

一种基于车联网架构的宽视野图像信息系统*

梁艳菊^{1,2}, 李庆^{1,2}, 陈大鹏¹, 余天柱²

(1. 中国科学院微电子研究所 集成电路先导工艺研究中心, 北京 100029; 2. 中国科学院微电子研究所昆山感知中心 多传感器融合研究中心, 江苏 昆山 215347)

摘要: 基于无线物联网架构, 提出了一种可实现车路信息实时采集、共享的宽视野图像信息系统。该系统应用 GPS 全球定位系统采集位置信息, 使用图像传感器获得车辆周围图像; 通过无线车辆网络将数据汇总; 最后通过图像拼接算法构建宽视野图像信息。针对系统中的核心部分——构建宽视野图像信息, 提出了一种基于 SURF (speeded up robust features) 图像特征的图像拼接算法。实验证明, 该算法时间复杂度低, 拼接效果良好, 且系统具有良好的扩展性, 可用于进一步开发车联网的智能应用。

关键词: 车联网; 宽视野; 图像特征; 图像拼接; 全球定位系统

中图分类号: U495 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)06-2145-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.06.038

Wide-view image system based on Internet of cars

LIANG Yan-ju^{1,2}, LI Qing^{1,2}, CHEN Da-peng¹, YU Tian-zhu²

(1. Integrated Circuit Advanced Process Center, Institute of Microelectronics of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2. Kunshan Industrial Technology Research Institute, Smart Center in Kunshan of IMECAS, Kunshan Jiangsu 215437, China)

Abstract: The paper proposed a wide-view image system based on the Internet of cars which compositions information acquisition and fusion. It used a camera and global position system for acquiring image around and the car location information respectively which was transmitted to the server on the information collection stage. On the information fusion stage, firstly, it found the image set suitable for wide-view image using GPS location. Secondly, it constructed wide-view image through a image stitching algorithm based on SURF on the server. Experiments show that the algorithm performs well with high time efficiency. The system is extendable for developing further applications of Internet of cars.

Key words: Internet of cars; wide-view; image feature; image stitch; global position system

车联网是指通过车辆收集、处理并共享大量信息, 使车与车、车与路上的行人和自行车以及车与城市网络能互相连接, 从而实现智能、安全的驾驶^[1]。车联网通过先进的信息技术建立实时、准确、高效的综合交通运输管理系统, 是未来交通系统的发展方向, 也是无线物联网总体框架的一部分。

车路信息采集是车联网技术的一个重要组成部分, 是开发车联网应用的前提。在车路信息中, 图像信息可直观、丰富地展现复杂的交通环境, 因此图像信息的采集和处理具有重要的现实意义。以往的车路信息采集多通过基于 GPRS 的单车载信息系统实现^[2,3], 不能进行资源共享, 获取的车路信息也有限。本文提出一种基于车联网的宽视野图像信息系统, 具有车路信息共享、图像信息丰富、系统配备简易等特点, 具有良好的应用前景。

1 系统结构

系统采用组网灵活、开放、可伸缩、端到端地面向公路智能交通系统的无线物联网总体架构和技术框架, 建立支撑车辆运行环境的图像信息感知、采集、数字车辆信息安全传送、信息融

合发布的一体化系统平台。在系统中, 每个车辆既是信息的采集者, 又是系统服务的对象。

系统可分为感知层、传输层、应用层三层, 如图 1 所示。在感知层, 每个车辆上配备的智能车载终端采集和融合处理车路图像传感器和 GPS 信息, 图像信息传感器和 GPS 通过有线的方式与智能车载终端互联。传输层主要完成数据的传输, 可以采用交通部门先有的交通光纤专网, 也可以采用电信运营商的 IP 通信网络和互联网, 其中, 公路信息感知网络和车载局域网基于 IPv6 技术构建; 在接入层面, 可以采用有线网络接入方式 (如 xDSL、MSTP、PON 等), 也可以采用 2G/3G/LTE/WLAN 等各种无线接入方式, 由每个智能车载终端通过 3G 无线通信网连接到服务器。应用层进行信息的管理, 开发基于实现宽视野车路环境信息的应用。

系统各层完成一定的信息处理功能, 各层之间通过相互通信和传递信息, 协调合作, 实现汽车图像信息的感知、传输、融合处理, 实现宽视野图像的构建和共享。信息处理流程如图 2 所示, 其大致可分为四个部分:

a) CMOS 图像传感器和 GPS 传感器分别获取一定方位角

收稿日期: 2011-09-07; **修回日期:** 2011-10-17 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目 (60576053); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KGX2-YW-148)

