动通信无线电波的传播特征	15
2.2 传播路径与信号衰落	16
2.3 移动通信信道模型	18
2.3.1 典型的室外传播模型——Okumura-Hata 模型	19
2.3.2 COST231-Walfish-Ikegami 模型	21
2.3.3 LEE 传播模型	21
2.3.4 海面传播模型	22
2.3.5 室内典型模型	22
2.3.6 T1P1 (COST259) 信道模型	22
2.3.7 延时扩展 Greenstein 模型	23
2.3.8 基于几何结构的单次反射统计信道模型	23
2.4 定位准确率评价指标	24
2.4.1 蜂窝网络的拓扑结构及移动台分布	24

2.4.2	均方误差 (MSE) 与克拉美-罗下界 (CRLB)	25
2.4.3	圆/球误差概率 (CEP/SEP)	26
2.4.4	几何精度因子 (GDOP)	27
2.5	影响移动通信网定位精度的因素	27
2.5.1	非视距传播对定位精度的影响	28
2.5.2	多径传播对定位精度的影响	28
2.5.3	多址干扰对定位的影响	28
2.6	本章小结	29
第 3 章	时差定位中的模糊及无解分析	30
3.1	平面三站时差定位模糊及无解分析	30
3.1.1	平面三站时差定位模糊分析	30
3.1.2	模糊处理方法	32
3.1.3	无解研究	33
3.2	空间四站时差定位模糊及无解分析	33
3.2.1	空间时差定位算法	34
3.2.2	模糊研究	35
3.2.3	无解研究	39
3.3	本章小结	40
第 4 章	移动通信网常用定位算法	41
4.1	TDOA 定位算法 (Chan 算法)	41
4.2	最小二乘法	43
4.3	Taylor (泰勒) 级数展开算法	44
4.4	基于残差加权的 Taylor (泰勒) 级数展开 TDOA 无线定位算法	45
4.5	本章小结	48
第 5 章	基于神经网络的移动通信网定位技术	49
5.1	基于 BP 神经网络的 TDOA 定位算法	50
5.1.1	基于 BP 神经网络的 TDOA 测量值的修正	50
5.1.2	基于 TDOA 定位算法的移动台位置估算	53
5.1.3	LS 定位算法	53
5.1.4	仿真与分析	54
5.2	基于 RBF 神经网络的 AOA 定位算法	57

5.2.1	基于 RBF 神经网络的 AOA 测量值的修正	58
5.2.2	基于 AOA 的 LS 定位算法	59
5.2.3	基于 AOA 定位算法的移动台位置估算	60
5.2.4	仿真与分析	60
5.3	基于 RBF 神经网络的 TDOA/AOA 定位算法	63
5.3.1	基于 RBF 神经网络的 TDOA 和 AOA 测量误差的修正	64
5.3.2	基于 RBF 神经网络的 TDOA/AOA 定位算法的移动台位置估算	64
5.3.3	仿真与分析	66
5.4	基于 RBF 神经网络的 TOA/AOA 定位算法	69
5.4.1	基于 RBF 神经网络的 TOA 和 AOA 测量值的修正	70
5.4.2	基于 RBF 神经网络的 TOA/AOA 定位算法的移动台位置估算	70
5.4.3	仿真与分析	72
5.5	基于 BP 神经网络的定位算法	76
5.5.1	基于 BP 神经网络的定位算法的移动台位置估算	76
5.5.2	仿真与分析	77
5.6	OFDM 系统中基于 BP 神经网络的定位算法	81
5.6.1	OFDM 信号 TOA 估计	81
5.6.2	基于 BP 神经网络的 TDOA 值修正	83
5.6.3	LS 定位算法	84
5.6.4	基于 BP 神经网络的 LS 定位算法	85
5.6.5	仿真与分析	86
5.7	本章小结	88
第 6 章	基于数据融合移动通信网定位技术	89
6.1	LOS 环境下的 TDOA/AOA 数据融合定位算法	90
6.1.1	TDOA 和 AOA 测量误差模型	90
6.1.2	TDOA/AOA 数据融合定位算法	91
6.1.3	仿真与分析	91
6.1.4	本节小结	93
6.2	NLOS 环境下的 TDOA/AOA 数据融合定位算法	94
6.2.1	TDOA 和 AOA 测量误差模型	94
6.2.2	仿真与分析	94
6.2.3	本节小结	97
6.3	基于 RBF 神经网络的 TDOA/AOA 数据融合定位算法	97

