

文章编号 :1002-0268 (2006) 08-0130-06

车载路径与导航系统实例研究

杨楠¹, 王媛², 管青², 陆娟²

(1. 吉林大学 机械科学与工程学院, 吉林 长春 130022; 2. 吉林大学 ITS 研究与开发中心, 吉林 长春 130022)

摘要: 提出了车载路径与导航系统的框架, 给出了该系统在长春试验的详细报告。在本次试验中, 课题组验证了该系统的几个关键部分的可用性, 如行程时间预测, 最优路径规划和引导, GPS/DR/MM 组合定位和诱导方式等。试验结果是有益的效果与问题并存。最后, 分析了这些问题的原因与解决方法以及车载路径与导航系统在中国的发展前景。

关键词: 车载信息系统; 车载路径与导航系统; 行程时间预测; 诱导方式

中图分类号: U491

文献标识码: A

Case Study of Onboard Routing and Navigation System

YANG Nan¹, WANG Yuan², GUAN Qing², LU Juan²

(1. Institute of Mechanical Science and Engineering, Jilin University, Jilin Changchun 130022, China;

2. ITS Research and Development Center, Jilin University, Jilin Changchun 130022, China)

Abstract: The structure of IRANS is proposed and a detailed report is given about the field test of onboard routing and navigation systems in Changchun. The test verified the key parts of IRANS, such as travel time prediction, data compression, GPRS data transmission, optimized route planning and guidance, GPS/DR/MM location and the guidance patterns. Several issues of the system and beneficial effects have been presented. Finally, the paper gives the analysis of these issues and the prospect of IVANS in China.

Key words: In-Vehicle Information System (IVIS); In-Vehicle Routing and Navigation Systems (IRANS); travel time prediction; guidance patterns

0 前言

随着汽车保有量的不断增加, 城市交通拥挤日益严重, 交通事故频发, 环境污染日益恶化。面对这些问题, 国内外的专家都在寻求解决这些问题的新方法。借助信息技术、通信技术、电子技术和计算机技术等高新技术, 车载信息系统的子系统-车载路径与导航系统被认为是缓解交通拥挤的有效途径。

IVIS 是通过安装在仪表盘处的车载显示单元向驾驶员传递交通信息。通过车载显示单元, 驾驶员

可以获得多种出行者信息, 这些信息包括道路与标志信息、路径与导航信息、安全顾问与警告信息、驾驶员服务信息等。车载信息系统是由以下 4 个子系统组成:

- (1) 车载路径与导航系统 (IRANS, In-vehicle Routing and Navigation Systems);
- (2) 车载驾驶员服务信息系统 (IMSS, In-vehicle Motorist Services and Information Systems);
- (3) 车载标志信息系统 (ISIS, In-vehicle Signing and Information Systems)
- (4) 车载安全咨询与警告系统 (IVSAWS, In-

收稿日期: 2005-11-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60474068); 吉林大学“985 工程”资助项目

作者简介: 杨楠 (1969-), 男, 吉林长春人, 工学硕士, 讲师, 从事系统分析与设计研究. (yangzs@jl.u.edu.cn)

vehicle Safety Advisory and Warning Systems)

在这些子系统当中，车载路径与导航系统 (IRANS) 是最关键、重要的系统。IRANS可以帮助引导驾驶员完成从一个地方到另外一个地方的出行，提供交通运营和拥挤信息。通过所提供的这些信息 (最优路径、导航信息、实时动态交通信息)，驾驶员可以绕开拥挤区和事故区，从而大大地缩短出行时间和提高运输效率。吉林大学开展了一些关于车载路径与导航系统的子系统的关键技术的研究，也取得了一些成绩。为了更好的应用 IRANS，吉林大学在长春市开展了整个系统的实地试验。

在这个实地试验中，吉林大学使用交通指挥中心作为交通信息处理和发布中心。吉林大学开发的车载信息装置和路边可变信息板作为信息接收单元。指挥中心每 2 min 采集 1 次交通信息 (包括交通流量、速度、占有率)，并处理成预测的行程时间和交通拥挤信息。然后中心通过 GPRS 将这些信息发布给车载单元；通过光纤发布给路边的可变信息板。利用这些信息，车载单元可以快速的计算出到达目的地的最优路线并完成语音诱导和可视方向诱导。

