

6-6-2020

Distributed Power Emergency Rescue Perception and Cooperative Information Interaction Technology

Xiaojun Xie

1. Information and Telecommunication Branch, State Grid Anhui Electric Power Company, Hefei 230061, China;;

Hanchen Lu

2. School of Automation Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

Ruoxin Shi

2. School of Automation Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research](#), [Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Distributed Power Emergency Rescue Perception and Cooperative Information Interaction Technology

Abstract

Abstract: An emergency rescue technology for modern vehicle was proposed based on the implementation process of positioning, communication and task. The key subsystems of information processing and multi-link message in the rescue system were developed. *The cooperative interaction method and technical scheme of emergency command system were based on multi-link communication.* To improve the communication effectiveness between the emergency command center and emergency rescue vehicles under harsh conditions, the problems of short message communication and vehicle data transmission were solved by establishing a framework for directing side and the vehicle side. Design and implementation of the system through the field test in Beijing and Hefei verified the effectiveness of the technical scheme and algorithm, provided a feasible solution for emergency rescue command and control.

Keywords

emergency command, Kalman filtering, time synchronization, multilink communication

Recommended Citation

Xie Xiaojun, Lu Hanchen, Shi Ruoxin. Distributed Power Emergency Rescue Perception and Cooperative Information Interaction Technology[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(12): 3082-3091.

分布式电力应急救援感知与协同信息交互技术

谢小军¹, 芦翰晨^{2*}, 施若馨²

(1. 国网安徽省电力公司信息通信分公司, 安徽 合肥 230061; 2. 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院, 北京 100191)

摘要: 从定位、通信、任务下发的实施过程研究了现代应急救援技术的系统结构、组成和功能, 并对信息处理及多链路消息两个关键子系统进行了研究, 提出了基于多链路通信的应急指挥系统协同交互方法和技术方案。为提高多点分布式应急救援中应急指挥中心与应急救援车辆在受限通信网络下的通信能力, 重点研究针对指挥中心和车辆端协同的系统框架, 解决了消息通讯及车辆监控数据协同感知与同步传输问题。设计实现的系统在北京及合肥的实地测试, 验证提出技术方案和算法的有效性, 为应急条件下救援指挥监控提供了可行的解决途径。

关键词: 应急指挥; 卡尔曼滤波; 时间同步; 多链路通讯

中图分类号: TP391.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2017)12-3082-10

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201712020

Distributed Power Emergency Rescue Perception and Cooperative Information Interaction Technology

Xie Xiaojun¹, Lu Hanchen^{2*}, Shi Ruoxin²

(1. Information and Telecommunication Branch, State Grid Anhui Electric Power Company, Hefei 230061, China;

2. School of Automation Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: An emergency rescue technology for modern vehicle was proposed based on the implementation process of positioning, communication and task. The key subsystems of information processing and multi-link message in the rescue system were developed. *The cooperative interaction method and technical scheme of emergency command system were based on multi-link communication.* To improve the communication effectiveness between the emergency command center and emergency rescue vehicles under harsh conditions, the problems of short message communication and vehicle data transmission were solved by establishing a framework for directing side and the vehicle side. Design and implementation of the system through the field test in Beijing and Hefei verified the effectiveness of the technical scheme and algorithm, provided a feasible solution for emergency rescue command and control.

Keywords: emergency command; Kalman filtering; time synchronization; multilink communication

引言

近几年, 随着我国经济的高速发展, 各类重大

事故频繁发生, 给国家、社会和百姓的生活带来了很大的影响。分析众多事故不难发现, 导致我国事故频发, 伤亡后果严重的重要原因之一, 即是未形成健全的应急救援系统。

为了有效的应对各种突发公众事件, 产生了应急系统。除美国的事故指挥系统^[1], 应急救援网络治理体系^[2]外, 日本、英国及俄罗斯都建立了完善



收稿日期: 2015-10-23 修回日期: 2016-01-22;
基金项目: 国家自然科学基金面上项目(61175109),
航空科学基金(20145851038);
作者简介: 谢小军(1975-), 男, 安徽泾县, 硕士, 高工, 研究方向为电力通信系统的运行管理和无线通信相关的技术研究。

<http://www.china-simulation.com>

• 3082 •

的应急救援统一管理体制。中国安全生产应急管理的基础理论体系尚不完善, 特重大事故防范和救援技术研究刚刚起步, 应急救援技术发展与国外还存在很大差距, 其中最突出的问题即使救援队伍缺乏先进、配套的救援装备及系统, 导致救援最战部队技术含量不高, 无法及时作出有效的救援行动。

