

# 基于手机信息的居民出行调查

刘 森, 张小宁, 张红军

(同济大学, 上海市 200092)

**摘 要:**居民出行数据是交通规划中最重要的基础资料之一,但在传统居民出行调查中该数据的获取耗时长、成本高、自动化程度低,完全不能满足现行中国蓬勃的城市建设、规划的需要。该文提出了“person as sensor”的概念,也就是把居民日常使用的通讯工具——手机作为检测器,利用手机在居民使用过程中产生的大量位置和时间信息进行居民用户调查。该方法对现有的无线网络和手机都不需要进行任何修改,并且一旦实施将能够获取居民出行的实时数据。

**关键词:**居民出行调查;起讫点;无线定位技术;手机;用户检测器

**中图分类号:**U491.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)03-0018-04

## 0 前言

起讫点调查(OD 调查)由居民、车辆和货物流通出行调查三种类别组成。其中居民出行调查包含城市居民和流动人口的出行,调查内容包括出行目的、出行时间、出行距离以及出行起讫点等信息,是世界各国开展交通调查最常用的方式之一<sup>[1][2]</sup>。居民出行 OD 数据,通过统计城市居民在一定时间和空间范围内的交通、社会属性,能有效地揭示城市居民出行的内在规律,反应出交通的产生、分布等丰富的社会交通需求信息,同时也是交通建设、管理、规划、评价和预测不可或缺的依据。然而,传统的城市居民出行调查方法受到抽样率,耗时,工作量等因素制约<sup>[3]</sup>,所以尽管存在交通规划工作对该数据的大量需求,一般也只是在城市需要进行大规模规划建设前夕才进行。

近年来得益于手机在各国的广泛使用,以及无线定位技术的不断发展,利用手机使用中不断

产生的位置和时间信息进行居民出行调查已经逐渐成为可能,引起包括发达国家在内的各国研究人员的兴趣和重视<sup>[4][5]</sup>。

本文根据在相关公司工作的经验,就使用手机信息来进行居民调查的思路和优势等问题进行探讨。

## 1 居民出行调查回顾

### 1.1 传统出行调查方法

居民出行基础数据的获得,传统上的方法是通过大范围的人工调查,如家访、电话询问、明信片、职工询问和月票调查等方法。这种人工获取居民出行数据的方式涉及众多单位和人员的安排,实施前需要进行较长时间的筹备,包括人员培训、小区划分、表格设计、实施时间和抽样率确定等众多细节。居民出行调查的每一个步骤都很关键,如果疏忽大意或考虑不周,则将直接影响调查的最终结果<sup>[3]</sup>。同时,经过经验观察家访调查方法(包括衍生而来的 Mail, Web 等方法),最大的缺点来自于所谓的 non-response effects,也就是拒绝访问影响,并且访问时间越长越严重。另外调查数据的

作流程、强化岗位职责等方面的探索和实践,有以下体会:

(1)企业管理者应洞悉自身发展中存在的关键问题,研究解决问题的途径和方法;

(2)企业的管理者应紧扣新技术发展的脉搏,用先进理念与手段管理企业的发展;

(3)信息化整合的理念是提高管理实效的指导思想,企业应结合自身人力资源特点、信息储备机制与容量、组织机构发展趋势等诸多因素,策划设计并组织实施人性化的、简洁明了的生产与质量综合管理系统,并不断丰富和完善,最终构建生产管理与技术质量管理的科学模式,以最大限度挖掘企业资源的潜力。

## 4 结论

在信息化时代,计算机与网络技术的发展,促进了各类新的经济形式的诞生,也催生了企业理念、管理思想与管理形式的出现。尽管设计咨询行业的主要任务是制造产品、设计产品和咨询成果,保证产品的质量是第一要务,但产品是靠管理来产生的,管理理念与管理手段是体现一个企业先进性的重要标志。以往的管理方式虽然仍在发挥着重要作用,新技术的发展则为最大限度地挖掘管理的价值,提高管理的效率创造了条件,探索和研究新的、切合自身特点的管理方式有着非常重要的现实意义。经过一年来在理顺工

