

CDMA系统中的无线定位技术

Wireless Positioning Technology for CDMA System

严斌峰/YAN Bin-feng

张智江/ZHANG Zhi-jiang

(中国联合通信有限公司, 北京 100032)
(China Unicom Co. Ltd., Beijing 100032, China)

中图分类号: TN929.5 文献标识码: A 文章编号: 1009-6868 (2006) 01-0046-05

1996年,美国联邦通信委员会(FCC)要求移动运营商为用户提供紧急求援(E-911)服务,用来为呼叫者提供即时救援,这就是位置服务的开始。此后日本、德国、法国、芬兰等国家纷纷推出各具特色的商用位置服务。如今位置服务正在迅速发展,它的巨大魅力在于能及时、准确地把地址信息发送给需要位置信息的人,同时还可以对终端进行定位,对位置进行实时监测和跟踪,因而在移动通信领域具有广泛的应用前景^[1-3]。本文主要讨论CDMA系统中采用的定位技术。

1 三种定位方案

1.1 基于网络的定位方案

基于网络的定位方案由多个基站(BS)同时检测移动台(MS)发射的信号,通过处理各接收信号中携带的与移动台位置有关的特征信号,计算出移动台的位置。由于受非视距(NLOS)、多径效应、各种干扰噪声和

蜂窝结构的影响,定位精度并不能得到保证,甚至不能保证定位。虽然各种定位技术,如基于信号到达角度的定位技术、基于信号到达时间差(TDOA)的定位技术均能在一定程度上改善定位精度,但需要对整个网络的软硬件进行专门的改造,因此投资较大。

基于网络的定位技术主要有:蜂窝小区标识(CELL-ID)、到达时间/到达时间差/可观测到达时间差(TOA/TDOA/OTDOA)。

1.1.1 CELL-ID定位技术

CELL-ID定位技术是最简单的一种技术。它被现有蜂窝网络支持,而且终端侧和网络侧都不需任何修改。但是这种技术只能将移动终端定位在服务小区的覆盖范围内,因此定位精度比较低。当小区的覆盖半径很大,而用户处在小区边缘附近时,所测量的定位偏差将很大。而对于覆盖半径很小的小区,例如在微蜂窝覆盖的室内分布系统中,定位可以达到一

摘要: 位置服务能提供地址信息,进行终端定位、实时监测和跟踪。要及时准确地提供位置服务就需要选择合适的快速实现精确定位的方案。实现CDMA无线定位主要有3种方案:基于网络的定位方案、基于移动台的定位方案、GpsOne技术方案。3种方案的定位精度、可用性、定位时间、保密性和实现成本不同,采用哪种方案需要结合具体的网络情况统筹考虑。网络结构、信息承载协议、信息传输方式是实现无线定位系统的基础,具体实施时有不同实现方式,有些细节需要运营商自行制订规则。