6.3.1	TDOA 和 AOA 测量误差模型	97
6.3.2	TDOA/AOA 数据融合定位算法	98
6.3.3	仿真与分析	99
6.3.4	本节小结	101
6.4	基于 BP 神经网络的 TDOA/GPS 混合定位算法	102
6.4.1	基于 BP 神经网络的修正模型	102
6.4.2	TDOA/GPS 混合定位算法	102
6.4.3	基于 BP 神经网络的定位算法	104
6.4.4	仿真与分析	105
6.4.5	本节小结	107
6.5	本章小结	107
第 7 章	移动通信网跟踪技术	108
7.1	一种非视距环境下移动通信网跟踪算法	108
7.1.1	算法描述	108
7.1.2	仿真与分析	110
7.1.3	本节小结	111
7.2	基于 BP 神经网络的跟踪算法	111
7.2.1	算法描述	112
7.2.2	仿真与分析	112
7.2.3	本节小结	114
7.3	非视距传播环境下的 AOA 跟踪算法	114
7.3.1	算法描述	114
7.3.2	仿真与分析	115
7.3.3	本节小结	116
7.4	本章小结	117
参考文献		118

1.1

移动通信网定位技术的发展

无线定位技术最初是为了满足远程航海的导航等要求而产生的。现有的定位和导航系统有雷达、无线电导航系统、卫星导航系统、移动通信网定位系统等。在卫星定位系统出现之前,远程导航与定位主要采用无线电导航系统。

无线电导航系统主要有:

1) 罗兰 C: 工作在 100kHz, 由 3 个地面导航台组成, 导航工作区域 2000km, 一般精度为 200~300m。

2) Omega (奥米伽): 工作在十几千赫, 由 8 个地面导航台组成, 可覆盖全球, 精度为几英里 (1 英里 $\approx$ 1.61km)。

3) 多普勒系统: 利用多普勒频移原理, 通过测量频移得到运动物参数 (地速和偏流角), 推算出飞行器位置, 属自备式航位推算系统。误差随航程的增加而累加。缺点: 覆盖的工作区域小, 电波传播受大气影响, 定位精度不高。

卫星导航技术最早始于美国海军在 20 世纪 60 年代研制建立的名为“子午仪”的多普勒卫星导航系统 (又称海军卫星导航系统)。“子午仪”导航卫星星座由轨道面均匀分开的 4 颗或 5 颗“子午仪”卫星组成, 可使全球任何地方的导航用户在平均每隔 1.5h 左右利用卫星定位一次。其主要功用是为核潜艇和各类海面舰船提供高精度断续的二维定位。从 1960 年 4 月到 20 世纪 80 年代初, 美国共发射 30 多颗“子午仪”卫星, 形成世界上第一代卫星导航系统。“子午仪”卫星主体是八棱柱体, 高 25.4cm, 宽 45.7cm, 有一根长 22.86m 的稳定杆, 从柱体的顶部伸出, 杆子末端带有一个重约 1.36kg 的质量块。4 块矩形太阳能电池帆板从棱柱体侧面伸出, 形成十字形, 帆板长 167.6cm, 宽 25.4cm。由于该系统卫星数目较少 (5 颗或 6 颗), 运行高度较低 (平均 1000km), 从地面站观测到卫星的时间间隔较长 (平均 1.5h), 因而它无法提供连续的实时三维导航, 而且精度较低。为满足军事部门和民用部门对连续实时和三维导航的迫切要求, 从 70 年代开始, 美国国防部耗资 300 多亿美元开发研制了采用时间测距卫星导航方式的第二代导航卫星——全球定位系统 (global positioning system, GPS)。该系统为军民两用系统, 于 1993 年 12 月完成 24 颗卫星组网并投入运行 (另有 4 颗备用星), 可为全球范

围内的飞机、舰船、地面部队、车辆、低轨道航天器提供全天候、连续、实时、高精度的三维位置、三维速度及时间数据。GPS 是继“阿波罗”登月和航天飞机之后的又一重大航天科技成就，目前全世界使用的导航定位系统主要是美国的 GPS。GPS 的建成和广泛使用使卫星导航技术逐渐被人们熟悉，并孕育出庞大的卫星导航产业和相关的地理信息产业链。