作者简介: 梁艳菊 (1985-), 女, 河南周口人, 博士研究生, 主要研究方向为图像拼接、立体视觉 (liangyanju@ime.ac.cn); 李庆 (1972-), 男, 吉林四平人, 副研究员, 主要研究方向为多传感器集成、数据融合; 陈大鹏 (1968-), 男, 安徽合肥人, 研究员, 博导, 主要研究方向为集成电路、MEMS; 余天柱 (1987-), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 主要研究方向为机器视觉。

度的图像信息和当前车辆的位置信息,通过有线方式连接至智能车载终端,本系统中,CMOS 图像传感器采用 USB 方式,GPS 传感器采用 UART 方式连接。

b) 智能车载终端采用 H. 264 编/解码算法将图像信息压缩成较少数据量的文件,并解析 GPS 信息帧,得出经纬度信息和时间信息。压缩的图像信息被打上时间戳及位置信息标志,形成一个数据包。数据包通过无线车联网传输链路发送到服务层的管理支撑平台服务器。

c) 管理支撑平台服务器进行数据解包,分离出图像文件和 GPS 信息。对图像文件根据 H. 264 编/解码协议进行解压缩,恢复出原始图像信息。根据查找剔除算法,选择位置距离较近、时间点相同的图像进行拼接,获得当前时刻的宽视野车路信息。

d) 宽视野图像信息及位置信息被重新组成一个数据项存储在服务器上。服务器周期性更新宽视野的车路信息,并将最新的车路信息共享在车联网上,响应各个车辆对某个路段车路况的请求信息,从而完成宽视野的车路信息在整个车联网上的共享。

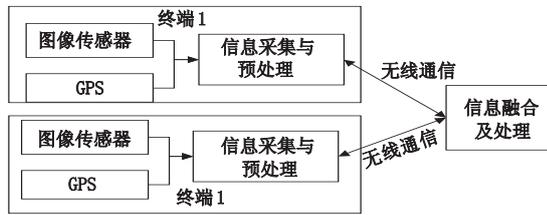


图1 系统框架

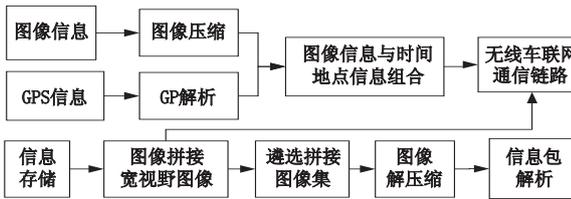


图2 系统信息处理流程

系统的各个部分相互协同,共同完成基于车联网的宽视野图像系统。本文重点介绍整个系统的图像 GPS 信息融合处理部分,即利用图像拼接技术实现宽视野图像,而系统中的车载终端采集和传输 GPS、图像信息的方法在后续文章中会一一介绍。

2 拼接的图像集合确定

车联网的支撑管理平台服务器通过融合 GPS 和图像信息,利用图像拼接技术形成宽视野^[4]图像。通过能够进行图像拼接的图像集合需要满足前提条件:两幅图像之间有一定的重合,即传输图像要在相邻地点、相近时间的车辆采集。故在进行图像拼接之前,本文通过 GPS 位置和时间信息进行图像信息的挑选,确定拼接图像集合。

常用的 GPS 接收机能输出符合 NEMA0183 标准的 ASCII 码数据信息^[5],NEMA0183 通信标准格式是美国国家海洋局电子协会制定的,语句达数十种之多,各种数据句型均以“\$”开头,数据主要由帧头、帧尾和帧内数据组成。数据帧主要有:\$ {GPGGA(GGA-Global Positioning System Fix Data)};\$ {GPGLL(Geographic Position-Latitude/Longitude)};\$ {GPGSA(GPS DOP and active satellites)};\$ {GPGSV(Satellites in view)};\$ {GPRMC(Recommended Minimum Navigation Information)};\$ {GPVTG(Track made good and ground speed)}。其中,GPRMC