关键词: 码分多址; 定位技术; 无线定位; 移动定位中心

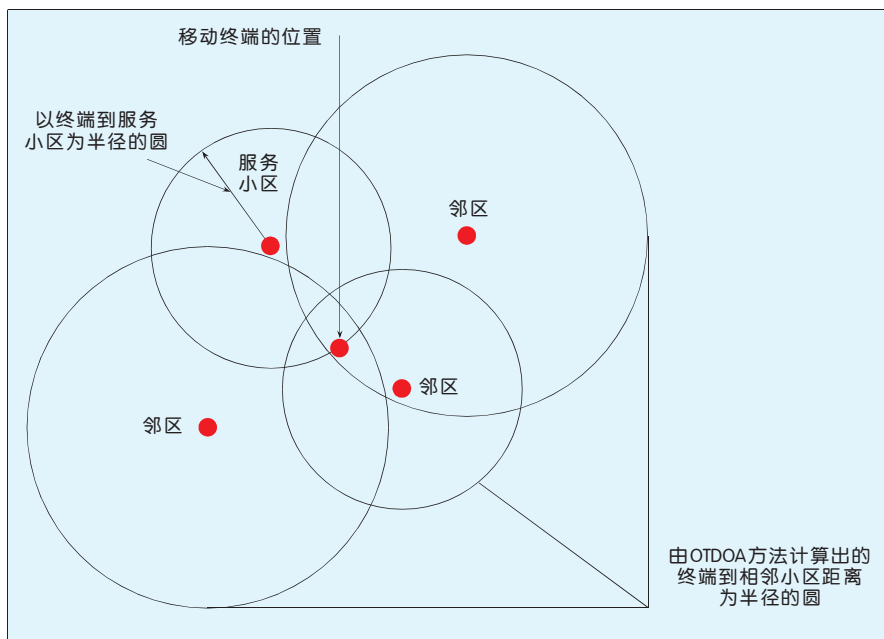
Abstract: Location services provide address information, and make terminal positioning and real-time detection and tracking. A solution to quickly-implemented and high-precision positioning is necessary for timely and accurate location services. There are 3 solutions to wireless positioning in the CDMA system. One is based on the network, the second on the mobile station, and the last on GpsOne technology. They are different in positioning precision, usability, positioning time, security and implementation cost. Therefore, they should be selected and applied according to specific requirements of networks. Based on network architecture, message bearing protocols and message transport modes, the implementation of the wireless positioning system has different models. Therefore, it is necessary for operators themselves to make rules of some details in the implementation.

Key words: CDMA; positioning technology; wireless positioning; mobile positioning center

定精度。

1.1.2 TOA/TDOA/OTDOA定位技术

TOA是一种基于反向链路的定位方法,通过测量移动台信号到达多个基站的传播时间来确定移动用户的位置。只需3个以上的基站接收到移动台的信号,就可以利用三角定位算法计算出移动台的位置。TOA定位精



▲图1 OTDOA定位系统

度与基站的地理位置分布关系很大,当球体之间相交角为90度时精度最高。但它对接收器的误差没有进行处理,误差较大。

TD OA是另一种基于反向链路的定位方法,通过检测移动台信号到达两个基站的时间差来确定移动台的位置。由于移动台定位于以两个基站为焦点的双曲线方程上,确定移动台的二维位置坐标需要建立两个以上双曲线方程,也就是说至少需要3个以上的基站接收到移动台信号。两个双曲线的交点即为移动台的二维位置坐标。TD OA方法不要求知道信号传播的具体时间,还可以消除或减少在所有接收机上由信道产生的共同误差,通常情况下定位精度高于TOA方法。但由于功率控制造成离服务基站近的移动台发射功率小,使得相邻基站接收到的功率非常小,造成比较大的测量误差(即相邻基站的信噪比太小带来的测量误差)。针对这种情况目前已有了一些解决办法,如在紧急求援呼叫时将移动台发射功率瞬间调到最大,可以提高定位精度(但会对CDMA网络的容量有一定程度的影响)。

OTDOA是根据3个基站与移动终端信号传播的时间差值进行定位的技术。OTDOA 3点定位系统如图1所示。实际上该定位系统是三维的,但由于在一般情况下垂直方向上的差别与小区半径相比非常小,因此通常忽略不计。移动终端向网络发送系统帧号间可观察到到达时间差(SFN-SFN OTDOA)测量值。测量值包含测得的服务小区和邻近小区的定时差值。

由于网络已知服务小区到移动

终端的传播延迟,因此可以将移动终端提供的OTDOA测量值转换为O-TOA,从而估算出基站到移动终端的距离。图1中不同圆的交点就是估算出来的终端位置。由于存在测量误差,这些交点不在同一点上。

