

# 城市快速反应系统实验研究

陈 行 星 崔 伟 宏

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘 要** 在紧急的情况下, 时间是非常重要的, 因为几秒之差就会使营救结果截然不同。因此, 为营救人员或当事人提供最佳路径, 以缩短路途时间就变得非常重要。在 GIS 和 GPS 的支持下, 以超图数据结构为基础, 为控制台或当事人提供实时导航信息, 可有效地减少路途时间。本文探讨了城市快速反应系统, 怎样在超图数据结构的支持下, 与 GIS 和 GPS 相结合, 为系统操作者提供当前的实时位置及有关信息。

**关键词** GIS, GPS, 超图数据结构, 最佳路径

## 1 引 言

城市是现代人类政治、经济、文化活动的中心, 在经济迅速发展的今天, 城市在不断扩大, 人口增加, 交通拥挤。

在现阶段, 应着重解决两个问题: 一是对城市突发事件的处理。因为突发事件往往会造成重大的人员伤亡和巨大的经济损失。二是城市快速运行的要求。如邮政急件的发送时及发送路径的选择, 交通监测, 各种旅游设施的管理等。

因此, 建立城市快速反应系统, 以解决这些问题, 是一个实际而迫切的需求。本系统就是对城市快速反应系统的一次实验。

## 2 超图数据结构(HBDS)

城市信息系统的综合性、动态性、空间性和快速反应的特点, 要求采用遥感、地理信息系统和全球定位系统做技术支撑, 如果不能解决三者之间的逻辑联接, 或者实现它们之间的“一体化”, 就不能发挥各自的优势, 也无法建立真正有效的城市信息系统。实现 RS、GIS 和 GPS 一体化的关键是建立一体化的数据结构, 以它为核心来组织整个系统<sup>[1]</sup>。

超图数据结构(HBDS— Hyper— Graph Based Data Structure)就是这样一种机制, 是由法国数学家 Bouille 提出的, 近 10 年来在理论和实践方面取得了迅速发展。

超图数据结构建立在超图和集合论的基础上, 通过使用类别(Class)、空间实体(Object)、实体属性(Attribute of Object)和类别属性(Attribute of Class), 实体间的联接(Link between Objects), 类别间的联接(Link between Classes)这 6 种抽象数据类型, 为表示基本物体、复合体以及它们的空间与非空间属性提供了有效手段。这 6 种抽象数

收稿日期: 1995 年 7 月 21 日; 收到修改稿日期: 1995 年 9 月 18 日

据类型分别表示集合、元素、性质与联系。在城市快速反应系统中，我们分别用“Feature”和“Entity”作为“Class”、“Object”的同义词，同时用“属性”和“属性值”分别取代“类别属性”和“实体属性”。因此城市快速反应系统中 6 种抽象数据类型(ADT)为：实体，类别，属性，属性值，实体间的联接，类别间的联接。

一体化的数据结构研究可以以超图数据结构为基础。我们进行超图数据结构的城市遥感动态监测研究，1992 — 1994 年进一步发展了超图数据结构，支持GPS、GIS 和RS 一体化，建立了黄淮海试验区农业土地资源决策支持系统(蓬莱、周村、铜山)。实践证明，HBDS是建立一体化数据结构的重要理论基础和可操作的重要手段<sup>[3]</sup>。

本系统的工作，就是在超图数据结构支持下，为城市信息系统做的一个实验性的工作。下图是北京 GPS 城市快速反应系统的 HBDS 框架<sup>1)</sup>。

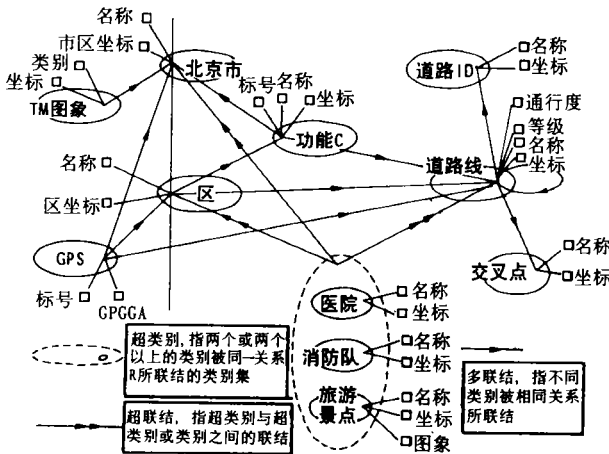


图 1 北京 GPS 城市快速反应系统的 HBDS 框架

Fig.1 The Beijing city quick response system on HBDS

### 3 系统构成及数据来源

此系统是在超图数据结构支持下开发的，系统利用超图数据结构作为主要的数据来源，GPS 为系统提供实时数据，系统的主要部分为实时 GPS 定位数据的显示、历史 GPS 数据的重演、路径数据、文档数据的显示、漫游、查询、图象数据的显示、声音文件的播放等(图2)。