1995 年，俄罗斯军方耗资 30 多亿美元自行开发了与 GPS 原理、功能十分类似的“格洛纳斯”（GLONASS），成为世界上第二个独立的全球卫星导航系统。它也由 24 颗卫星组成，但导航精度达不到 GPS 的水平，应用普及情况远不及 GPS。由于资金短缺，GLONASS 无法发射新卫星取代该替换的卫星，目前已不能独立组网，只能与 GPS 联合使用。我国从 1994 年开始自行研制建设具有自主知识产权的中国第一代卫星导航定位系统“北斗卫星导航系统”（CNSS），于 2000 年、2003 年成功发射了 3 颗“北斗一号”导航试验卫星，在此基础上建立了中国北斗导航试验系统，使我国成为世界上继美国、俄罗斯之后，第三个拥有卫星导航系统的国家；同时 CNSS 是继美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS 之后世界上第三个成熟的卫星导航系统。CNSS 空间段由 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星组成。我国正在实施 CNSS 建设，根据系统建设总体规划，2020 年左右，将建成覆盖全球的 CNSS。

为摆脱对美国 GPS 的依赖，欧洲联盟（简称欧盟）于 1999 年提出了一个旨在建立欧洲自主、独立的民用全球卫星导航系统的“伽利略”（Galileo）计划。“伽利略”导航系统总投资将达 38 亿欧元，计划发射 30 颗卫星，首颗实验卫星“GIOVE-A”于 2005 年 12 月成功发射。此外，日本也打算建立区域性的卫星导航定位系统。从目前的竞争格局来看，GPS 无疑还占据着主导地位，垄断了全球军用和民用卫星导航市场。从技术和应用前景来看，四大系统各有优劣，GPS 胜在成熟，“伽利略”导航系统胜在精准，GLONASS 抗干扰能力强，中国的 CNSS 的优势则在于互动性和开放性。

全球卫星导航产业发展迅速，经济利益巨大。欧盟的研究结果估计，发展“伽利略”卫星定位及导航技术仅在欧洲就可创造约 14 万个就业岗位，每年创造的经济收益将高达 90 亿欧元。中国卫星导航产业 2015 年的市场份额已经超过 1900 亿元人民币，成为空间技术应用中首先进入大规模产业化发展的领域之一。

卫星导航系统的出现使无线定位技术产生了质的飞跃，定位精度得到大幅度提高，精度可达 10m 以内。虽然直接利用 GPS 等全球定位系统是一种较为理想的定位方式，但是需要专用的接收机，对普通的个人用户而言应用很不方便。另一种方式是在手机中加 GPS 模块。这种方案利用了现有成熟的 GPS，通过在手机中加装 GPS 模块可以方便地了解当前的位置，还可通过短消息或无线局域网将位

置信息传送给查询者。但这种方法存在以下缺点：

- 1) 在室内或有遮挡的地区无法实现定位；
- 2) 成本高，每部手机需要增加 400~1500 元；
- 3) 耗电量增加，使待机时间大大缩短；
- 4) 体积加大，不便于携带。

因此，直接利用移动通信网定位已成为移动通信应用的一个重要方面^[1-2]。爱立信（Ericsson）、摩托罗拉（Motorola）和诺基亚（Nokia）于 2000 年 10 月成立了位置信息互用论坛（Location Interoperability Forum, LIF），其目标是在全球范围内的无线网络和终端上提供基于位置的业务。欧洲电信标准化协会（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）对全球移动通信系统（global system for mobile communications, GSM）的无线定位也提出了一系列标准。

现有的移动通信定位系统按移动通信结构分为基于接收信号指纹的定位技术^[3-4]、基于移动通信网络的无线定位^[5]、基于移动台的无线定位^[6-7]、混合定位^[8]等，按工作的环境可分为室内的无线定位和室外的无线定位。直接利用移动台进行定位的研究已经进行了很多年，近年来，随着移动通信网络的发展，移动用户数量大大增加，对位置服务的需求也显著增加，进一步推动了无线定位的研究。目前常用的无线定位技术是通过对接收到的无线电波的一些参数进行测量，根据特定的算法判断出被测物体的位置，测量参数一般包括传输时间、幅度、相位和到达角等。定位精度取决于测量的方法。移动定位系统定位精度的高低是定位技术在蜂窝网络中广泛应用的关键，但蜂窝移动通信系统的复杂信号环境却不可避免地会降低移动定位的精度，目前尚未有高精度的实用系统投入使用。