1.2 基于移动台的定位方案

基于移动台的定位方案来自于全球定位系统(GPS)。移动台接收多个(通常为3~4个)GPS卫星发射的信号,根据这些信号中携带的与移动台位置有关的特征信号确定其与各卫星之间的位置关系,再通过某种算法对自身位置进行定位估计。该方法存在一些缺点:因为要保证接收卫星信号,所以在室内及市区有高楼阻挡的情况下应用受限;移动台冷启动的时间较长,实时性得不到满足;移动台耗电量较大。

下行链路空闲周期/前向链路三角定位(IPDL/AFLT)是在CDMA系统中采用的定位技术。IPDL/AFLT定位系统如图2所示。

IPDL运用于WCDMA系统中,被当作解决可听性问题的有效方法。在应用IPDL技术的系统中,每个基站在预定的很短的时间内停止发射,从而在它的覆盖范围内产生了一个低干扰的测量时段。IPDL通过削弱最强的干

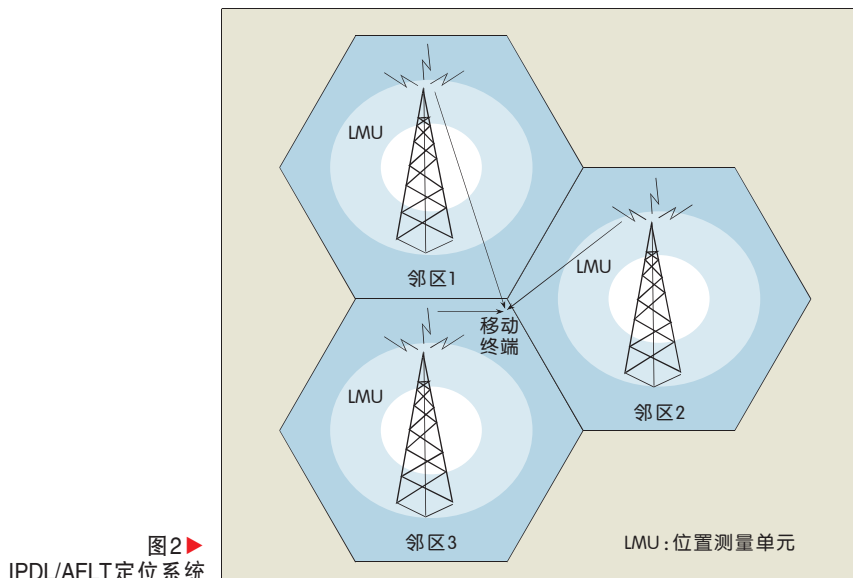


图2 ▶
IPDL/AFLT定位系统

扰信号来提高服务基站的信号干扰比(SIR)。在CDMA蜂窝系统中,移动终端测量它所能接收到的附近基站的定时信息,并以其中的一个基站作为参考基站(例如信号最强基站),然后计算出其他测量基站和这个参考基站之间的定时偏差,从而获得测量的TDOA值,最后用TDOA值计算出终端的位置。由于WCDMA网络是同步的,可以通过位置测量单元(LMU)来估计突发脉冲的到达时间并将它报告给网络,或者使用GPS来同步这些基站。

AFLT运用于CDMA2000系统中,是一种基于前向链路的定位方法。在进行定位操作时,手机同时监听多个基站(至少3个基站)的导频信息。利用码片时延来确定手机到附近基站的距离,最后用三角定位法算出用户的位置。AFLT与IPDL有着相似的机制,不过它使用GPS定位所有的基站,不需要LMU。AFLT需要在网络中增加新的实体,利用导频信息算出移动台的位置。这些实体包括定位实体(PDE)和移动定位中心(MPC)。PDE获得导频信息的方式主要有两种:

(1)导频信息按照IS-801协议定义的传送方式传送给移动交换中心(MSC),再由MSC传送给PDE,这种方式需要移动台新增支持IS-801协议的功能。

(2)利用A接口的消息,将用于定位的参数传送给MSC,再由MSC传送给PDE。这种方式,不需要移动台支持IS-801协议,但需要A接口支持这些参数的传输(即A接口已经定义了传送这些参数的消息)。