是 GPS 推荐的最短数据帧,给出了经纬度、速度、时间等信息。文中选择在 GPRMC 数据帧中提取位置和时间信息。GPRMC 数据帧的格式如表 1 所示。

表 1 \$ GPRMC 帧结构及各字段释义

| | |
|----------|---------------------------------------------------|
| <1> | 格林尼治时间(UTC time):hhmmss.sss |
| <2> | 定位状态(A/V):A 为有效位置;V 为非有效接收警告,即当前天线视野上方的卫星个数少于 3 颗 |
| <3> | 经度(longitude):ddmm.mmm,精确到小数点前 4 位、后 4 位 |
| <4> | 经度方向(S/N):北半球(N),南半球(S) |
| <5> | 纬度(latitude):dddmm.mmmm,精确到小数点前 5 位、后 4 位 |
| <6> | 纬度方向(E/W):东半球(E),西半球(W) |
| <7> | 速度(speed):范围为 0.0~999.9 |
| <8> | 方位角:范围为 000.0~359.9 度 |
| <9> | UTC 日期(date):ddmmyy |
| <10> | 地磁变化:从 000.0~180.0 度 |
| <11> | 校验和(checkSum):3 hh |
| <CR><LF> | 该帧数据的结束标志符 |

根据 GPRMC 帧格式,利用帧内各字段分割标志符“,”定位到位置信息,进行 ASCII-float 数据转换,即可得到经纬度及时间信息。考虑到民用 GPS 的精度问题,位置和时间信息均相同的图像进入拼接的图像集合。

3 图像融合拼接

图像拼接技术可在不降低图像分辨率的条件下获取大视野场景图片,克服鱼眼镜头等设备的不足,能应用于多种场景^[6,7]。在文中所述系统中,能够将车载系统传输的图像拼接为宽广视角的交通图像。在图像拼接算法中,基于特征的图像拼接技术具有时间效率高、匹配精度高、鲁棒性好等优点,研究和应用较广泛。基于 SIFT 特征^[8]的图像拼接系统拼接效果好,但计算量大,时间复杂度较高,无法满足实时性需求。为降低图像拼接算法的时间复杂度,系统采用一种基于 SURF (speeded up robust features)^[9]特征图像拼接算法。其较以往的图像拼接算法,采用了以下的优化:a)采用高效的 SURF 特征取代计算量大、时间复杂度高的 SIFT 特征;b)将 K-D(k-dimension)树^[10]应用于特征点匹配。

系统首先利用 SURF 算子提取图像特征点,然后使用 K-D 树最近邻搜索算法特征点匹配,接着采用 RANSAC 算法估计图像空间透视变换参数,再根据变换参数对图像进行对齐,最后采用加权平均的方法实现图像的拼接融合。该算法的流程如图 3 所示。

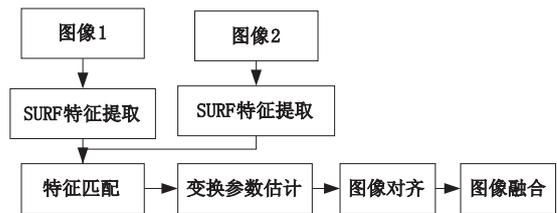


图3 算法流程

3.1 SURF 特征提取

SURF 算法可分为特征点检测与特征点描述符表示两部分。利用积分图像的概念,可以提高 SURF 特征检测的时间效率。积分图像定义为

$$I_{\Sigma}(x) = \sum_{i=0}^{x-1} \sum_{j=0}^{y-1} I(i, j) \tag{1}$$

为使 SURF 特征点具有尺度不变性,用不同尺寸的框状滤波器对原始图像进行滤波处理,组成滤波金字塔,如图 4 所示。

其中:(a)是 SIFT 滤波金字塔的生成方式,其保持滤波器尺寸不变,改变图像尺寸;(b)是 SURF 滤波金字塔的生成方式。两者对比可以看出,SURF 对同一尺寸图像进行处理,可以并行计算,提高了时间效率。

SURF 描述符的提取分为两步,即确定特征点方向和生成描述符向量。以特征点为圆心,半径为 6σ (σ 为尺度)的圆内,计算尺寸为 4σ 的 Harr 小波响应 d_x, d_y ,对 d_x, d_y 进行高斯加权 (2σ)。用角度为 $\pi/3$ 的扇形区域绕特征点旋转一周,计算扇形在每个角度时的 $d_x + d_y$ 。 $d_x + d_y$ 最大时的方向为特征点的方向,如图 5 所示。