收稿日期:2006-12-19

作者简介:刘森(1982-),男,湖北人,硕士,从事智能交通、交通评价和分析等研究工作。



质量和可靠性,也会受到记忆力和随机性等因素的影响。综合来看,传统居民出行调查方法在以下五个方面有所欠缺:

(1)在较长的时间范围里进行,比如一个星期或一个月。

(2)在较大的空间范围里进行,比如一个大城市、省甚至国家。

(3)得到足够的数 据,比如用以生成较精确的 OD 矩阵。

(4)数据可靠性,比如确切的得到人们一天里的出行数量。

(5)数据的精确度,比如在得到准确的出行的时间和位置数据,甚至路径数据方面。

1.2 GPS 辅助的出行调查方法

随着 GPS 的民用化推进以及计算机处理技术的提高,许多研究者开始关注将 GPS 设备用于居民出行调查的新方向,因为 GPS 设备能够提供精确的位置信息以及时间信息。在 1997 年,美国首先开始使用 GPS 设备对驾驶者的出行行为数据进行分析<sup>[6]</sup>,随后,这种方法迅速拓展到包括个人出行的所有的出行形式调查中<sup>[7][8]</sup>。受制于需要额外添加设备、室内无数据、数据收集方式等因素,制约着 GPS 设备用于居民出行调查的大量开展,而基本上都停留在研究或小规模使用层面。

1.3 基于手机信息的用户出行调查

为达到通话的需要,手机在开机状态中需要实时和附近基站(base station)保持联系,无线运营商通过基站与手机通信的原理,加上技术手段可以获取到手机即时的位置和时间信息,也就是说利用手机也能得到与 GPS 设备类似的位置和时间信息,这种相似性使得 GPS 方法对于利用手机信息作为出行调查手段具有很好的参考性。但除了数据类型等方面的相似性以外,两者间也存在着诸多不同<sup>[9]</sup>,不同点主要体现在定位精度、室内影响、数据采集便利性等方面,见表 1。

表 1 GPS 与手机定位技术比较

定位技术	定位精度	是否受室内影响	数据采集的便利性	其他辅助信息
GPS	5~100 m	是	低	无
手机	≥60 m	否	高	有

从表 1 可以知道:(1)手机定位精度要弱于 GPS 设备,但随着手机定位技术的迅速发展,手机信息用于居民出行调查的方法具有良好的扩展性。(2)在大城市进行居民出行调查,不可避免受到高楼以及室内因素的影响,这方面问题手机设备则不存在。(3)数据抓取的便利性。手机信息调

查的方法是利用手机作为通信手段而衍生出来的定位功能(这里指 Cell-ID 技术),不需要对既有网络和手机进行修改,海量数据可以从网络运营商处利用数据库完全自动化的获取,而 GPS 方法需要另外购置设备,并且数据的回收工作比较复杂。(4)手机信息用于居民出行调查,除了可以提供与 GPS 设备类似的时间、位置信息外,它还能提供手机的状态信息(或是用户的行为信息),比如开机、关机、发短消息、主叫还是被叫等。所以如果能合理分析手机使用行为,甚至能够从海量的居民手机信息中得到城市的某些基础信息。

2 手机信息作为居民出行调查手段

传统交通检测器,包括磁感应线圈、红外线、雷达测速仪等,其中磁感应线圈的应用最广泛。考虑到感应线圈的埋设、维护和高成本因素,以及对交通检测设备日益增长的需求,奔驰公司的交通工程师曾提出了“car as sensor”的概念——道路上每一运行的车辆同时作为交通检测器,同步向中心数据库报告周围的交通流、路面状况等数据;同时中心数据库可以向用户提供这些即时的信息。其核心是在运行车辆上装备具有通讯功能的无线设备。具有检测器功能的车辆越多,中心数据库提供的交通等信息也就更准确,更有价值<sup>[10]</sup>。

“person as sensor”的概念,也就是说每一位居民在出行的同时,也是居民出行检测器,可向数据库同步报告位置和时间等数据;同时中心数据库可以由此实时得到社会居民出行行为的基础信息。出行者需要的无线终端设备——手机,已经在世界各地尤其是中国的大城市得到了很好的应用。