地理信息系统的数据库是多种多样的，并随系统功能不同而不同。一般来说，各种类型的地图包含着丰富的内容，是最主要的数据源，图上实体间的空间关系直观，实体的类型或属性可以用各种不同的符号加以识别和表示<sup>[2]</sup>。对于一个多用途或综合型的系统，一般都要建立一个大而灵活的数据库，以支持其非常广泛的应用范围；而对于专题型的和区域型的系统，则数据类型与系统之间有非常密切的关系。特别对于象本系统那种的专题型的非常实用的系统，其数据源则相对要少一些，因此，根据我们的分析，选取了超图数据库作为本系统的主要数据源，对于其它一些必要的文档数据，用 Xbase 系统建

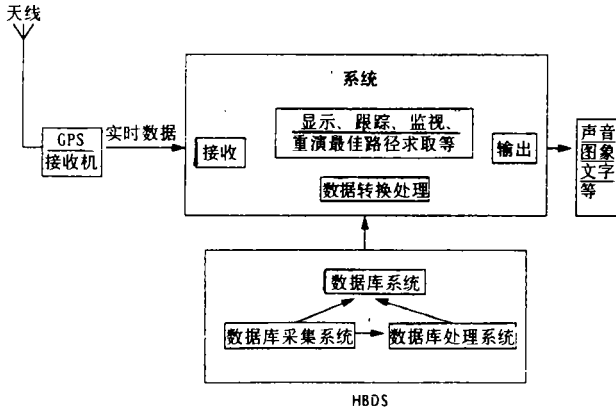


图2 系统总体构成

Fig.2 The System Configuration

立一个相对简单的文档数据库。

## 4 系统描述

### 4.1 GPS 精度分析和数据处理

目前，GPS 可为各类用户连续地提供动态目标的三维位置、三维速度和时间信息。一般来说，目前其单点实时定位精度可达 5—10 m，静态相对定位精度可达 1 到  $0.1 \times 10^{-6}$  m，测速精度为 0.1m/s，而测时精度约为数十纳秒。随着 GPS 测量技术和数据处理技术的发展，其定位、测速和测时的精度将进一步提高。利用全球定位系统一次定位和测速工作在一秒至数秒钟内便可完成。

GPS 接收机输入输出的数据都遵循 NMEA 0183 规定，其中常用的是 Approved Sentences 语句格式。

GPS 接收机可输出多种格式的数据，如：GGA 格式、ZDA 格式等，包括的信息有：经纬度坐标、GPS 定位状态、HDOP 值和跟踪到的卫星数等。

### 4.2 GPS 接收数据和公里网之间的转换

在较小的地区内，可以将大地水准面近似当作球面看待。在实际工作中，当工作区域面积不大时，往往以水平面直接代替水准面，即把很小一部分地球表面上的点投影到水平面上来确定其位置。根据计算，当水准面上距离为 25km 时，距离误差为 12.83cm，高程误差为 49m。如水准面上的距离为 100km 时，距离误差为 821.20cm。

在我们的数据中，其东西向和南北向的最大距离大约为 25km，因此其距离误差大致为 13cm，因此，我们把接收到的 GPS 数据按平面直角坐标直接转变为公里网数据。

1) 崔伟宏, 陶永佚. GIS、GPS 和 RS 一体化技术下的城市和区域信息系统研究. 94' 地理信息系统协会论文集.

### 4.3 最佳路径求取

在我们的系统中,其核心是最佳路径的求取问题。下面简单叙述此算法。

**最短路径算法** 最短路径算法可以分为两大类,一类为矩阵方法,另一类为树搜索方法。本文所讨论的最短路径椭圆算法,属于树搜索方法一类。它是由 Stig Nordbeck 和 Bent Rystedt 提出的<sup>[4]</sup>,本系统使用了此算法。

