

一种生成电子地图道路网络的新方法

——通过 GPS 信号生成新的电子地图道路网络和对原有的道路网络进行更新

班学钢 郑四发 邹旭东 连小珉

(清华大学 北京 100084)

摘 要 基于对制作电子地图传统方法的特点和缺陷的分析,结合车辆导航用电子地图中道路网络的需要,提出了一种利于GPS卫星所提供的平面二维位置信息来生成道路网络的新方法。文中介绍了该方法的基本思路、实现方法、优缺点以及改进的方法。最后,给出了该方法在实际制作电子地图道路网络中的应用。

关键词 车辆导航 GPS 电子地图 道路网络

1 引 言

在ITS(智能交通系统)中,车辆导航系统是一个非常重要和基础的组成系统。它可以有效地利用现有的道路设施,减少交通拥挤,便于集中管理、调度,为驾驶员提供足够的交通、服务、公安、娱乐等信息,特别是动态交通信息。可进行特种车辆的不间断跟踪监控,私人汽车、出租车的安全、报警等。同时,车辆导航领域也是一个功能强大,内容丰富,并充满挑战性的领域。据“GPS World”报道,截止到1994年,全球共有车辆导航系统148个,其中74个在北美,40个在欧洲,其余的在日本。在这些系统中,有41个用作自主导航,65个用作车队管理(公安、消防、出租、银行等),其余的则是用作询问型和资源型^[1]。而近年来随着计算机和通讯技术的发展,车辆导航技术和系统取得了更加突飞猛进的发展。在我国也逐步地出现和发展起来。

而在车辆导航系统中,电子地图是除了车辆定位导航设备之外的最基本和最重要的组成部分。因为车辆导航系统绝大多数的功能,例如车辆的定位显示、路线修正、最优路径、路线引导以及各种查询功能都需要在电子地图上加以显示。因此,高质量的电子地图就成为车辆导航系统成功与否的关键。而道路网络作为电子地图的核心,其作用也就显而易见了。车辆导航系统最富特征和最重要的几个功能:路线修正、寻找最优路径、路线引导等的实现与道路网络的完备和精确是密不可分的。因此,我们可以说,具有道路网络的电子地图是“活”的电子地图,而不具有道路网络的电子地图则是“死”的。

所以,如何快速、方便、低成本地生成车辆导航用电子地图中的道路网络就构成了车辆导航研究中的一个重要课题。本文在总结前人制作电子地图以及生成道路网络方法的基础上,介绍了一种新的生成道路网络的方法——利用GPS信号来生成新的道路网络。

2 生成电子地图和道路网络的传统方法

2.1 传统的生成电子地图的方法

道路网络作为电子地图的一部分,其传统的制作方法与电子地图的制作方法相同。而我们知道,车辆导航用的电子地图和道路网络需要完成诸如寻找最优路径、路线引导等功能,因此,所用的电子地图一般是矢量地图。在车辆导航的发展历史上,由于电子地图的重要性,人们很早就开始研究和使用的电子地图。据资料记载,在20世纪初期人们所使用的机械式的车辆导航系统中就装备了图片式的地图^[1],这可以说是现代电子地图的雏形。到目前为止,人们发明了各种各样的制作电子地图的方法,构造出了形形色色的系统,例如象 MapInfo 和 ArcInfo 这样的专门用来制作地图的 GIS 软件。但是,所有这些方法和系统都可以分为两类,一类是对纸质地图直接数字化,经过处理之后就可以直接得到所需要的电子地图;另一类是先对纸质地图进行扫描得到位图,然后对位图再进行矢量化,得到所需要的电子地图。

对纸质地图直接数字化一般采用的是数字化仪。利用数字化仪,通过手扶跟踪的方式就可以将纸质地图上所有车辆导航需要的地理信息和路网信息输入到计算机中,得到包含这些地理和路网信息的矢量数据文件。就目前的情况而言,有许多通用或者专用的软件,例如通用的绘图软件 AutoCAD,或者专业的 GIS 软件 MapInfo 和 ArcInfo 都可以配置数字化仪从而对纸质地图进行数字化。这样所得到的数据文件一般具有通用的格式,相互之间可以很容易地进行转化。但是,这样的矢量文件还不能为车辆导航所用。我们必须通过现有的软件或者自己所编制的软件对该数据文件进行分析和处理,根据导航应用的需要对各种地理信息和路网信息进行合理的组织以生成适合车辆导航使用的电子地图(包括道路网络)。一般来说,为了得到电子地图的道路网络,要对数据文件进行另外的处理。