AFLT需要移动台软件升级,同时,根据PDE获得导频信息方式的不同决定移动台是否需要支持IS-801协议,网络侧是否需要支持IS-801协议。定位算法可以放在移动台上或者网络侧,其定位精度介于小区识别和GPS定位技术之间,定位精度一般在200~400 m,最高可达到100 m。影响精度的主要因素是基站密度和地形环境,在大城市基站密集的地方,由

于基站密度高,定位精度相对高。

1.3 GpsOne定位方案

在郊区和农村,由于基站密度低,移动台通常只与一个基站保持联系,从而导致基于网络的定位方案无法实现;然而此时GPS接收机可以接收4个甚至4个以上卫星的信号。相反,在建筑物密集的城区和室内,GPS接收机一般接收不到卫星信号,但正好有多个基站可以检测到移动台信号。结合两种定位方案优点的无线辅助全球定位系统(WAG)可以很好地在各种环境下工作,同时也可以保证实时性要求。

GpsOne是由美国高通公司提出的一种无线辅助全球定位系统和高级前向链接三边测量(AFLT)技术相结合的技术,它是在WAG基础上发展起来的。AFLT仅被CDMA网络支持,能利用CDMA系统的GPS时间采集技术,以及先导阶段偏移量(即AFLT的测量值)、导频信号强度、服务基站往返延迟值等参数,其中利用先导阶段偏移量参数定位的精度为15.26 m。AFLT需要精确的基站参数(包括基站的经纬度及高度、先导阶段偏移量和往返延迟校准值等参数)。

GpsOne技术方案与WAG相比定位更加精确,同时可用于室内定位。GpsOne定位过程分两步完成:先用AFLT定位,以支持全球定位系统和灵敏度辅助数据计算;然后将基于移动台的测量数据与定位实体数据巧妙地结合起来,排除可能增加的定位误差值。GPS和AFLT混合定位技术有机

▼表1 三种定位方案的比较

性能	方案	基于网络的定位方案	基于移动台的定位方案	GpsOne技术方案
精度/m		50~500	3~200	3~50
可用性		在多路方面有严重的局限性,在乡村使用性能差	灵敏度较低,任何遮挡都会使定位能力下降或丧失	极好,能够在高度遮挡环境中定位
首次定位所需时间		在所有呼叫环境均为几秒钟	可变,从30 s到15 min,取决于呼叫环境	在所有呼叫环境均为几秒钟
保密性		不保密	保密	保密
成本		成本高	一般集成度较低,成本较高	集成度高,成本低

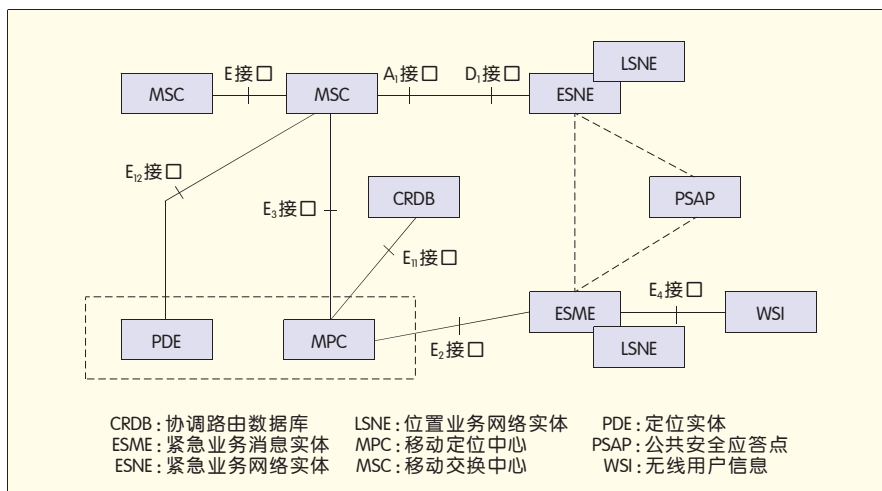
地结合了基于网络的非GPS技术和基于GPS的网络辅助定位技术的优点,是目前CDMA系统采用的主流技术。对于配置GPS接收机的移动台,可以先采用无线辅助GPS定位,在移动台无法接收到GPS卫星信号的地方(如室内)可以采用AFLT技术进行定位,从而提高定位精度(在室外环境下定位精度为5~50 m),扩大定位范围,并且缩短定位时间。