1 系统框架和关键技术

1.1 系统框架

IRANS是由 5 个子系统组成，即交通信息采集子系统、交通信息处理子系统、交通信息发布子系统、路径规划子系统和车辆定位子系统。吉林大学开发的 IRANS 子系统如图 1 和图 2 所示。

(1) 交通信息采集系统

该系统通过交通事故报警电话 122、各种检测器 (例如视频检测器，线圈，微波检测器等) 和探测车采集交通信息。

(2) 交通信息处理系统

该系统是将采集系统所提供的交通信息转换为有用信息。处理过程主要分为 3 个阶段，交通信息预处理、交通信息融合以及交通信息预测。

(3) 交通信息发布系统

该系统通过各种媒体发布行程时间、拥挤、事故等信息。这些媒体包括路边可变信息板、长春的交通之声广播、车载信息装置。

(4) 车辆定位系统

该系统通过卫星定位技术、独立定位技术和地图匹配技术生成高精度的组合定位数据。

(5) 路径规划系统

该系统是通过车载信息装置动态地向驾驶员提

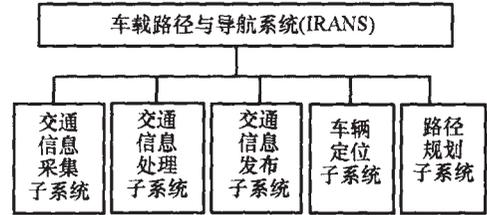


图 1 IRANS 的 5 个子系统

Fig.1 Five subsystems of IRANS

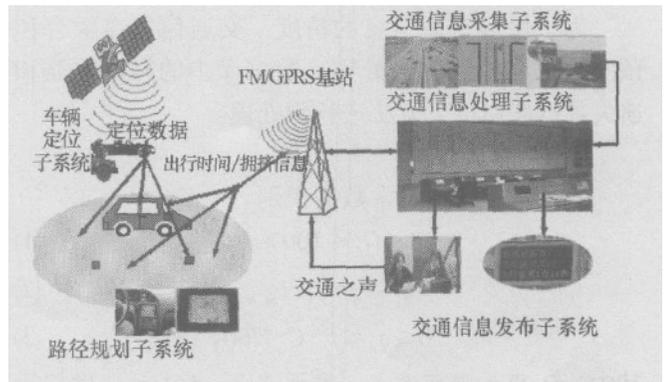


图 2 IRANS 子系统之间的信息流

Fig.2 Information flow among IRANS subsystems

供到达目的地的最优路径。车载信息装置通过 GPRS 接收动态的交通信息，快速计算出最优路径，并使用语音提示和方向箭头引导驾驶员绕开拥挤区。

为了降低总体费用，IRANS 与 UTCS (Urban Traffic Control System) 实现了信息共享，避免信息重复采集。IRANS 采用 UTCS 的检测器和探测车获得的信息。同时，UTCS 也从 IRANS 中获得有用的交通信息。两个系统的信息共享框架如图 3 所示。

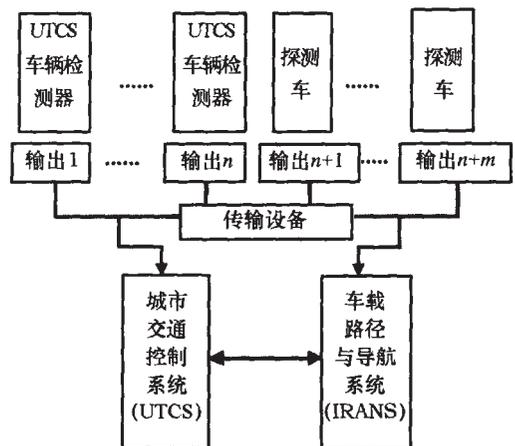


图 3 城市交通控制系统与车载路径与导航系统信息共享框架

Fig.3 Information sharing architecture between UTC and IRANS

交通指挥中心信息处理服务器中安装的是吉林大学开发的交通信息处理软件。动态交通信息通过通信服务器利用 GPRS 和光纤传输给车载信息装置和安装在主要道路上的可变信息板。另外，一些事