对纸质地图的扫描需要用到扫描仪。利用扫描仪就可以很快得到纸质地图的位图文件(BMP 格式),然后对该位图进行数字化就可以得到车辆导航所需要的矢量地图。其中数字化的方式可以是使用专用的制图软件(如 MapInfo 或者 ArcInfo)或自己编制的软件将位图显示在计算机屏幕上,由人来手工进行数字化;也可以是利用一些自动矢量化软件来进行自动的数字化。但是,就目前的情况来看,这些自动的数字化软件还需要人的参与,不能实现完全的自动化。

2.2 传统方法的优缺点

从上面的讨论可以看出,传统的电子地图的生成方法(也即是道路网络的生成方法),不论是利用数字化仪对纸质地图直接数字化,还是先扫描再数字化,都是与纸质地图紧密相关的。这一方面可以充分利用纸质地图描述地理信息详尽、精确度较高(尤其是地形图)、操作简单等优点,能够制作出内容丰富、精度高的车辆导航用电子地图。但是,另一方面,我们也必须看到,不管是使用数字化仪对纸质地图进行直接的数字化还是利用扫描仪先扫描再数字化,都需要人的大量参与,都是非常繁重的劳动。尤其是制作大范围、内容详细的电子地图更是需要耗费大量的人力、财力和物力。而且,纸质地图一般更新很慢,很难跟得

上现在日新月异的城市和道路建设。因此，一旦实际的地理信息发生了变化，需要对电子地图进行更新的时候，就必须将此繁重、琐碎的地图制作过程再重复进行一遍。这有时是令人难以忍受的。还有，纸质地图虽然对地理信息的描述非常详尽，但是，一个国家不可能制作所管辖范围内所有地区的纸质地图，尤其是象沙漠、戈壁滩这样的人迹罕至的地方。然而为了国家建设的需要，很可能需要我们去这样的地方去工作（例如象中国过去的克拉玛伊、大庆，现在的塔可拉玛干等地方就是这样的例子）。给这样用途的车辆上装备车辆导航系统是非常有用和必要的，但是，在没有纸质地图的情况下，要想用传统的方法来得到所需要的电子地图是不可能的。

综上所述，传统制作电子地图和道路网络的方法有如下几个主要的缺陷：

1. 成本高，周期长，且劳动强度大；
2. 电子地图的更新缓慢，且更新很困难，费用高；
3. 对于没有纸质地图的地方，无法利用传统的方法来制作车辆导航所需要的电子地图。

可见，在研究电子地图和道路网络的生成过程中，如何克服传统电子地图制作方法中这些固有的缺陷，缩短地图制作的周期，减少费用，就显得非常迫切和有意义了。下面我们所要介绍的利用 GPS 信号来生成新的道路网络的方法就可以在在一定程度上解决这些问题。

3 生成道路网络的新方法——利用 GPS 信号生成新路网

3.1 新方法的提出

传统电子地图和道路网络生成方法中的缺陷促使人们去研究新的制作电子地图的方法，作者根据自己的工作体会认为，利用 GPS 信号可能是一种可行的方法。

GPS 是由美国国防部最初出于军事目的而发射的 24 颗卫星所组成的系统。它可以连续、实时、全天候地为地球上任何一个角落的物体提供诸如位置（经纬度和高度）、速度、运动方向、时间等多种信息。因此，随着 GPS 逐步民用化，GPS 也日益运用到了国民经济的各个部门，例如大地测量、勘探、车辆监控、定位等等。由于 GPS 可以提供精度较高的平面二维位置数据（有 SA 时 100m 左右，无 SA 时 30m 左右），特别是可以利用差分 GPS (DGPS) 技术来减少 GPS 的误差到米级精度，完全可以满足车辆导航的需要。所以我们可以利用 GPS 接收机所提供的平面位置数据来对现有电子地图中的路网进行更新或者生成新的路网。

3.2 新方法的基本思想及实现

利用 GPS 信号生成新路网的思路是：给车辆装备 GPS 接收机，让车辆在需要更新或者修改的路段上行驶，根据 GPS 接收机所记录的车辆行驶轨迹来生成需要的新路网。