近年来, 针对应急救援条件, 尝试在突发事件和基础通信设施彻底破坏后, 利用北斗卫星报文和其它通信手段来保持应急救援信息畅通, 对中国国土及周边地区内的动、静态用户提供快速定位、应急通信、双向短报文通信服务成为了研究重点。在“十二五”规划中, 北斗卫星导航被列入战略性新兴产业之一, 相关部门针对行业应用发展也制定了卫星导航产业的具体推进措施和目标。随着卫星导航应用产业化水平得到不断提升, 北斗卫星导航系统已经被广泛应用到国防安全、交通运输等国民经济众多领域。在 2008 年南方冰冻灾害、汶川抗震救灾, 2010 年玉树抗震救灾、舟曲泥石流救灾中, 北斗卫星导航系统均起到关键作用^[3]。

本文拟针对应急抢险和救援等突发情况, 研究和设计能在原有通信设施破坏后, 进行多车辆救援行动的指挥监控系统, 解决消息通讯及车辆监控数据协同感知与同步传输问题, 以及收发数据的协同交互机制, 其目标是构建应急资源地图, 通过北斗卫星定位导航功能, 可为应急救援提供最佳路线, 缩短救援时间; 监控应急救援车辆的运动轨迹, 并实现对应急车辆重要数据统计, 应急指挥中心人员可全面掌握救援进度。

本文总体设计中, 技术方案分别将整体感知、监控和消息同步处理配置为应急指挥中心系统和应急车载系统。应急指挥中心系统负责进行救援任务的下发、执行任务车辆信息实时汇总和分析, 已达到对救援车辆远程监控的目的, 要求实时掌握各车辆状态, 以便更好地进行调度与指挥。应急车载系统端将实时记录和传输车辆状态, 包括环境信息(实时经纬度、卫星导航系统授时等)及车辆状态信息(故障码、油耗等)。

为解决北斗连续通信频率限制问题, 本文采用 DTU(Data Transfer unit), BD(BeiDou)及数传电台组合的三通道备份链路通讯模式。执行任务同时, 为使数据更具精确性和有效性, 除了进行必要的时间同步处理外, 应急指挥中心收到信息后将数据解算和处理。对车辆状态信息将进行有效性过滤及车辆未来状态预警。而在环境信息方面, 将对经纬度定位信息进行卡尔曼滤波处理, 便于更好地反映各车辆执行任务情况。

1 信息获取与处理

当车辆执行紧急任务时, 为使应急指挥中心可以持续获知实时的环境态势, 需要车辆在运行的同时不断收集并远程传输各种有效信息。基于上述考虑, 所有在执行任务的车辆定时获取环境信息及车辆状态信息, 在自身对所得数据进行有效性自检后定时向应急指挥中心进行传输。应急指挥中心在收到数据后会进行数据解算和处理, 对所获得环境信息进行卡尔曼滤波处理以达到位置精确定位的目的, 车辆状态信息将实现行驶轨迹监控功能及远程汽车诊断监控功能, 包含可监控车辆发动机运行情况、电路故障、胎压情况、油耗统计等。