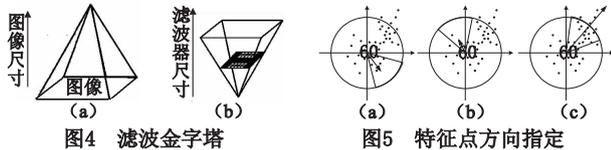


图4 滤波金字塔

图5 特征点方向指定

确定方向后,以特征点为核心,构建一个大小为 20 的正方形窗。将这个正方形窗划分为 4×4 个小正方向区域,每个小区域内的描述符如式(2)所示,形成 SURF 64 维特征向量。确定方向后,以特征点为核心,构建一个大小为 20σ 的正方形窗。将这个正方形窗划分为 4×4 个小正方向区域,每个小区域内的描述符如式(2)所示,形成 SURF 64 维特征向量。

$$\text{desc_square} = V(\sum d_x, \sum d_y, \sum |d_x|, \sum |d_y|) \quad (2)$$

3.2 基于 K-D 树的特征匹配

特征点匹配的目的是找到两幅图像中表示相同物理位置的特征点,形成特征点匹配对。利用 K-D 树最近邻搜索算法实现特征点的匹配,该算法充分利用 K-D 树的特点,大幅度提高了搜索效率。最近邻判别标准是欧氏距离最短,如式(3)所示。

$$d(\text{desc1}, \text{desc2}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{64} |\text{desc1}(i) - \text{desc2}(i)|^2} \quad (3)$$

其中: $\text{desc1}(i), \text{desc2}(i)$ 分别表示两幅图像 image1、image2 中特征点描述符 desc1、desc2 的分量。

用 64 维的 SURF 特征点描述符组成 64-D 搜索树。该树的每一个节点都是 64 维的数据,组成了一个 64 维超空间。64-D 最近邻搜索算法在 64-D 树上递归进行。为提高计算效率,避免开方计算,欧氏距离直接用其平方代替。算法如下:

a) 从根节点开始往下搜索子树。

b) 如果搜索到叶子节点,存储该叶子节点为当前最近邻点 current best。

c) 在每个节点上首先判断计算当前节点与目标节点的距离,如果当前节点与给定的目标点的距离更小,则更新 current best。然后判断以目标节点为中心,以当前最佳距离为半径的子超空间是否与分裂超平面相交。若相交则搜索右子树,否则忽略右子树,继续搜索。

d) 最后算法在根节点上完成上述步骤,结束。

为优化匹配准确率,对匹配的点进行进一步限制,如式(4)所示。

$$\begin{cases} \frac{\text{FND}}{\text{SND}} < \text{threshold} & \text{match} & \text{success} \\ \frac{\text{FND}}{\text{SND}} \geq \text{threshold} & \text{match} & \text{failed} \end{cases} \quad (4)$$

其中:最近邻距离表示为 FND(first nearest distance),次近邻距离表示为 SND(second neighbor distance)。经过上述步骤,两幅图像 SURF 特征点匹配完成。

3.3 图像对齐

图像的拼接需要在对齐的图像上进行,因此需要计算两幅图像间的变换关系。图像 image1 和 image2 中的一对匹配点 $p_1 = (x_1, y_1), p_2 = (x_2, y_2)$ 间的仿射变换关系可表示为

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} = H \times \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{cases} x_1 = h_{11}x_2 + h_{12}y_2 + h_{13} \\ y_1 = h_{21}x_2 + h_{22}y_2 + h_{23} \end{cases} \quad (6)$$

为了提高 H 矩阵中参数估计的精度,排除可能存在的误匹配点影响,文中采用 RANSAC(random sample consensus)^[11] 随机采样一致算法来估计 H 。

得到图像的变换参数后,选择一幅图像作为基准图像,将另外一幅图像根据其变换参数进行仿射变换。为保证图像变换后的清晰度,对变换的图像进行双线性插值。

3.4 图像拼接融合

图像的拼接融合将配准后的图像合并为一幅宽视角图像。受采样角度、光照强度等因素影响,直接拼接会使两幅图像拼接处出现明显的拼缝,因此采用加权平均的方法对图像进行融合。假设待拼接的两幅图像用 I_1, I_2 表示,融合后的图像用 I 表示,融合公式为

$$I(x, y) = \begin{cases} I_1(x, y) & (x, y) \in I_1 \\ \alpha I_1(x, y) + (1 - \alpha) I_2(x, y) & (x, y) \in I_1, I_2 \\ I_2(x, y) & (x, y) \in I_2 \end{cases} \quad (7)$$

其中: $\alpha = \frac{w_i}{W}, \alpha \in (0, 1), w_i$ 为当前像素点与两幅图像重合区域左边缘的横向距离, W 是两幅图像重合区域的总宽度。 α 从 0 均匀变化到 1, $1 - \alpha$ 从 1 均匀变化到 0,实现了拼接图像的平滑过渡。