对于基于网络的定位方案、基于移动台的定位方案和GpsOne定位方案表1进行了性能比较。

2 无线定位系统的网络结构

无线定位系统是在原有移动通信系统上增加一系列功能实体来完成的,其中主要有定位实体和移动定位中心功能实体,通常把这两个功能实体称为定位子系统。定位子系统是整个定位服务的核心部分,由它向用户提供准确的定位信息。定位子系统是一个可扩展的开放式系统,它与具体的业务应用相分离,可应用于不同的无线网络(如CDMA、GSM)。定位子系统还新增了如下功能实体:协调路由数据库(CRDB)、紧急业务网络实体(ESNE)、紧急业务消息实体(ESME)、位置业务网络实体(LSNE)、位置业务消息实体(LSME)、公共安全应答点(PSAP)和无线用户信息(WSI)等。无线定位系统的网络结构如图3所示。

定位实体通过计算产生定位信息,因此它是整个定位系统的核心。定位实体能够根据移动台的定位服务要求选择定位处理方案,根据测量



▲图3 无线定位系统的网络结构

信息和数据计算用户的位置,支持IS-801协议,以七号信令方式与MPC和MSC相连。定位实体还提供多路移动台通话管理、实时全球定位系统基准数据输入、实时定位记录及显示等控制功能。移动定位中心是一个基于标准的网络实体(基于2G到3G的GSM和CDMA标准),能够在特定网络里获取、传递、存储和控制位置信息;接收来自移动交换中心、紧急业务消息实体、位置业务消息实体等使用位置信息的应用实体的定位请求,进行必要的处理后将请求发给定位实体;接收定位实体提供的定位结果,再将定位结果发给移动交换中心、紧急业务消息实体、位置业务消息实体等应用实体;移动定位中心完成对用户的鉴权和认证,可以限定对位置信息的访问。移动定位中心以七号信令方式与其他功能实体相连,是一个用于多种定位技术管理的软件包。作为一个开放的软件开发平台,它提供了定位技术和定位服务提供商的标准应用编程接口(API)。移动定位中心还是一个定位数据库,存储了包括时间、经度和纬度等一系列数据,支持辅助GPS和CDMA网络实现的AFLT定位技术。移动定位中心管理运营商信息和定位应用服务的定位数据,并从定位应用服务内容中提取定位实体的摘要。它有效地分离了定位技术和定位应

用,可灵活地适应新技术和新业务的增长。移动定位中心由位置管理器组成,位于可缩放、安全可靠的平台上,允许无线运营商管理多个定位实体。一个移动交换中心只能与一个移动定位中心相连,但一个移动定位中心能同时服务于多个移动交换中心。一个定位实体只能和一个移动交换中心相连,但一个移动定位中心能与其覆盖区域内的多个定位实体相连。位置业务消息实体、位置业务网络实体与紧急业务消息实体、紧急业务网络实体类似,都属于位置信息应用实体,不同之处是紧急业务消息实体和紧急业务网络实体是专门用来支持紧急业务的,其中紧急业务网络实体主要处理语音接续,紧急业务消息实体负责信令流程及报警用户位置信息的索取。无线用户信息用来为紧急业务消息实体和位置业务消息实体提供无线用户信息,协调路由数据库实现位置坐标的转换,将用户的经纬度转换为文字。公共安全应答点是紧急服务呼叫的终止端点,负责回答紧急服务呼叫。