件信息则通过交通之声广播给驾驶员。可变信息板每两分钟发布一次到达下一个交叉口的行程时间信息。吉林大学开发的车载信息装置接收实时动态交通信息并计算出最优路径引导驾驶员出行；车辆定位系统利用 GPS/DR/MM 组合定位技术为车辆提供高精度的组合定位数据。

1.2 关键技术和算法

(1) 交通信息预处理

为了保证交通信息的精度，交通信息在融合和预测之前必须经过预处理。数据库中的异常数据和遗失数据使用以下方法进行预处理。

阈值法

该方法用于异常数据识别。

$$0 \leq O_d \leq 100\%, \tag{1}$$

$$0 \leq v_d \leq f_v \cdot v_m, \tag{2}$$

$$0 \leq q_d \leq f_c \cdot C \cdot T/60, \tag{3}$$

其中， O_d 表示占有率； v_d 表示速度； f_v 表示速度修正系数，通常取 1.2~1.5； v_m 表示路段的限制速度值； q_d 表示路段的交通流量； f_c 表示流量修正系数，通常取 1.3~1.5； C 表示道路通行能力； T 表示检测时间。

统计方法

该方法用于补充遗失数据和剔除的数据。采用过去 1 周的历史库中当前时刻数据的 7 d 平均值。

$$V_i = \frac{V_{i-1} + V_{i-2} + \dots + V_{i-7}}{7}, \tag{4}$$

其中， V 表示交通参数（如交通流量，占有率，行程时间）； i 表示某一天， $i-1 \dots i-7$ 表示该天以前的 7 d。

(2) 行程时间估计

交通信息采集系统可以检测到速度、占有率和交通流量。同时，通过 UTCS 可以获得路段通行能力、交叉口信号周期、绿灯时间、红灯时间和饱和流率等。根据这些参数就可以估计出路段的行程时间。该算法公式如公式 (5) 所示，行程时间是路段行程时间、交叉口行程时间以及交叉口延误时间之和。

$$T^i = T_1^i + T_2^i + T_3^i, \tag{5}$$

其中， T 表示第 i 个路段的行程时间； T_1^i 表示自由流时，第 i 个路段的行程时间； T_2^i 表示自由流时，第 i 个交叉口的行程时间； T_3^i 表示第 i 个交叉口的延误时间。

$$T_1^i = \frac{L_i}{v_i}, T_2^i = \frac{l_i}{v_i}, T_3^i = \frac{D_u + D_0}{q}, \tag{6}$$

$$D_u = \begin{cases} qC(1-u)^2 & X < 1 \\ 2(1-y) & X > 1 \end{cases}, \tag{7}$$

$$D_0 = N_0 X, \tag{7}$$

$$N_0 = \begin{cases} \frac{QT}{4} \left(Z + \sqrt{Z^2 + 12(X - X_0)} \right) & X > X_0 \\ 0 & X \leq X_0 \end{cases}, \tag{8}$$

$$Z = X - 1, X = q/Q, X_0 = 0.67 + \frac{S \cdot g}{600}, \tag{9}$$

其中， D_0 表示均衡相位延误； q 表示交叉口进口的车辆到达率； C 表示交叉口的信号周期； u 表示绿信比； r 表示红灯时间； D_0 表示随机和过饱和延误； X 表示饱和度； S 表示饱和流量； QT 表示 T 时间内通过的限制车辆数。

(3) 交通信息融合

通过交通流量、速度和占有率等估计的行程时间应该与探测车所检测的行程时间相融合。该融合算法使用联合卡尔曼滤波算法。融合框架如图 4 所示。

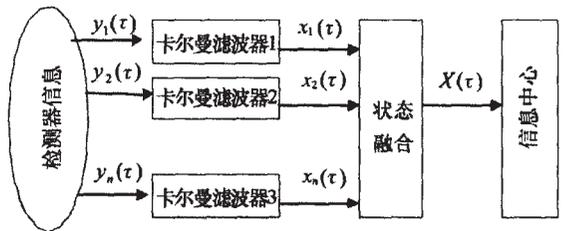


图 4 基于卡尔曼滤波的行程时间融合算法框架
Fig.4 Travel time fusion algorithm architecture based on Kalman Filter