这样，利用 GPS 来生成新路网实际上可以完成两种功能：一个是对现有电子地图中路网的更新和修改；另一个是生成全部的新的道路网络。前者一般用于城市或者电子地图已经存在的区域，当该地区的路网发生了较大的变化，需要进行更新和修改的情况下；后者一般用于进入象沙漠、戈壁滩这样的事先没有电子地图的区域，当首次进入该地区时，可以先利用 GPS 信号生成整个地区的路网，就可以进行初步导航工作了。

实际上,上述的两个功能在本质上是相同的。实际操作中,它们都需要解决两个问题:第一,由于在车辆导航所使用的电子地图中,路网是一个统一的、相互连通的结点和路段的集合。所以,新的路网加入以后,必须能够与原路网合理地组织在一起,融合在一起,而不能有任何“新”的痕迹。也就是说,首先必须处理好原路网与新加入的路网的关系,将新路网正确的加入原路网,使整个路网能够正常地工作。第二,我们知道,在路网中结点要素是基础,因为结点和结点的连接关系一旦确定,则整个路网也就确定下来了。在利用GPS信号生成新路网的操作中,路网的节点是通过GPS信号所提供的位置信号来确定的。但是我们知道,GPS信号一般是1s一次的,如果直接将每个GPS信号所提供的位置信息都作为路网的结点而加入到电子地图中,那么就会有大量的新结点加入,这样会导致整个路网变得庞大无比而无法正常工作。因此,我们还必须有一定的判断总则,在适当的时候将位置信号作为结点加入到原路网中。简而言之,利用GPS信号加入新路网需要解决两个问题:正确处理与原路网的关系以及正确加入新结点。

我们首先来看第一个问题。要想正确将新路网加入到原路网中,必须利用路线修正的功能。也就是说,需要判断车辆当前的行驶状态,如果车辆是在道路上行驶,则不加入新的结点和路段;否则,一旦判断出车辆偏离了道路则根据事先确定的总则来加入新的结点和路段。而当车辆在道路上行驶时,虽然不加入新的路网要素,但却要记录当前车辆所在的路段或者结点。这样当车辆一旦偏离道路需要加入新结点和新路段的时候,就将新路网要素与车辆最近所偏离的原路网要素相连接,这样就能够将新路网要素与原路网要素很好地关联起来。具体来说,需要根据车辆当前的状态(在路段上,在结点上,或者不在道路上)和车辆的上一个状态(刚开始,在路段上,在结点上,或者不在路上)的相互关系来正确判断和处理加入路网要素的位置和时机。如表1所示。

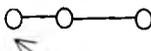
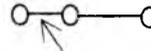
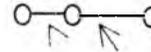
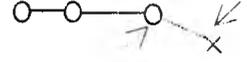
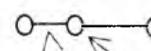
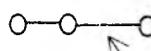
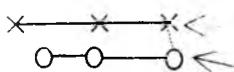
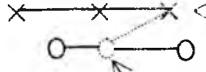
请注意:在表1中,实线的“○”表示原路网中的结点,虚线的“--”表示新加入的结点,“×”表示GPS信号所提供的车辆的位置,实线“——”表示路网中原有的路段,虚线“----”表示新加入的路段,实线箭头“—▶”指示的是车辆当前状态所处的位置,虚线箭头“---▶”指示车辆上一个状态所处的位置。

我们再来看第二个问题,这主要是解决当前车辆连续偏离道路时,该如何判断并加入新的结点和路段的问题。此时所要解决的问题是这一系列连续的位置点序列中,哪些点是在同一个路段上,哪些是在不同的路段上以及哪个点应该作为结点加入到道路网络中。我们采用了如下的两个总则来判断是否该加入新的路段:方向总则和距离总则。

方向总则,它包括两个方面的内容,一个是初始方向总则,也就是说,对于一个将要加入的路段,首先确定它的初始方向(起点与第二个位置点之间的方向)。当后来GPS所提供的位置信号偏离了该方向,则说明需要加入新的路段和结点了。该总则用来从宏观上对加入的路段进行控制;另一个是相邻方向总则,也就是说,如果是在同一个路段上行驶的话,那么GPS所提供的相邻三个位置信号所组成的两条直线之间的方向差不能超过设定的数值,否则的话,就认为是一条新的路段。这个总则用来从微观上对新加入的路段进行控制。图1和图2表示了这两个总则的情况。