1.1 主程序各模块功能

依据应急救援系统设计, 将各功能模块化, 其和模块功能如表 1 所示。

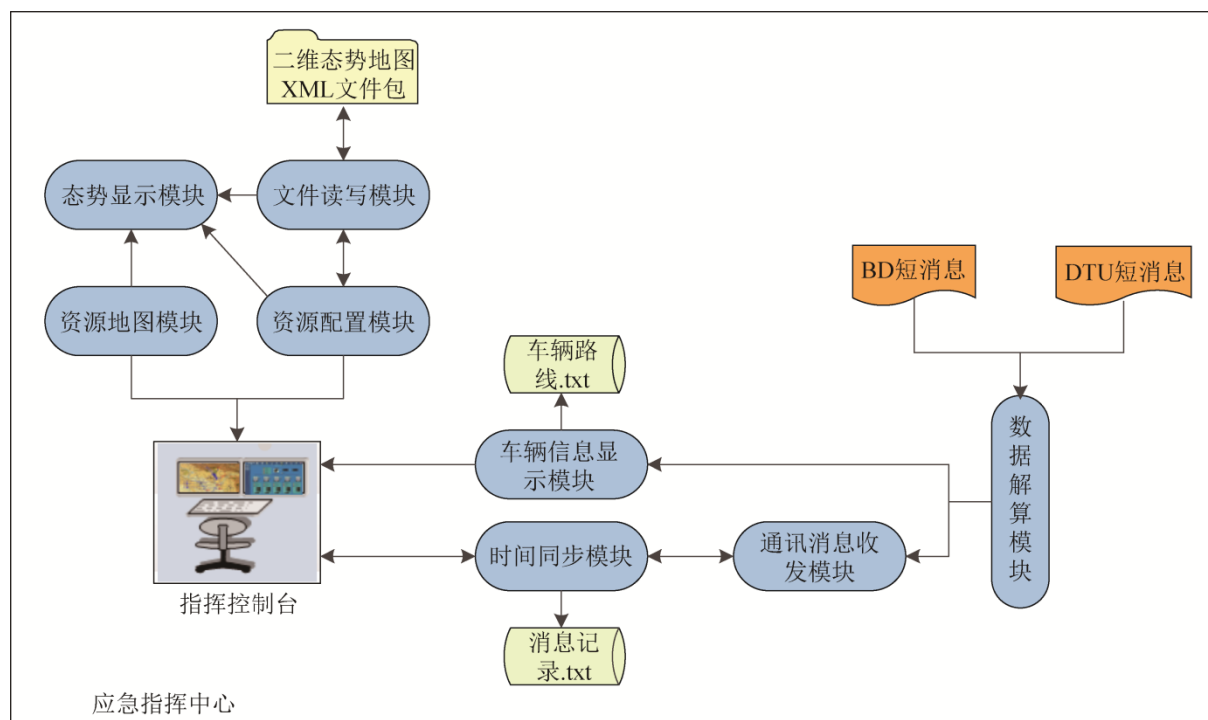
所设计模块根据两种系统功能不同需求, 进行组合及构建, 及完成如图 1 及图 2 中应急指挥中心及应急车载系统的框架设计。

1.2 应急指挥中心信息获取、处理及传输

应急指挥中心为建立在室内的双屏指挥控制台, 在此基础上加装和集成相应的硬件和软件, 其中硬件包括北斗一代通讯模块、北斗二代和 GPS(Global Positioning System)融合的信息接收机及 DTU 数据传送模块, 软件则为相对应的应急指挥中心软件模块。其系统原理框如图 1 所示。

表 1 模块功能简述
Tab. 1 Module function

模块	功能
资源配置模块	提供车辆及路线的想定编辑、修改、保存、载入等功能
资源地图模块	根据应急救援任务的实施地点信息，选择合适的图片调入软件，在其上进行任务信息的处理和显示
态势显示模块	显示含有道路信息和经纬度的地形图，指挥中心和资源仓库的位置和状态，救援区域的位置和范围，以及车辆的规划线路和实际行驶路线等
文件读写模块	处理环境文件及任务文件生成的 XML(Extensible Markup Language)文件的读写，实现大量数据管理配置
百度地图模块	实现在二维态势地图基础上进行百度地图路径规划，并实现建议操作路径点配置功能
时间同步模块	实现车辆数据及双方通信时间的校准，保证了信息的有效性及其精确性
通讯消息收发模块	提供对 DTU 短信息和北斗短信息的收发操作和显示
车辆信息显示模块	实现多车辆实时信息显示和多车辆实际行驶路线在态势图上的显示
数据解算模块	处理应急车载系统和应急指挥中心的 OBD 数据、环境信息数据、短信息及远程下发任务的编码和解算
数据远程传输模块	对双链路短信息收发、车辆 OBD 数据传输及任务文件下发进行管理

图 1 应急指挥中心系统软件原理框图
Fig. 1 Emergency system software block diagram

应急指挥系统所收取的数据先要经过数据解算，用于处理各车载系统发来的 DTU 短信息和北斗短消息。首先区分出车辆位置信息，OBD(On-Board Diagnostic)数据信息和通讯信息，然后将用于通讯的消息输出给通讯消息收发模块，将提供车辆实时位置和 OBD 数据的消息中的各种数据解算