2.1 手机的广泛使用

由于近 10 年来中国电信事业的快速发展,手机用户在全国快速增长,尤其是在大中型城市。以上海为例,截止到 2006 年 6 月,上海移动手机用户突破 1000 万,加上上海联通的 500 多万手机用户,上海的手机用户数目前已经超过 1500 万,按照上海市 1778 万常住人口计算手机普及率已经超过 84%。占上海人口比例最高的 18 岁以上、65 岁以下的人群中,手机的普及率已超过 100%,这意味着上海最富有流动性的年龄段中,每人拥有 1 部以上手机,手机已经成为寻常百姓不可或缺的日常通讯工具<sup>[11]</sup>。

2.2 手机定位技术及发展

美国从 1995 年起,比例超过 30%的求救电话是通过手机拨出的,且此比例不断上升,针对



这种情况,美国联邦通信委员会(FCC)颁布了E911法规,目的是提高无线911服务的可靠性,通过确定无线E911呼叫者的位置来提供迅捷的紧急救援。FCC的E911法规针对的对象是所有拥有无线牌照、宽带通信服务(PCS)牌照或者专业移动电台(SMR)牌照的运营商。在FCC第二阶段的规范中对无线运营商的网络定位功能做了规定,比如精度在50~300m(视不同的技术而定)<sup>[9][12]</sup>,详见表2。

表2 FCC 对手机定位技术精度要求

定位方式	67%的定位精度(单位:m)	95%的定位精度(单位:m)
基于手机终端	<50	<150
基于网络	<100	<300

在FCC的推动下,基于手机的定位技术发展十分迅速,现在已经涌现了多种不同的定位手段。目前,普遍使用的移动定位技术主要有四种:基于无线网络的CELL-ID、基于基站的TOA/TDOA技术、基于终端的EOTD技术,和网络与终端混合的A-GPS技术。其中EOTD技术属于过度技术,以后会被TDOA等技术代替。不同定位方式参数比较见表3。

表3 不同定位方式参数比较

技术方案	定位方式	定位精度	运营商 投资	终端改造 要求	室内 覆盖	技术 复杂度
CELL-ID	基于网络	100 m~30 km	低	不需要	可以	低
TOA/TDOA	基于网络	60~150 m	高	不需要	可以	高
A-GPS	混合定位	10~50 m	中	需要	受限制	中

### 3 基于手机信息的居民出行调查方法

#### 3.1 框架设计

基于手机信息的数据采集系统,框架和数据流,见图1。输入数据有原始手机数据、手机使用行为分析数据以及GIS基础数据,最终获取的就是O、D以及相关的时间数据,以之为依托可以对居民出行行为进行深入分析。

原始手机数据来源于无线网络运营商,可以通过信令解析获取;随后经过去噪等数据过滤操作;然后根据无线网络的基站编号Cell-ID(针对Cell-ID技术),结合手机使用行为分析参数来判断得到居民出行的起点(O点)、终点(D点)以及相应的时间信息;接着结合无线网络小区划分GIS基础数据与需要考察的TAZ(Traffic Analysis Zone)对应关系作关联,就可以得到基于交通分析小区划分的O、D点以及时间信息等。