这样,通过正确的处理新路网与原路网的关系以及正确判断和加入新的路网结点和路段,新路网就正确地加入到了原路网中。新加入的路网与原路网没有任何区别。整个路网的寻找最优路径、连续引导等功能可以正常的进行。

表1 新路网与原路网的关系示意

当前状态 / 上一个状态	在道路结点上	在路段上	不在路上
刚开始	 <p>记录该结点</p>	 <p>记录该路段</p>	 <p>记录起点（第一点）</p>
在道路结点上	 <p>记录本次结点</p>	 <p>记录本次的路段</p>	 <p>准备加入新路段，新路段的起点为上一个状态所在的结点。</p>
在路段上	 <p>记录本次结点</p>	 <p>记录本次路段</p>	 <p>将上一个状态所在的位置作为结点加入，删除原路段，加入两个路段，并且准备加入新路段，新路段的起点是新加入的结点。</p>
不在路上	 <p>加入新的路段，新路段的起点是不在路上时的 GPS 信号位置，终点是当前的结点。</p>	 <p>将当前状态所在的位置作为结点加入，删除当前路段，加入两个路段，并且加入新路段，该新路段的起点是不路上的 GPS 信号位置，终点是新加入的结点。</p>	 <p>根据判断总则决定加入还是不加新的结点和路段。</p>

3.3 新方法的优势和存在的问题

正如上文所说的那样，利用 GPS 信号生成新路网的方法在一定程度上解决了传统方法工作繁重、费时、费力、成本高、周期长、更新和修改困难等缺陷。总的来说，它具有如下的优点：

操作快速、简便，电子地图和路网的制作周期缩短。

降低了制作电子地图的成本。

电子地图和路网的更新和修改容易并且简单、快速。

在某些没有纸质地图存在的特定地区也可以很容易地制作本地区的电子地图和路网，这对于象沙漠车这样的在野外和恶劣环境下工作的车辆以及相关人员的安全是非常有意义的。

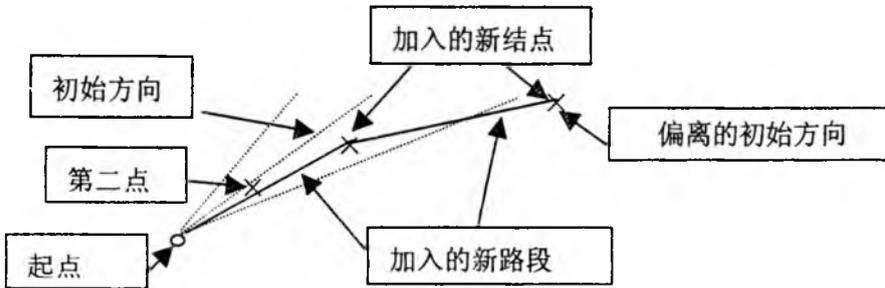


图1 初始方向总则

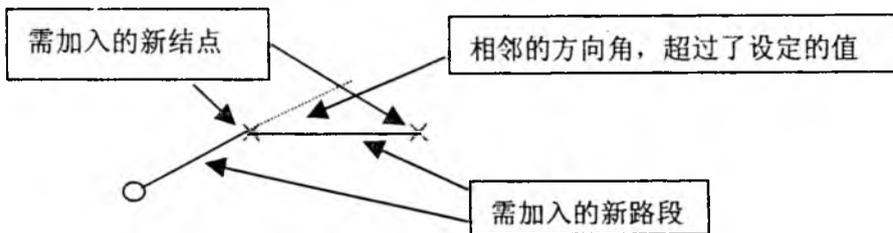


图2 相邻方向总则

但是，这种新方法也有它自身的缺点，那就是用这种方法所制作或者更新的路网的精度相对较低。这是因为目前GPS信号由于SA（选择可用性）政策的影响，其精度只有100多米，这样的精度对于在野外工作的车辆来说还勉强可以，但是对于在城市中行驶的汽车来说就太粗糙了。不过，如果我们能够将DGPS的技术引入的话，在城市中使用DGPS所提供的位置信息来生成新的路网，那么本方法精度不高的问题也可以得到解决。

4 一个实例

上述生成道路网络的新方法在我们所研制的车辆自主导航系统中得到了实现。在该系统中，通过利用GPS信号所提供的位置信息，我们既可以为一个没有纸质地图存在的地区生成全新的电子地图道路网络，也可以对现有的电子地图道路网络进行更新和修改。