1.2

移动通信网定位的主要方法

移动通信网定位系统利用无线通信设备来确定移动台目标的坐标，在中、远距离上顺利完成各项定位任务。目前常用的定位系统采用的方式有如下几种。

1.2.1 Cell-ID 技术

Cell-ID 技术是一种最简单的定位技术，无须对手机和网络进行修改就可以向当前的移动用户提供自动定位业务，该技术根据移动台所处的蜂窝小区 ID 号来确定用户的位置，因此它的定位精度取决于蜂窝小区的半径。这种技术一般只能定位到某个基站或者基站下面的某个扇区，它的定位精度取决于基站的密集程度，定位误差一般大于 200m，属低精度定位。目前中国移动和中国联通实施的粗定位

服务基本采用这种定位方法。对于 CDMA 网络, 实现 Cell-ID 定位技术要求核心网络支持 IS41D 和 TIA/EIA/IS-848WINII Enhanced Charging Service 或 PN4747, 并增加 MPC (mobile position center, 移动定位中心)、PDE (position determining entity, 定位实体) 设备; 对于 GSM 网络, 实现 Cell-ID 定位技术要求 HLR 支持 Camel Phase II, MSC 需支持 MAP Phase II+, 并增加 GMLC (gateway mobile location center, 网关移动位置中心)、SMLC (serving mobile location center, 服务移动位置中心) 设备。

与其他技术相比, Cell-ID 定位精度是最低的, 当需要精度较高的紧急定位服务时, Cell-ID 就无法满足要求了。但是由于该技术投资较低, 因此可以让移动运营商迅速进入定位市场。在 3G/4G 网络中该技术将会与其他高精度的定位技术并存, 来完成用户不同需求的定位业务。

1.2.2 测距系统

利用电磁波测定用户与基站之间距离的系统称为电磁波测距系统。因测距的位置线是一个圆, 故又称圆系统。测距系统定位原理如图 1.1 所示。

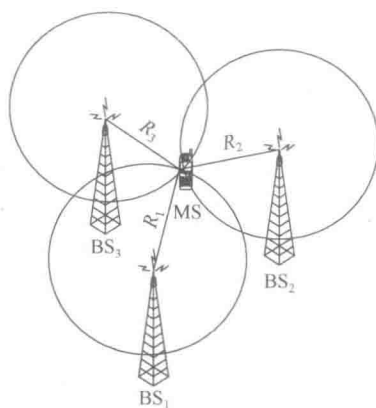


图 1.1 测距系统定位原理

MS—移动台

一个基站仅决定一条圆位置线, 这是不足以确定用户位置的。为了测出用户位置, 必须有 3 条相交的位置线, 因此必须有 3 个基站 BS₁、BS₂ 与 BS₃。由用户测出到达 3 个基站 BS₁、BS₂ 与 BS₃ 的距离 R₁、R₂ 和 R₃, 然后根据 3 条位置线的交点定出用户的位置。采用这种方法的定位技术主要有以下两种。

(1) 场强定位技术

场强定位技术是通过检测接收信号的场强值, 利用已知的信道衰落模型及发

射信号的场强值估算出收、发信机之间的距离，通过求解收、发信机之间的距离方程组来确定目标移动台的位置。在蜂窝网络中，只要在移动台对前向链路多个基站的发射信号进行场强测量或在多个基站对反向链路移动台发射信号进行场强测量，再根据有关定位算法求解测距方程组，就能计算出移动台的估计位置。但是小区基站的扇形特性、天线有可能倾斜、无线系统的不断调整及地形、车辆等因素都会对信号功率产生影响。

(2) TOA 定位技术

TOA (time of arrival) 定位技术是采用信号到达时间测量的定位技术。它是通过测量从发射机传到多个接收机的信号传播时间来确定移动用户的位置的。对于 TOA 定位技术，收、发信机之间的距离可通过测出的电波传播时间获得，和场强定位技术类似，利用相位测量、脉冲测量或扩频测距技术等多种技术进行多个 TOA 测量，再根据有关算法求解测距方程组，就能计算出目标移动台的估计位置。基于网络的定位系统中通常采用精度较高的 TOA 定位技术。TOA 要求接收信号的基站、移动台已知信号的开始传播时刻，并要求基站有非常精确的时钟。