3.5 图像拼接算法效果测试

在 Microsoft Visual C++ 2010, MATLAB 2010 R2010a 环境,主频为 2.8 GHz Pentium Dual-core E5500 CPU 上进行拼接效果测试。采用两幅高速公路上图片,设计实验对文章基于 SURF 特征的算法以及文献[12]所采用的图像拼接算法来测试图像拼接效果和时间效率。

图 6 是两幅待拼接的图片,尺寸均为 400×256 ;图 7 是两幅图像的配准情况;图 8 是图像拼接效果。可以看出,图片拼接区域光滑过渡,拼接效果良好。图像特征提取、特征匹配以及图像拼接总用时如表 2 所示。可以看出,基于 SIFT 特征的图像拼接算法时间效率较低,文中基于 SURF 特征的算法拼接用时为 0.483 s,比基于 SIFT 特征的图像拼接算法的 37.7 s 有较大提高。由于拼接算法最终在终端服务器上进行,采用性能高于实验所用 PC 十倍的服务器则可以实时完成图像拼接,达到实时视频播放 25 fps 的需求。

表 2 图像特征提取和匹配算法时间效率比较

| 项目 | 基于 SIFT 图像拼接 | 文中改进的基于 SURF 图像拼接 |
|-----------|--------------|-------------------|
| 特征检测 t/s | 2.48 | 0.266 |
| 特征匹配 t/s | 35.2 | 0.217 |
| 拼接总用时 t/s | 37.7 | 0.483 |

图像拼接算法在终端服务器上运行,拼接形成的全景图像连同位置信息将在服务器上存储,这些信息可(下转第 2152 页)

(上接第 2147 页)传送给车辆,或者作为一幅待拼接的图像。当有相同位置的图像信息传送到服务器上时,可进一步进行图像拼接构建更宽视野的图像,提供更为丰富的交通信息。



图6 拼接图片



图7 特征点匹配效果



图8 拼接效果

4 结束语

本文提出了一种可实现车路信息实时采集、共享的宽视野图像信息系统。借助车载智能终端及高速无缝的车联网无线通信网络,可以将图像拼接算法转移到计算能力强大的终端服务器上,并采用一种改进的基于 SURF 的图像拼接算法,克服了传统大图像拼接系统时间复杂度高,计算量大,无法应用于智能交通中的缺陷。拼接完成的图像可用于进一步拼接构建更宽视野的图像、开发基于车联网的更多智能化的应用。系统架构具有车联网智能应用系统的一般性,具有良好的扩展性。

参考文献:

[1] 高弋坤. 车联网开启城市交通新时代[J]. 通信世界,2010,25(24): 22-23.
[2] 谢欢,陈继努. 基于 WebGIS 和 GPRS 的智能交通系统设计与实现[J]. 计算机科学,2005,32(4): 225-227.

[3] 张正,张其善. 基于 GPRS 的车载信息平台的研制与关键技术[J]. 北京航空航天大学学报,2005,31(1): 98-101.
[4] 王娟,师军,吴宪祥. 图像拼接技术综述[J]. 计算机应用研究,2008,25(7):1940-1943,1947.
[5] 郑钢,何香玲. GPS 通信的 NEMA 协议及定位数据的提取[J]. 计算机应用与软件,2004,21(12):121-122.
[6] 周建中,温红艳. 基于灰关联分析的遥感影像无缝拼接[J]. 计算机应用研究,2009,26(9):3534-3535,3538.
[7] 赖宇锋,程良伦. 基于小波变换与相位相关的 PCB 图像拼接算法[J]. 计算机应用研究,2009,26(9): 3572-3574.
[8] LOWE D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. *International Journal of Computer Vision*,2004,60(2): 91-110.
[9] BAY H, ESS A, TUYTELAARS T, *et al.* Speeded-up robust features (SURF) [J]. *Computer Vision Image Understand*,2008, 110(3): 346-359.
[10] CHANDRAN S. Introduction to kd-trees[EB/OL]. (2011-09-15). <http://www.cs.umd.edu/class/spring2002/cmsc420-0401/pbasic.pdf>.
[11] LU Le, DAI Xiang-tian, HAGER G. Efficient particle filtering using RANSAC with application to 3D face tracking[J]. *Image and Vision Computing*,2006,24(6): 581-592.
[12] 王田甲,刘国荣. SIFT 改进算法在图像配准中的应用[J]. 微电子学与计算机,2011,28(5): 184-188.