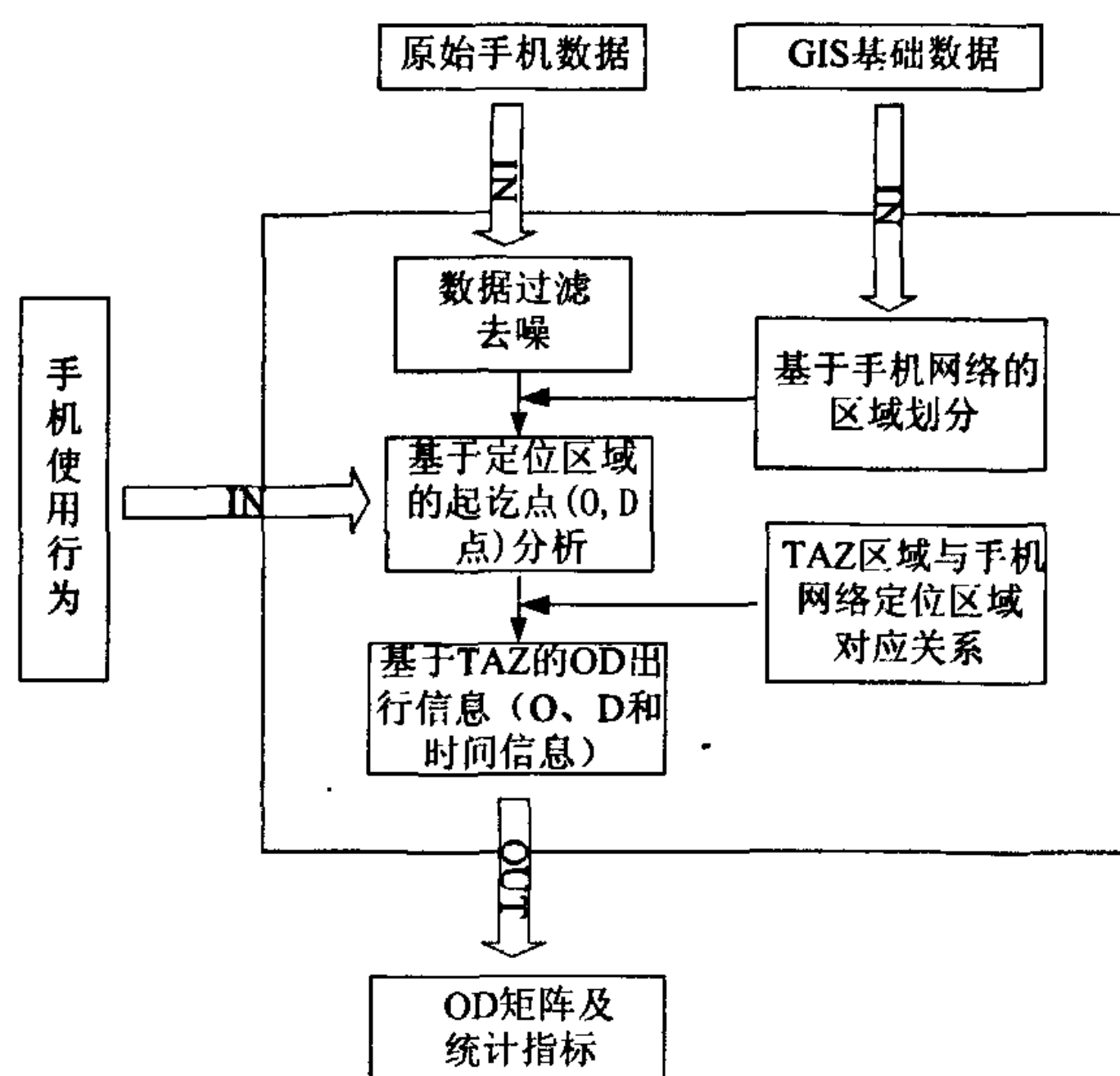


图1 手机定位信息用于居民出行调查框架图

#### 3.2 若干关键技术

使用手机信息作为调查居民出行行为手段,根据其特殊性,若干关键技术如下文所述。

##### 3.2.1 定位技术的选取

目前在中国,Cell-ID技术已经开始为一些精度要求不高的定位业务提供服务,例如天气预报、餐馆查询等信息,及中国移动的手机地图服务。在美国第一阶段的“E911”救援服务支持时使用的也是这种技术。Cell-ID是几种手机定位技术中最简单的,其根据手机所处的基站ID号来确定位置,不需要对现有的无线网络以及手机做任何修改,其精度取决于Cell的覆盖范围。

而基站的覆盖范围与人口密度关系密切,人口密度大,意味着运营商需要多布设基站以提高通话接通率,从而定位精度高,一般在大城市市域范围覆盖半径约为500m,最小能到100m。相反在人口密度小的地方,一个基站会服务较大的面积,极端的情况可以达到40km。这一点和OD调查中TAZ区域的划分原则不谋而合。综上,考虑到技术、成本等因素,目前在中国,使用Cell-ID手机定位技术来进行居民出行调查比较适合,同时精度也能够满足条件。