1.2.3 测距差系统

用电磁波测定用户到两基站的距离差的系统称为测距差系统。根据几何原理可知，平面上一动点到两定点的距离差为一常数的轨迹是一条双曲线，因此这个系统又称为双曲线系统。

两个基站才能得出一条双曲线，为了测出用户位置，至少要有两条相交的双曲线。因此必须有两组基站，即 4 个基站。若只用 3 个基站，也可确定用户位置。采用这种双曲线工作方式的主要是到达时间差 (time difference of arrival, TDOA) 方法。对于 TDOA 方法，可通过直接计算 TOA 差值或广义互相关 (generalized cross correlation, GCC) 技术等方法得到 TDOA 测量值。一个 TDOA 测量值对应的是以两个接收机为焦点的一对双曲线，多个 TDOA 测量值对应的多条双曲线的交点即为目标移动台的估计位置。TDOA 定位原理如图 1.2 所示。这种方法也是目前在各种蜂窝网络中主要采用的定位方法。

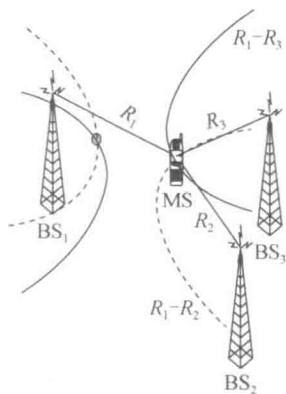


图 1.2 TDOA 定位原理

1.2.4 测角系统

用电磁波测定用户到基站角度的系统称为测角系统。基于信号到达角度

(angle of arrival, AOA) 的测角系统是一种典型的测角系统。AOA 定位原理如图 1.3 所示。

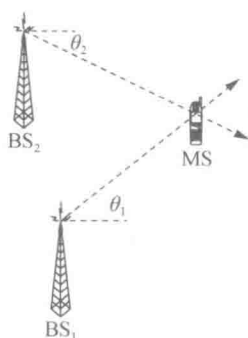


图 1.3 AOA 定位原理

AOA 方法是通过基站接收机天线阵列测出移动台发射电波的入射角，从而形成一条从接收机到移动台的径向连线，即方位线。利用多个接收机提供的 AOA 测量值，按 AOA 定位算法确定多条方位线的交点，即为待定位移动台的估计位置。这种方法不会产生二义性，因为两条直线只能相交于一点。与 TDOA 等技术的定位体制相比，AOA 定位系统结构简单，它要求每个基站的接收天线为一天线阵。为了满足定位要求，每个天线阵在一个波长范围内要有 4~12 个天线。这样，现有基站的天线就必须更换，这种费用是惊人的，运营商难以接受。除此之外，测向定位还受以下几个因素的影响：①由多径效应和各种环境因素引起的波前扭曲；②天线波束形成需要足够长的时间；③定位精度随移动台和基站之间距离的增加而下降。

1.2.5 测距测角系统

测距测角系统是测距系统与测角系统的综合系统，结合了测距系统的位置线与测角系统的径向线。该系统在近距离定位中使用很多，因为只要一个基站就可以定出用户的位置，可以省去两个以上基站相互间联系同步的麻烦。因为它以极坐标形式显示目标位置，故又称极坐标系。

1.2.6 基于接收信号指纹的定位技术

基于接收信号指纹的定位系统如图 1.4 所示，它是通过对多径效应的实际测量，建立位置指纹数据库，将需要定位的用户实测数据与位置指纹数据库进行对比来确定用户的实际位置的一种技术。它的实施一般分为两个阶段：第一个阶段为离线阶段（数据采集阶段）或者称学习阶段，该阶段主要的工作是采集所需定

位区域的各位置的信号强度或多径相角分量功率或多径迟延分量功率等数据形成位置指纹数据库，每一个指纹信息对应一个特定的位置；第二个阶段为实时阶段（用户位置确定阶段），该阶段通过接收机测定用户实时数据信息，然后采用相应的匹配算法来确定与指纹数据库的哪一条数据相匹配，从而得以确定用户的实际位置。基于接收信号指纹的定位技术克服了常用的无线定位技术受非视距（non-line-of-sight, NLOS）传播、多径效应和各种噪声干扰的影响，定位精度低的缺点，在特定区域内可获得非常高的定位精度。用户的设备也不需要改动，时间的同步等问题也不敏感，是一种较为理想的定位方式。主要的问题是需要对定位区域做详细的测量，建立庞大的数据库，因此前期的测绘工作周期和投资较大。当定位区域环境发生变化，如新建筑的出现、旧建筑的拆除、室内布置的更改等时都需要重新测量，建立新的指纹信息，因此不适用于环境变化较大的区域。