(4) 行程时间预测

根据几个月的行程时间变化规律的分析，本文将 1 年 365 天分为 6 类：A1, A2, A3, A4, A5, A6。具体的分类如表 1 所示。

行程时间预测算法的思想是在同类中找到与预测天具有相似曲线的 1 天作为基函数，然后使用指数平滑方法预测下一个时间段的行程时间。

表 1 6 种分类的具体描述

Tab.1 Specific description of six kind of classification

| 周日 | 春/夏/秋季 | 冬季 |
|-------|--------|----|
| 周一~周五 | A1 | A2 |
| 周六、周日 | A3 | A4 |
| 节假日 | A5 | A6 |

$$F(t) = \min \left\{ \sum_{i=0}^s \frac{M_k(l-t) \cdot Y(l-t)}{M_k(l-t)} \quad (k=1, 2, \dots, 7) \right\}, \tag{10}$$

其中, $F(t)$ 表示基函数; s 表示当前检测的时间段数; t 表示当前时间; Δt 表示检测间隔; Y 为检测到的行程时间; $M_k(\cdot)$ 表示利用正交最小二乘算法拟和的行程时间曲线。

$$M(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_{m-1} t^{m-1}, \quad (11)$$

则预测模型是

$$PV(t + \Delta t) = (1 + \lambda) M(t + \Delta t), \quad (12)$$

$$= c(t) / M(t), \quad (13)$$

$$c(t) = [Y(t) - M(t)] + (1 - \lambda) c(t - \Delta t), \quad (14)$$

其中, PV 是预测的行程时间; λ 是修正系数; c 是常数, $0 < \lambda < 1$ $c(t)$ 是时刻的 $[Y - M(t)]$ 的指数平滑值。

(5) GPS/DR/MM 组合定位

高精度定位是 IRANS 的关键。本系统采用组合定位来修正 GPS 的定位数据。卡尔曼滤波算法用作融合 GPS 定位数据和 DR 定位数据。融合后, 基于模糊逻辑的地图匹配算法用来修正融合的 GPS/DR 定位数据。基于卡尔曼滤波的 GPS/DR 融合算法流程如图 5 所示。基于模糊逻辑的地图匹配算法如图 6 所示。

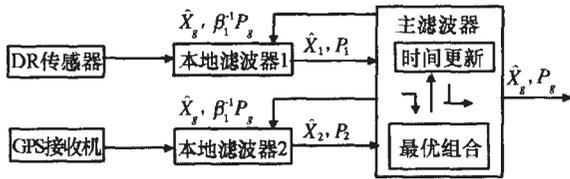


图 5 基于卡尔曼滤波的 GPS/DR 的融合算法流程

Fig.5 GPS/DR fusion algorithm flow based on Kalman Filter

(6) 最优路径规划和引导

为了提高最优路径的搜索速度, 提出了路网简化模型。将每个路径都看成是由路段和节点组成。一个交叉口就看成是一个节点。同时, 根据出行者的驾驶特性, 将道路分为主要道路和次要道路以及相应的小区。在本次试验中, 主要道路网络和交叉口被存入数据库中。当计算最优路径或者替代路径时, 调入相关小区文件, 组合各小区交叉口形成简单的道路网。然后, 在简单的路网上使用经典的最短路算法来搜索最优路径和替代路径。

2 实地试验描述

为了验证 IRANS 整个系统和各个关键技术的效果, 由吉林大学和长春市交通指挥中心联合开展了实地试验。试验时间是从 2004 年 11 月 1 日到 2004 年 11 月 7 日, 试验地点是长春市的中心区域。试验区如图 7 所示, VMS 安装在一些重要的城市主干道上。20 辆安装有车载信息装置的车辆被租用作为探