并进行处理，用作下一步的环境态势显示。

另外，为实现极端条件下任务远程更新，数据计算模块中可实现二维态势地图信息远程传输，用于远程下发及更新救援车辆任务，传输通道同样采用双链路通讯，

1.3 应急车载系统信息获取、处理及传输

应急车载系统以车载笔记本电脑为基础, 加装 OBD 平台状态感知器、北斗一代通讯模块、北斗

二代和 GPS 融合的信息接收机, DTU 数据传送模块等硬件设施, 搭配相应的应急车载系统软件模块。其系统设计框如图 2。

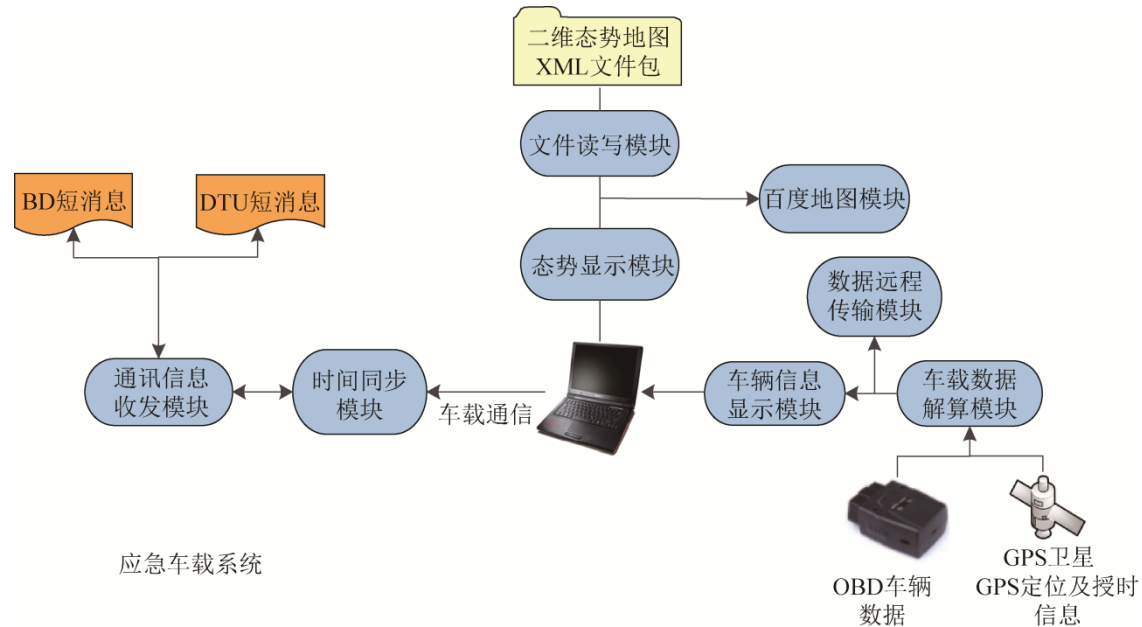


图 2 应急车载系统软件原理框图
Fig. 2 Emergency vehicle system software block diagram

其中车辆状态信息来源为车载 OBD 传感器, 北斗系统模块则提供车辆环境信息。OBD 车辆传感器通过向 OBDII (the Second On—Board Diagnostics) 模块发送指令来获取车辆文字信息, 通过对文字头尾进行匹配解算可获得包括电瓶电压、发动机转速、车辆故障码等 21 个有效实时车辆信息^[4]。为防止数据混乱, 采用定时取数, 数据每 1.3 秒更新一次(可更改)。在实际工作中, 如遇到乱码数据则会触发自检机制, 停止与传感器数据交互并进行自我修正, 直到数据恢复正常^[5]。

GPS/BD 组合地理位置信息及授时时间由北斗系统模块获得, 当打开端口后会持续受到大量位置数据信息, 为防止大量数据堆叠, 采用定时器进行取数, 每 1 秒取 1 次, 当解算算出有效数据立即关闭端口, 直到下次取数再打开。经纬度及授时时间数据每 1 秒更新 1 次, 当信号由于受遮挡等问题导致 GPS 数据丢失则停止更新, 直到信号恢复正常。

1.4 态势图离线处理的自动分块拼合算法

在实际应急救援过程中将出现各种突发状况, 如公共网络全面瘫痪, 因而必须实现态势图的离线保存和调用, 为救援人员提供救援区域的地理信息和救援态势信息支持。为了显示出救援区域的详细地形和道路信息, 需要使用较高清晰度的态势图, 这会大大增加图片所需的存储空间, 并给图片的调用和显示带来困难。因此, 采用态势图分块化, 设计分块算法, 以更好的实现离线管理。