**椭圆算法** 椭圆算法的编程是很困难的,但它不要求很大的内存量。定义  $n$  为网中节点数,所要求的内存数只与  $n$  成正比,但化费时间长。寻找方法以降低时间消耗量,是很重要的一步。

**把道路网分为几个子网** 一种方法是把道路网分成几个子网,在每个子网中再应用椭圆算法。

**最短路径树** 确定从起始点  $S$  到目标点  $G$  的最短路径的原则如下:如从  $S$  节点到另一节点有不止一条路径,选择最短的一条。所有不必要的,较短的路径出现后,便相继否定掉。(过程省略)

**最短路径椭圆** 最短路径树的枝节是非常繁茂的。这些枝节全部参与运算的话,运算量是十分巨大的,但是采取最短路径椭圆的方法,运算量将大大降低。方法如下:

令  $S$  到  $G$  的直线距离为  $|SG|$ ,  $S$  到  $G$  的路径长度为  $R$ 。则令  $R = T \times |SG|$  ( $T$  为一大于 1 的实数,可根据统计数据确定,可取为 1.25)。令  $S$  和  $G$  为一椭圆的两个焦点,  $R$  为椭圆的长轴,画一椭圆。运算时,只考虑在椭圆范围内的节点,而把椭圆外的节点排除在运算之外。在此椭圆内利用上述所讨论的算法进行计算,既可得一正确结果,又可大大减少运算量。如在椭圆内找不到从  $S$  到  $G$  的通路,则增大  $T$  值,重新计算。

根据以上讨论,对于树算法,同时参照椭圆和子图方法,其时间和空间复杂度较与矩阵算法为低。

**改进** 根据  $S$  与  $G$  的直线距离较之全图的比例,可分两种情况:(1)两节点相对于全图相距甚远时,利用椭圆算法,减少不了计算量,甚至可能增加计算量。此时在计算时可不考虑椭圆的存在。(2)两节点相对于全图相距不远,考虑椭圆的存在。

**数据的获取和权值的给定** 道路网中节点间连接的权值,可根据某种意义下的定义而给定。

此权值可涉及道路长度、道路等级、单行道、坡度条件等,然后对各方面进行相应的数值化,以利于计算。如道路等级分为 3 级,计算时,对于不同的道路等级,乘以不同的权码。

综合各方面,给出一个综合费用表达式,用以确定各个连接的综合权值。

**最佳路径选取** 最佳路径的选取包括任意两点间和任意一点到某一类型目标(如急救中心、消防队)之间的最佳路径。

任意两点之间在综合评价道路等级、是否单行道等情况和最短距离之后确定最佳路径,同时在屏幕上显示已确定的最佳路径,给出两点间的实际距离或加权距离值以及其它一些导出信息。在确定任意一点和某一类型目标之间的最佳路径时,逐一搜索可能的目标,经过逐步淘汰之后,确定最终目标的位置及最佳路径,同时给出最终目标的有关

信息。

**简单评估** 在此实验中, 节点数大约为 3600 个, 路径数大约为 4000 个, 包括主干道和小胡同。内存占用量在此实验中占很小的量大约为 400K。

选取任意两点, 求取两点间的最佳路径。在此过程中, 平均的求取时间为一秒到两秒左右(包括计算过程和最佳路径及信息的屏幕显示过程)。

配置为: 486, TVGA, DOS6.0, Windows 3.1, 内存为 8M。

这个结果, 无论对于内存占用量, 还是速度, 都是可以接受的。

**结论** 最短路径椭圆算法, 由于其占用内存少, 并且在满足一定要求下可大大缩小运算量, 是一个很好的最短路径算法, 特别是在数据量较大的应用中, 有较大的应用前景。本系统中我们使用了此算法, 求最佳路径。

#### 4.4 多媒体技术的应用

多媒体技术提供了多种形式的图象与多种形式的声音的输入、输出、传输、存贮和处理。

在信息查询方面, 提供了图象和声音等多媒体信息。Windows 在多媒体技术支持方面, 提供了较为完善的接口, 本系统利用了此接口。

#### 4.5 主要功能描述

**图形漫游和无级比例放大** 在本系统中, 在屏幕上显示的主要是北京市的城市道路网, 分为一、二、三 3 级, 大致为: 三环, 四环为一级路, 二环及其它一些主要干道为二级路, 余下的为非主干道和一些胡同。在程序中, 设置了图形漫游和无级比例放大的功能以便于浏览整个道路网。

**最佳路径求取, 绕开交通堵塞路段** 在本系统中, 有几处用到了最佳路径的求取。一是在图上任意两点之间, 选取连接此两点的一条路径, 使其在某种意义上路径最短; 其余二个地方实际上只是上面一点的具体应用, 其中之一是求取当前点到最近医院, 之二是求取当前点到最近的消防队。

上面所提到的在某种意义上路径最短, 指的是在实际应用中, 两点之间路径往往与时间相联系。对于一辆汽车而言, 则是时间上的化费最小。因此, 在系统中有一个选项, 用以确定是否对路径加权。

除权重外, 在路径的选取中, 应考虑到某些路段在某些时候会发生交通堵塞现象。因此我们在选取最佳路径时, 必须把此路段排除在外。

**精确报时** 本系统提供了两种报时方式: 卫星报时方式和计算机报时方式。计算机报时方式, 即利用 Windows 提供的时钟, 每一秒报一次时间。卫星报时方式, 即利用 GPS 得到的卫星时间数据。卫星时间数据是非常准确的, GPS 的测时精度约为数十纳秒。