##### 3.2.2 手机使用行为分析:

手机使用行为分析的目的,就是建立居民出行行为与手机数据之间的桥梁,通过对两者关系的调查和分析,可以得到影响最终结果的重要参数,例如不同使用行为之间的干扰程度分析,以及一次出行O(或D)点的判断准则参数。

以O点判断参数为例,用GPS方法进行居民出行调查,在判断O(或D)点的时候,时间阈值是其中的重要参数,因为GPS数据记录了用户出行



的连续位置(见图 2 中的 1, 2, …… , 6)和时间信息, 可以通过该用户在一个考察区域内(A)连续一段时间没有移动(如  $t_4 - t_1 \geq 30 \text{ min}$ ), 将第一个点(L1)作为上一次出行的终点, 以及范围内最后一个点(L4)作为下一次出行的起点。手机用于居民出行调查的原因与 GPS 设备类似, 两者都能得到位置信息以及对应的时间信息, 所以使用手机数据也需要确定时间阈值, 此时须考虑手机定位精度以及手机使用行为的特性对该阈值的影响。

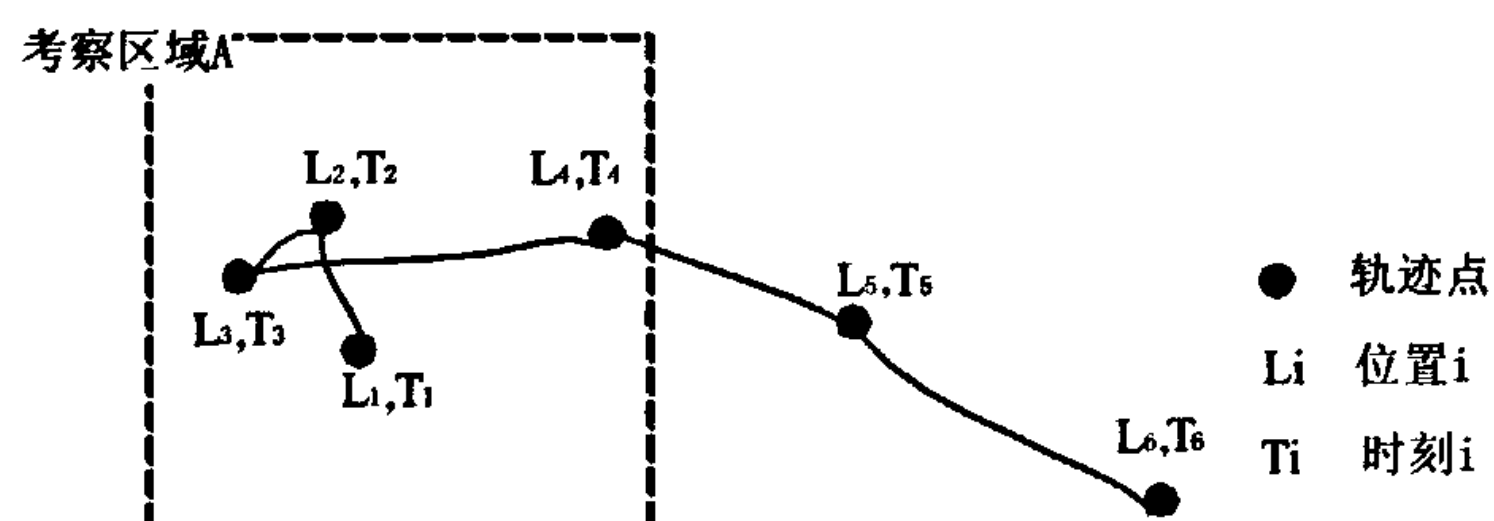


图 2 居民出行轨迹模拟图

另外, 手机信息里还包含开机、关机、发短消息、主叫还是被叫等状态信息(或称作用户的行为信息), 所以如果能合理地分析手机使用行为, 甚至能够从海量的居民手机信息中得到城市的某些基础信息。例如, 在一个考察的空间范围里, 通过统计某天 22:00:00 到次日 6:00:00 时间段的手机使用情况, 发现有 a 个手机号码(只需要唯一标识即可)关机, b 个手机号码在该空间范围里没有发生移动, 然后结合手机的使用特性, 可以得到与当地居民数或人口密度间的相关程度。