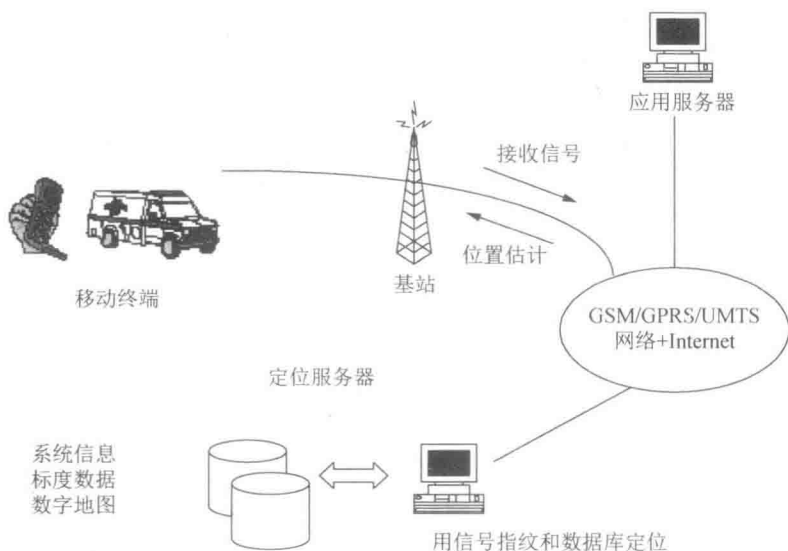


图 1.4 基于接收信号指纹的定位系统

基于接收信号指纹的定位技术的定位精度主要取决于测量栅格的大小和网络密度，如何合理地划分测量栅格也是尚待研究的一个课题。根据所选的指纹信息不同，目前主要有以下几种定位系统。

（1）室内指纹定位系统

室内指纹定位系统主要用于室内用户的定位或追踪，它采用了无线局域网（wireless LAN, WLAN）技术，指纹信息来自于 3 个接入点的接收信号强度，采用欧几里得距离（Euclidean distance）匹配算法来确定用户位置，位置指纹数据库中用户实时信号强度信息的欧几里得距离最小的那条信息对应的位置即为用户

位置。

(2) 接收信号强度指纹定位系统

接收信号强度指纹定位系统主要用于室外用户的定位或追踪,它基于 GSM 蜂窝系统,指纹信息来自于 7 个基站(服务小区和 6 个信号最强的相邻小区)的接收信号强度,采用单相关匹配算法来确定用户位置。

(3) 多径相角分量功率指纹定位系统

多径相角分量功率指纹定位系统主要用于室外用户的定位或追踪,它基于蜂窝系统,指纹信息来自于每个小区一个阵列天线的多径相角分量功率,采用欧几里得距离匹配算法来确定用户位置。

1.2.7 GPS 辅助定位 (A-GPS)

采用 GPS 直接对 MS 定位,首次定位可能需要 10min 左右的时间,因此对于像 E911 (110) 这类业务,是不允许的。利用辅助 GPS 作定位,传输一些辅助数据,可以大大缩小代码搜索窗口和频率搜索窗口,使定位时间降至几秒。A-GPS 是网络辅助 GPS,如图 1.5 所示。它使用固定位置 GPS 接收机获得移动终端的补充信息数据,辅助数据使移动用户接收机不必译码实际消息就可以进行定时测量。固定 GPS 接收机一般距离间隔为 200~400km,形成一个网络。

A-GPS 大大减少了移动用户 GPS 接收机计算位置所需的时间。未利用辅助信息时,首次俘获目标时间(time-to-first-fix, TTFF)需要 20~45s;利用辅助信息时,TTFF 降至 1~8s。辅助数据可以每小时广播 1 次,因此,提供辅助数据对网络造成的影响很小。

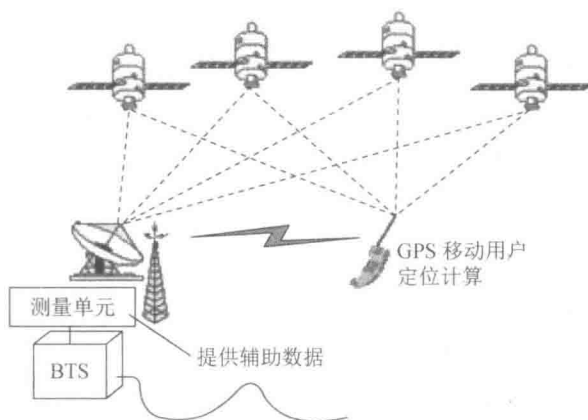


图 1.5 GPS 辅助定位系统

BTS—基站收发台