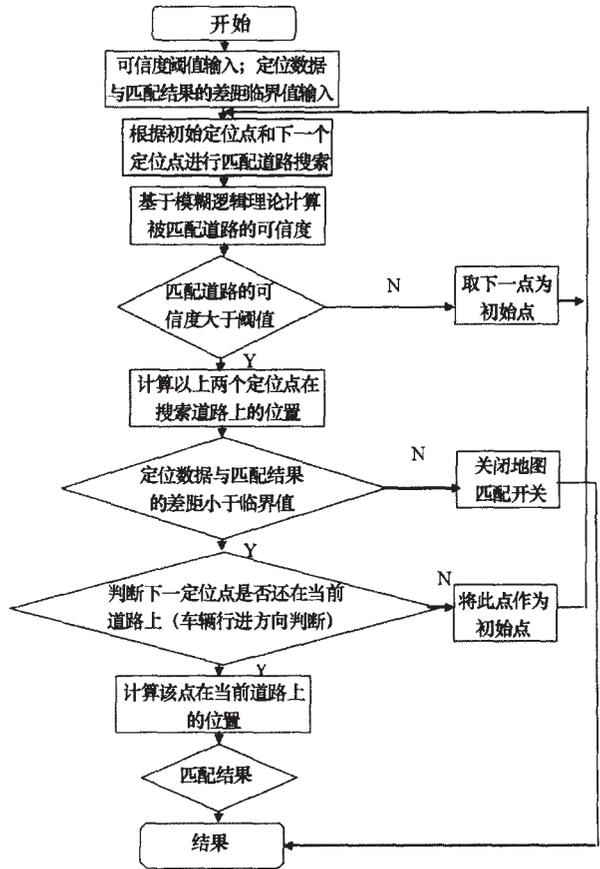


图 6 基于模糊逻辑的地图匹配流程图

Fig.6 Map matching flow chart based on Fuzzy Logic



图 7 试验区和可变信息板位置示意图

Fig.7 Testing area and VMS location sketch map

测车。这些探测车不断地向交通指挥中心上传信息(如经度、纬度、行程时间、交通状况等), 同时, 探测车也实时接收指挥中心下发的整个路网的行程时间数据。这些车辆被要求跟随车队前进。每 2 min, 车载信息装置更新一次交通信息, 可变信息板更新一次。(出于一些原因, 直到试验开始, 只有长春大街和自由大街的可变信息板开始运作。)

为了验证整个系统的有效性, 访问了一些驾驶员, 从而调查出他们对整个系统的评价。表 2 中的问题被提供给挑选的普通驾驶员和探测车的驾驶员。表 3 中的问题被提供给探测车的驾驶员。表 4 中的

表 2 交通信息发布系统的问卷

Tab.2 Questionnaire for traffic information issuance system

| 问题 | 答案 |
|--------------------------------|---------|
| 可变信息板对您有用吗？ | 有或没有 |
| 您是否根据可变信息板的显示信息选择驾驶路线？ | 是或不是或有时 |
| 您对可变信息板的显示模式满意吗？ | 是或不是 |
| 如果您对显示模式不满意，那么您的意见是什么呢？ | 是或不是或有时 |
| 您是否根据“交通之声”所发布的交通信息选择驾驶路线呢？ | 是或不是或有时 |
| 您认为交通信息更新频率是太快还是太慢？ | 是或不是 |
| 如果您认为交通信息更新频率不合理，怎么改善？ | |
| 您认为可变信息板的安装位置合理吗？ | 是或不是 |
| 如果您认为可变信息板的位置不合理，那么您认为什么位置合适呢？ | |
| 您是否认为可变信息板和“交通之声”有助于避免交通拥挤呢？ | 是或不是或有时 |
| 您认为可变信息板发布的交通信息的精度可靠吗？ | 是或不是或有时 |