例如，在我们制作北京市电子地图的时候，由于疏忽，没有将新改建的成府路数字化进去。于是，我们通过本文所提出的新方法将该路加入到了原来的道路网络中。如图3所示。在图中，黑色的圆圈表示的是新加入的结点，白色的圆圈表示的是路网中原有的结点，白色的线表示的是新加入的路段，黑色的线表示的是路网中原有的路段。从图中我们就可以看出，新加入的结点和路段与路网中原有的结点和路段正确地连接在一起。如果用这样所得到

的整个路网进行寻找最优路径、路线修正、路线引导等操作,其结果也是正确无误的。

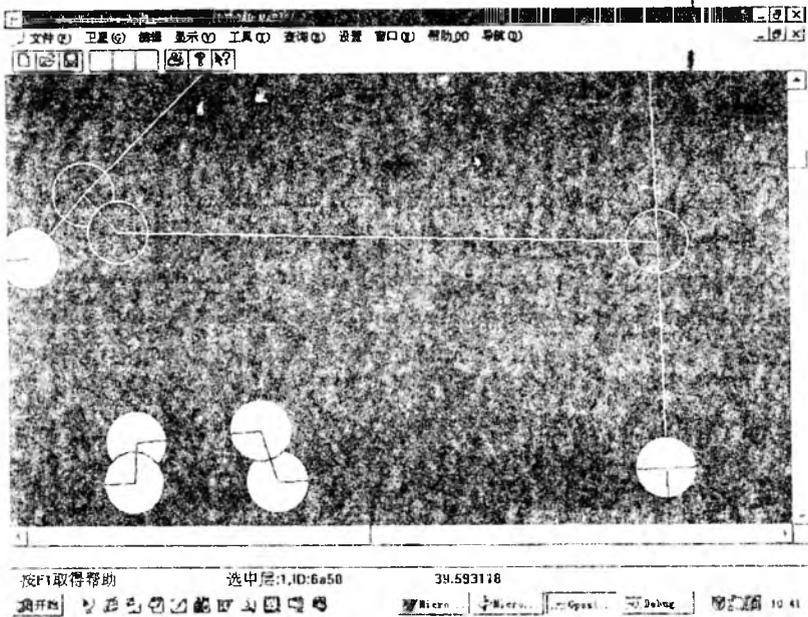


图3 利用新方法对现有的电子地图路网进行更新

5 结 论

在作者所编制的车辆导航系统中,使用了本文中所提出的新的生成车辆导航用电子地图道路网络的方法。并且通过实际的车辆道路实验验证了该方法的可靠性和实用性,实验证明,该方法基本上是可靠的、实用的,可以基本满足对现有电子地图道路网络的快速、简便、低成本地更新以及同样快速、低成本地生成全新的电子地图道路网络。

参 考 文 献

- 1 方群,宋长清.汽车导航的新趋向.导航.1994年第3期
- 2 Robert L. French, From Chinese Chariots to Smart Cars: 2000 Years of Vehicular Navigation. Navigation. Vol. 42, No. 1.

New Method to Create Road-Net of Electronic Maps

Ban Xuegang Zheng Sifa Zou Xudong Lian Xiaomin

Abstract Based on the analysis of the characteristics and defects of the traditional method to create electronic maps (E-maps) and the requirement of road network in E-maps used for vehicle navigation, this paper proposes a new method to create road net through the planar information provided by the GPS signals. The idea, implementation, advantages, disadvantages as well as method to improve it are also discussed in this paper. Finally, an example of making road network of E-maps is given to illustrate this method.

Key words Vehicle navigation GPS Electronic map Road network

动态与信息

天文/惯性导航学术研讨会召开

天文/惯性导航学术研讨会于2000年3月15日在武汉召开,从事天文/惯性导航研究、教学、生产与应用的30余名专家、学者参加了会议。

会议由中国电子学会导航分会副主任委员兼该专业委员会的主任委员季必达主持,分会副主任委员兼秘书长谢世富代表干国强主任委员在会上讲了话。会上交流学术论文19篇,书面交流数篇,参观了我国最新研制的天文/惯性导航系统的工作演示,同时还根据国际发展动向,结合我国的实际情况,就如何加速发展我国的天文/惯性导航问题进行了认真而热烈的讨论,大家畅所欲言,提出了不少很好的意见和建议。

时夫