本系统使用的方法为: 当系统处于对单车运行的监视状态时, 使用卫星报时方式, 如系统处于非监视状态时, 启动计算机报时方式。

**监视单车运行** GPS 技术的一个具有发展潜力的方向是汽车引导系统和移动目标

监控系统,或者是这两种系统的综合系统。

**汽车引导系统**,即把 GPS 接收机装在汽车内,车内的计算机接收 GPS 发送的数据,同时计算机的屏幕上显示当前所在城市的电子地图,计算机实时显示当前汽车在城市中的位置。此功能不仅适用于汽车的引导,还可用于任何需要知道精确时间和准确位置的地方。

**重复轨迹** 重复轨迹,即在接收 GPS 数据时,实时地把当时的位置记录下来,同时也可记录下开始记录时的时间和结束记录时的时间。这样,在以后某个时候需要时,可以把当时记录的数据在计算机上模拟出来。

**救援决策** 从文档数据库中,存有有关医院、急救中心和消防队的信息。医院和急救中心的信息有医院或急救中心的名称、地址、此医院的病床床位数、值班电话等。也可以把其它的信息,如医院简介、医疗条件、主要特长等输入数据库中。当有急救事件发生时,既可以利用上述的最佳路径求取功能,找到离当前点距离最近的医院或急救中心,又可以把病人送到有较好医疗设施的医院,从而有效地解救病人。对消防队作相同的处理。

**信息查询** 在实际中,信息查询功能是比较有用的。在一电子地图上,有着各种各样的信息,但有些信息并不能在一张地图上同时显示。

在本系统中,在屏幕上显示的只是全北京市的公路网。因为北京的公路网很密,如再往上叠加其它信息,则屏幕上会显得很乱。因此,采用了当需要哪些信息,就再点取此信息的方法。主要信息有:路径名称、立交桥、医院、消防队、街道办事处、旅游景点等。如需要路径名称,则在屏幕上点取任一路段,则立即显示此路段的名称、路段长度和路段等级。又如医院,显示医院的名称、地址、病床数、值班电话。旅游景点,显示旅游景点的名称、简单介绍、图片和语音信息。

## 5 结论和展望

GPS 自 80 年代末从国外引进,90 年代初在国内得到广泛重视以来,应用项目越来越多,应用深度越来越大。本系统是在地理信息系统、全球定位系统和超图数据结构支持下,用于实际的一个具体实验。它接收 GPS 数据,在计算机屏幕上显示当前点在整个数据地图中的方位,实时存储 GPS 接收数据,以供以后的分析和观察用,可以无级放大整个地图,并在计算机屏幕上浏览整个地图,求取两点间的最佳路径,绕过交通堵塞路段,在紧急救援时,提供最近的医院和消防队的信息和最佳路径,在地图上随时查询多种信息,有文档,有语音,也有图片。但本系统也有很明显的可以改进的地方,如:

一是向单机发展,把数据与软件分开,提供多种数据,如提供多个城市的数据,象现在汽车上的音响一样,随时可以更换数据,走到哪儿就换成哪儿的数据盘。很方便实用。

二是向汽车引导和多目标监控系统发展,把单机导航和多机集中控制联合使用,使分目标具有本地导航能力,中心站又能监视分目标的运行。而且在某些应用中,可规定分目标的行进路线,当分目标的运行轨迹超出规定路线时,进行报警。

## 参 考 文 献

- [1] 崔伟宏. 空间数据结构研究. 中国科学技术出版社. 1995.
- [2] 毋河海. 地图数据库系统. 北京测绘出版社. 1991.11.
- [3] 崔伟宏. 区域可持续发展决策支持系统研究. 宇航出版社. 1995. 3.
- [4] Stig Nordbeck & Bengt Rystedt. Computer Cartography Shortest Route Programs The Royal University of Lund, Sweden. Department of Geography. 1960.

## 作 者 简 介

陈行星, 男, 1970年生。1992年毕业于西安交通大学信息与控制工程系, 1995年获中国科学院遥感应用研究所地图与遥感专业硕士学位, 主要从事计算机软件编程工作。

## An Experimental Study of Rapid Reacting System of City

Chen Xingxing Chui Weihong

*(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences)*

**Abstract** In case of emergency, time is very important. So it is necessary to find out the shortest way to save time so as to save the living and wealth. With the support of GIS, GPS and HBDS, this paper supplies a method of the shortest way, which is used in this system. This system provides the current space position of the system, the shortest way between two points on map, the shortest way to the nearest hospital or emergency center, and so on.

**Key words** GIS, GPS, HBDS, The shortest way