表 3 车载信息装置的问卷

Tab.3 Questionnaire for In-vehicle information equipment

| 问题 | 答案 |
|-------------------------------|---------|
| 您认为车载信息装置的操作方便吗？ | 是或不是 |
| 如果您认为该装置难于操作，那么您认为什么方面应该改进呢？ | |
| 您是否认为该装置的软件界面比较友好易于辨识？ | 是或不是 |
| 您是否按照该装置为您计算的最优路径行驶？ | 是或不是或有时 |
| 如果您不按照该最优路径行驶，能否说出原因？ | |
| 您最喜欢该装置为您生成怎样的最优路径？ | |
| 该装置总是正常工作吗？ | 是或不是 |
| 您是否认为该装置总能引导您避开拥挤道路吗？ | 是或不是 |
| 您喜欢该装置的诱导方式吗？如语音导航和方向键头显示？ | 是或不是 |
| 如果您对这种诱导方式不满意，您认为什么样的诱导方式更好呢？ | |
| 您是否认为该装置的功能比较齐全呢？ | 是或不是 |
| 您认为还应该增加一些什么功能呢？ | |
| 您喜欢什么样的最优路径，距离最短路还是时间最短路？ | |
| 您是否有被该装置错误的引入拥挤区域的经历呢？ | 有或没有 |
| 您喜欢该装置的输入方式吗？ | 是或不是 |
| 如果您不喜欢这些输入方式，您更喜欢什么样的输入方式呢？ | |
| 您怎样评价该车载信息装置？您还有哪些建议？ | |
| 您认为该装置的路径生成速度是快还是慢呢？ | |
| 您认为该装置所提供的信息全面吗？ | 是或不是 |
| 如果您认为这些信息不全面，您认为还应该添加什么信息呢？ | |
| 您认为该装置的定位准确吗？ | 是或不是 |
| 您对该装置的外观满意吗？有什么建议？ | |

表 4 被调查对象的自然情况问卷

Tab.4 Questionnaire for responders

| 问题 | 答案 |
|------|-----------------------------------|
| 性别 | 男或女 |
| 年龄 | 10-30 or 31-50 or 51-70 or 71-100 |
| 教育程度 | |
| 职业 | |
| 年收入 | 元 |

问题被提供给所有的调查对象。同时，也访问了交通信息采集系统和交通信息处理系统的操作员对系统运营效果的评价。（例如，系统的软硬件是否运营正常？目前出现了什么问题？）

3 问题和分析

访问调查之后，发现了以下的问题。本论文只是定性的分析这些问题。

(1) 交通信息处理问题

操作者发现：1) 当路段和交叉口数量增加时，信息处理的速度降低。改善信息处理系统的中心处理设备就能够缓解这些问题。2) 可变信息板的信息更新频率不合理。一些驾驶员认为 2 min 过长。考虑到传输能力和驾驶员要求，更新周期将变短，改为 30 min。3) 当异常事件发生时，预测的行程时间不太准确。行程时间预测算法使用模式识别的方法，当一般事件发生时，能够在历史库中找到相应的模式，并获得很好的预测精度。然而，当异常事件发生时，历史库中没有可匹配的模式，精度将大大降低。在这种情况下可以使用以下两种方法改进算法：在算法中添加事件修正系数；在历史库中添加更多的异常事件数据。

(2) 交通信息传输问题

1) 传输系统有时不稳定，所以信息可能会出现延迟或丢失。课题组查看了传输系统的软硬件，找到造成不稳定的因素。发现传输系统软件不太稳定，有时会出错。最后，将系统的软件重新更新了。

2) 当驾驶到 GPRS 信号不良的区域时，车载信息装置就无法接收到实时交通信息。大约有 2% -5% 的时间，会出现信号不良的情况。改善无线传输系统是不现实的，所以采用每周期连续发送两次或更多次的方法来保证信息的接收率。

(3) 信息显示问题

1) 当阳光的角度变化时，可变信息板的信息颜色不够清晰。为了减少眩光对视觉的负面影响，系统考虑到驾驶员的意见将颜色改变成红色或绿色。

2) 可变信息板的显示信息有限。交叉口之间的行程时间信息没有拥挤信息和事故信息那样直观。替代路线的信息也应该显示在可变信息板上。

3) 一些驾驶员并不注意可变信息板或交通之声发布的信息。一些有经验的出租车驾驶员对道路很熟悉,他们更相信自己的经验。但是这个比例并不大,大多数驾驶员认为随着车辆的增多,实时信息更有助于他们的路线决策。