根据任务的需要, 将态势图分为 $n \times m$ 块, 并从左到右、从下往上将子图标记为 Map_{ij} , 其中: $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m$ 。由于我国位于东北半球, 地图左下角的经纬度数值最小, 将其坐标记为 $X(\text{MinLon}, \text{MinLat})$, 其中: MinLon 和 MinLat 分别为态势图左下角的经度和纬度; 而地图右上角的经纬度数值最大, 将其坐标记为 $Y(\text{MaxLon}, \text{MaxLat})$, 其中: MaxLon 和 MaxLat 分别为态势图右上角的

经度和纬度。为方便下文的表述, 设

$$\begin{aligned}\Delta Lon &= (MaxLon - MinLon) / n \\ \Delta Lat &= (MaxLat - MinLat) / m\end{aligned}\quad (1)$$

如果各子图内容不重叠, 则直接进行切割分块即可。由于各子图面积相等, 均为 $\Delta Lon \times \Delta Lat$, 易得子图 Map_{ij} 的左下角和右上角经纬度坐标分别为:

$$\begin{aligned}X_{ij} &(MinLon + (i-1)\Delta Lon, MinLat + (j-1)\Delta Lat) \\ Y_{ij} &(MinLon + i \cdot \Delta Lon, MinLat + j \cdot \Delta Lat)\end{aligned}\quad (2)$$

内容不重叠的子图分块方法虽然简单, 但是当需要查阅两图交界处时, 使用起来很不方便, 因而可以在分块时, 让两张相邻的子图有一部分重叠的内容, 重叠部分的大小可以根据需要进行调整。

所设计分块算法中, 保持各子图的面积相等, 并设左右或上下相邻两图的重叠部分面积与单个子图面积之比为 δ , 具体的分块方法如图 3 所示。

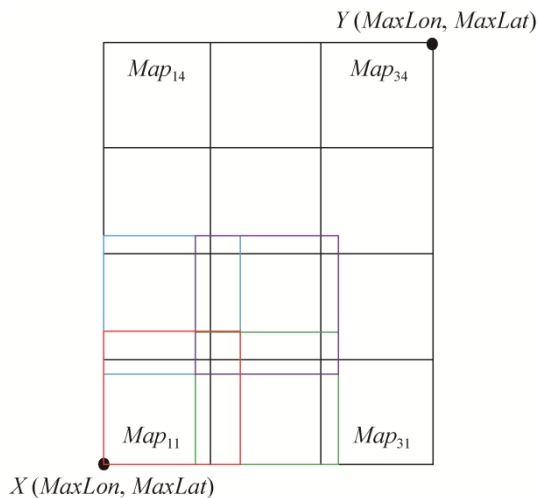


图 3 有重叠部分的态势图分块方法
Fig. 3 Situation graph block method

图 3 中假设将态势图分为 3×4 块, 黑色线条即为无重叠的分块方法, 而对于有重叠部分的分块方法, 红色、绿色、蓝色、紫色矩形框分别画出了 Map_{11} 、 Map_{12} 、 Map_{21} 、 Map_{22} 所占图片区域的边界。图 3 中还标出了态势图左下角和右上角的经纬度坐标, 并给出了分块子图的命名方法。

可以计算出每个子图的面积 A 为:

$$A = (1 - \delta + \delta n) \Delta Lon \times (1 - \delta + \delta m) \Delta Lat \quad (3)$$

此时, 子图 Map_{ij} 的左下角和右上角经纬度坐标分别为:

$$\begin{aligned}X_{ij} &(MinLon + (i-1)(1-\delta)\Delta Lon, \\ &MinLat + (j-1)(1-\delta)\Delta Lat) \\ Y_{ij} &(MinLon + (i(1-\delta) + \delta n)\Delta Lon, \\ &MinLat + (j(1-\delta) + \delta m)\Delta Lat)\end{aligned}\quad (4)$$

算法经实际测试, 满足人机交互需求, 地图间切换没有明显延迟。

1.5 应急救援车辆导航信息的组合卡尔曼滤波处理

在实际取数过程中, 未经处理的 GPS/BD 组合导航数据通过伪距定位算法来获得经纬度, 其原理是在每一次的牛顿迭代算法中利用最小二乘法来求解^[6]。但传统的最小二乘法已很难减少导航数据中存在着的各种影响定位精度的随机误差。如星历误差、卫星时钟误差等^[7]。