3 定位信息的承载协议

移动台与定位实体之间的定位信息以IS-801协议来承载。IS-801协议基于美国电信业协会/美国电子工业协会(TIA/EIA)制订的双模扩频系

统位置服务标准,规定了各种位置消息。按IS-801的通信发起方式划分,通信流程包括由移动台发起的移动台发起(MO)方式和由定位实体发起的移动台终止(MT)方式两种。下面以GpsOne技术方案为例说明这两种通信发起方式。

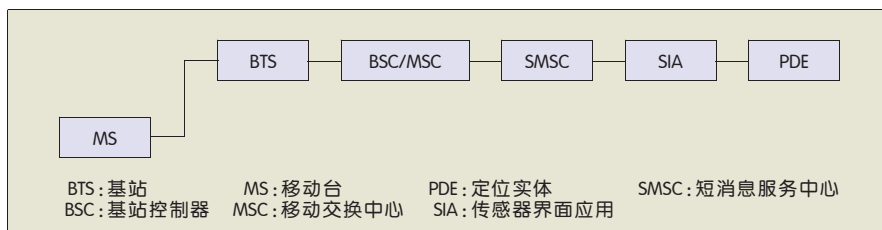
3.1 移动台发起方式

MO方式下的通信流程由4个IS-801信息组成。

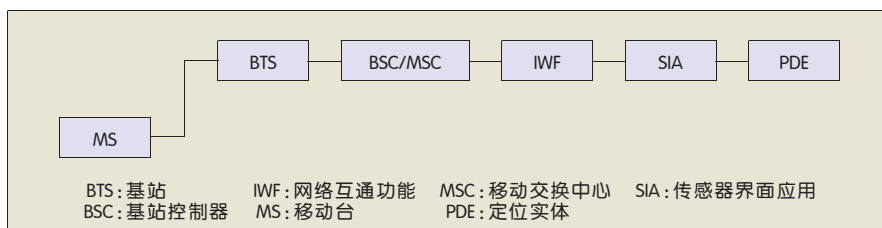
(1) 移动台向定位实体发送第一个IS-801信息。单一的IS-801信息中包含两个移动台响应要素和两个移动台请求要素。响应要素中,一个用来提供移动台信息,定位实体可利用该信息启动通话并开始IS-801处理;另一个用来提供先导阶段测量,定位实体可用来采集增强的全球定位系统信号和全球定位系统灵敏度数据,还可以提供初始定位预估,在没有全球定位系统卫星在位探测时,可以提供临时定位特定值。请求要素中,一个用来请求全球定位系统信号采集支持,另一个用来请求全球定位系统灵敏度支持。

(2) 定位实体向移动台返回一个IS-801信息,即第二个IS-801信息。在这个IS-801信息中包含两个定位实体响应要素和两个定位实体请求要素。响应要素中,一个用来提供全球定位系统信息采集支持,另一个用来提供全球定位系统灵敏度支持;请求要素中,一个用来请求伪距测量,另一个用来请求先导阶段测量。

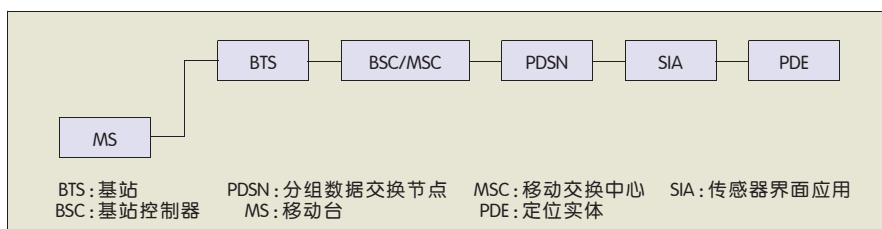
(3) 移动台再向定位实体发送一个IS-801信息,即第三个IS-801信息。第三个IS-801信息中包含两个移动台响应要素和一个移动台请求要素。响应要素中,一个用来提供全球定位系统伪距测量,该信息携带GpsOne技术的无线辅助全球定位结果;另一个用来提供先导阶段测量,该信息携带GpsOne技术网络部分(即AFLT)的结果。请求要素用来请求定位响应,该请求的目的是使移动台获得定位实