4) 虽然一些驾驶员观看发布的交通信息,但是他们不根据这些信息改变出行路线。一些通勤者和女性驾驶员往往不根据实时交通信息改变出行路线。

(4) 最优路径生成问题

1) 最优路径变化频率过高,致使驾驶员并不总是按照建议路线行驶。在最优路径算法中,每当交通信息变化时都进行最优路径的重新计算。因此,不管新的路径比原来路径好很多或者略好一些,车载信息装置都引导驾驶员走新的路径。为了避免变换路线的高频率,在算法中设置一个阈值。当新的路径与原有路径的差大于阈值时,考虑采用新的路径,否则,不改变路线。

2) 最优路径的种类不能满足驾驶员的一些个性需求。车载信息装置中只有距离最短和时间最短路径,所以将设置更多的待选路径方案(如更多主干道,更少的胡同等个性化的方案)。

3) 起终点输入方式不易操作,每个驾驶员必须停车才能够设置起终点。为了改善操作便捷性,正在研究语音控制输入的方式来避免手动操作的危险,从而驾驶员在开车的过程中也可以设置起终点。

(5) 诱导方式问题

1) 当车辆进入交通设施复杂的区域(如高架和立交等)时,驾驶员不能清晰的看到诱导路径。为了解决这个问题,采用3-D GIS和虚拟现实技术更清晰的显示诱导路径。

2) 驾驶员通常并不看方向箭头指示,以后应该更加重视语音导航而不是视觉导航。

(6) 驾驶习惯问题

一些经验丰富的驾驶员往往习惯于穿一些胡同,但是车载信息装置所提供的路径更偏向于主干道。为了满足于这些小比例驾驶员的需求,在车载信息装置的软件中将加入一些新的设置(例如您更偏向于选择什么样的道路,主干道或者胡同)。根据驾

驶员不同的选择,算法将在不同的数据库中为不同的驾驶员搜索出不同的最优路径。

4 结论

本论文提出了IRANS的系统框架和关键技术。通过长春市的实地试验,发现了一些问题,并分析了这些问题,给出了解决方法。尽管,系统存在一些问题,但是该实地试验为IRANS在中国的研提供提供了有益的借鉴。随着中国10个ITS示范城市的公用信息平台的建立,IRANS将被广泛地应用于缓解交通拥挤和提高交通运输效率当中。同时,该实地试验也为IRANS在中国的应用提供了技术保障。

参考文献:

- [1] M WARDMAN, P W BONSALL, J D SHIRES EVENSEN. Driver response to Variable message signs :A stated preference investigation[J]. *Transpn Res.-C*, 1997, 5(6) : 389- 405,
- [2] ABDEL-ATY M A, KITAMURA R, JOVANIS P P. Using stated preference data for studying the effect of advanced traffic information on drivers' route choice[J]. *Transportation Research- C*, 1997, 5 : 39- 50.
- [3] RICHARD H M EMMERINK, PETER NIJKAMP, PIET RIETVELD, JISN VAN OMMEREN. Variable message signs and radio traffic information :An integrated empirical analysis of drivers' route choice behaviour[J]. *Transpn. Res.-A*, 1996, 30(2) : 135- 153.
- [4] NICHOLSON H, SWANN C D. The Prediction of Traffic Flow Volumes Based on Spectral Analysis [R]. *Transportation Research*, 1974.
- [5] VYTHOULKAS P C. Alternative Approaches to Short Term Traffic Forecasting for Use in Driver Information Systems[J],*Transportation and Traffic Theory*, Elsevier Science Publishers, 1993 : 485- 505.
- [6] ANDERSON J M, BELL M G H, SAYERS T M, HEYMANN G. The Short - term Prediction of Link Travel Time in Signal Controlled Road Networks [J]. *Theory and Application of Advanced Technolo*, 1994.
- [7] 杨兆升. 城市交通流诱导系统[M]. 北京: 铁道出版社, 2000.
- [8] 杨兆升. 城市交通流诱导系统理论与模型 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
- [9] YANG H, KITAMURA R, JOVANIS P P, VAUGHN K M, ABDEL-ATY M A. Exploration of route choice behavior with advanced traveler information using neural network concepts [J]. *Transportation* 20, 1993, 199- 223.
- [10] MAHMASSANI H S, HERMAN R. Interactive experiments for the study of tripmaker behaviour dynamics in congested commuting systems[J]. *Developments in Dynamic and Activity- Based Approaches to Travel Analysis*, 1990: 272- 298.