### 3.2.3 项目实施

流程框图(见图 1)中并没有涉及到传统用户出行调查中的居民基本资料, 如年龄、性别、职业、收入等个人信息, 以及出行方式的资料, 而这些资料对于揭示城市居民出行的内在规律, 与其他指标同样重要。这是利用手机信息进行居民出行调查项目实施的最主要的障碍之一, 因为涉及到用户的隐私等问题, 然而, 这并不意味着利用手机信息就不能进行这些调查。相反, 可以通过项目实施的方案设计以及技术手段来解决。

方案的设计分成两类。一类是避免隐私争议的不记名调查, 也就是不需要知道用户的真实号码, 只是做统计上的分析。另一类在招募志愿者, 并确保中间环节的隐私保护, 取得用户的许可后记录用户的个人基本信息, 及协助完成出行方式的确定, 这样就能获得和传统居民出行调查一样的数据, 也可以借鉴 GPS 调查需要招募志愿者的经验。

### 3.3 若干检测指标

针对手机数据包含位置、时间信息以及自动化程度高的特性, 利用手机信息作居民用户调查, 在以下几个指标的获取上拥有先天的优势。

(1) 区域交通产生量, 以及随时间变化的分布情况。

(2) 区域交通吸引量, 以及随时间变化的分布情况。

(3) 区域之间的 OD 产生量, 以及随时间变化的分布情况。

(4) 其他结合手机状态信息的统计指标。

## 4 结论

居民出行调查对于交通的意义十分重大, 在蓬勃发展中的中国显得尤为迫切。当前, 全国各地都在进行大量的城市规划和建设项目, 所需的居民出行调查数据按照现行的调查量和更新速度, 完全不能满足规划等工作的需要。传统的居民出行调查耗时长、成本高、自动化程度低, 严重制约着数据的获得。因此, 如果能够利用既有的手机网络, 实现“person as sensor”, 使用数据来进行居民出行调查, 其前景将十分广阔。

### 参考文献

- [1] 王伟. 城市交通管理规划指南[M]. 人民交通出版社, 2003.
- [2] 周商吾. 交通工程[M]. 同济大学出版社, 1987.
- [3] 张卫华, 陆化普. 城市交通规划中居民出行调查常见问题及对策[J]. 城市规划学刊, 2005(5).
- [4] W.C. Mark HSIAO, S.K. Jason CHANG. introduction of segment-based traffic information estimation method using cellular network data[J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005 (6). 2600-2612.
- [5] Byeong-Seok YOO, Kyungsoo CHON. origin-destination estimation using cellular phone as information, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005(6). 2574-2588.
- [6] Wagner, D. P. (1997). Global Positioning Systems for Personal Travel Surveys - Lexington Area Travel Data Collection Testing, Final Report [R]. Battelle Transportation Division, Columbus (OH), United States.
- [7] Draijer, G., N. Kalfs, J. Perdok (2000). GPS as a Data Collection Methods for Travel Research[C]. 79th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., United States.
- [8] Battelle Memorial Institute (2000). Personal Travel Unit (PTU) - Development and Initial Testing, Final Report[R]. Battelle Transportation Division, Columbus (OH), United States.
- [9] 杨飞. 基于手机定位的实时交通数据采集技术[J]. 城市交通, 2005(4).
- [10] [EB/OL]. [http://www.autoworld.com/news/mercedes/benz\\_s55.htm](http://www.autoworld.com/news/mercedes/benz_s55.htm)
- [11] [EB/OL]. <http://tech.sina.com.cn/t/2006-05-18/0727943062.shtml>
- [12] 万德明, 等. GSM 手机定位技术[J]. 电信快报, 2000(10).