▲图4 SMS实现方式



▲图5 IWF的TCP/IP实现方式



▲图6 CDMA2000情况下的TCP/IP实现方式

体的定位结果。

(4) 定位实体向移动台发送一个IS-801信息,即第4个IS-801信息。第4个IS-801信息中仅包含一个定位实体响应要素。该响应要素提供定位响应,定位实体发回定位结果,这是定位API将发回给浏览器的定位信息。

3.2 移动台终止方式

MT方式下通信流程中的IS-801信息与MO方式中的完全一样,只不过它是由定位实体发起的,整个通信流程由5个IS-801信息组成,具体信息组成本文不再描述。

4 定位信息传输系统的实现

定位信息传输系统是一个在移动台和定位实体间传送IS-801协议信息的通道。目前有通过短消息业务(SMS)方式实现和TCP/IP方式实现两种方案。

短消息业务实现方式如图4所

示。这种方式只适用于由移动台发起定位服务的情况,同时移动台必须具备短消息业务定位功能,传感器界面应用(SIA)也必须支持短消息服务中心(SMSC)的通信。短消息服务中心能给定位信息指定比普通短消息更高的优先级,使两者得以区分。有一点要注意,IS-801规定其单个定位信息最长为200字节,而短消息最长报文长度由报文传送单元最大帧直接得到,为140字节。当IS-801信息长度大于短消息长度时,是将IS-801信息拆分为两个短消息传送,还是将两个短消息进行粘接来承载IS-801信息,其标准由运营商来制订。

通过TCP/IP方式实现可分为两种具体方式。通过电路域网络互通功能(IWF)实现,移动台在经过基站(BTS)、基站控制器(BSC)、移动交换中心后,再通过网络互通功能、传感器界面应用与定位实体相连,如图5所示。通过分组域设备实现(CDMA2000情况下),

移动台通过分组数据交换节点(PDSN)、传感器界面应用与定位实体相连,实现在移动台与定位实体的TCP/IP连接上承载IS-801信息,如图6所示。

5 结束语

本文分析了几种无线电定位技术及定位算法,在此基础上讨论了在CDMA蜂窝网中实现定位的信号选择、精度分析等具体问题。CDMA定位系统的定位精度高,采用哪种定位系统需要综合考虑经济、网络演进方向等因素。由于CDMA无线定位技术的应用还处于初始阶段,其巨大的市场潜力需进一步挖掘。

6 参考文献

- [1] Parkinson B W, Spilker J J. Global Positioning System: Theory and Application[M]. Washington (DC, USA): American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996.
- [2] Kangas A, Asplund H, Fischer S. Evaluation of Positioning Measurement System[R]. T1 P1. 5/98-110. 1998.
- [3] Thomas N J, Cruickshank D G M, Laurenson D I. Performance of a TDOA-AOA Hybrid Mobile Location System[A]. Proceedings of 2nd International Conference on 3G Mobile Communication Technologies[C]. London (UK), 2001. London (UK): IEEE, 2001. 216-220.

收稿日期:2005-09-02

作者简介



严斌峰,清华大学毕业,博士。现工作于中国联合通信有限公司技术部,专注于3G业务和核心网的研究工作。



张智江,中国联合通信有限公司技术部总经理,教授级高工、博士后,中国“863”计划信息安全专家组成员。主要研究方向为计算机与通信网络、网络安全。