为了减少这些误差, 工程中应用了多种测量方法以使定位误差最小化, Kalman 滤波技术是这方面最典型的技术之一。Kalman 滤波算法是一种最优估计算法, 采用信号与噪声的状态空间模型, 利用前一时刻地估计值和新时刻的观测值来更新对状态变量的估计, 求出对新时刻的估计^[8]。理想情况下, Kalman 滤波能在线性高斯模型条件下, 对系统的状态做出最优的估计。但是, 实际系统总是存在不同程度的非线性, 典型的非线性函数关系包括平方关系、对数关系、三角函数关系等。为了精确估计系统的状态, 必须建立适用于非线性系统的滤波算法。其中应用最广泛的方法是扩展 Kalman 滤波方法(EKF)。

扩展 Kalman 滤波建立在线性 Kalman 滤波的基础上^[9], 其核心思想是, 对一般地线性系统, 首先围绕滤波值 $\hat{x}_k$ 将非线性函数 $f(*)$ 和 $h(*)$ 展开成 Taylor 级数, 并略去二阶及以上项, 得到一个近似的线性化模型, 然后应用 Kalman 滤波完成对状态的估计等处理。

通过合理建立 GPS 观测与车辆运动模型, 就可以设计出对 GPS 定位数据实时处理的滤波算法, 该算法可以有效过滤 GPS 的原始观测误差并提高位置数据精度, 其算法流程如图 4。

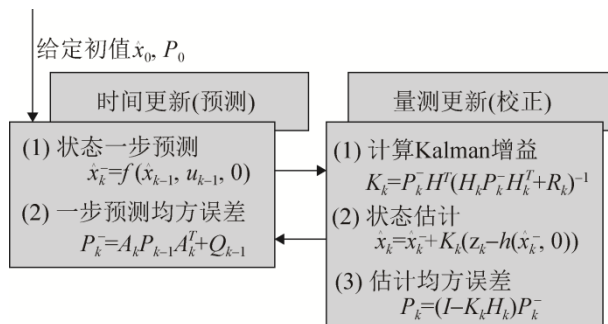


图 4 扩展卡尔曼滤波算法流程图

Fig. 4 Extended Kalman filter algorithm flow chart

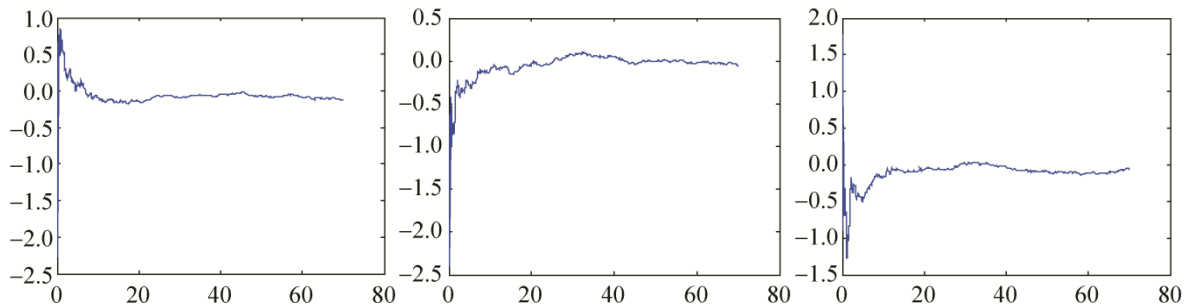


图 5 组合导航系统位置误差

Fig. 5 Integrated navigation system position error

2 基于多链路的消息处理机制

2.1 面向分布式电力应急救援的多链路通信同步处理方法

为了克服现有以语音通信系统为主的应急救援通信处理上存在的问题, 本文提出了面向分布式电力应急救援的多链路通信同步处理方法, 能够智能、自动地为应急救援参与者提供多链路自动化消息交互和同步, 减轻人工劳动量, 提高通信处理能力和效率, 而且能够适应专业和非专业应急救援人员的需求, 适应分布式多种指控通信环境。

应急指挥中心和应急车载系统采用多路消息通讯, 在距离较短的情况下可直接使用数传电台进行语音交流, 在执行长途任务时可使用 DTU 进行短消息交流。当出现紧急情况, 如网络全面瘫痪,

基于伪距的 GPS/BD 组合导航系统中量测直接利用位居信息, 所以其量测方式是非线性的, 故使用扩展卡尔曼滤波进行数据优化, 并在 Matlab 上进行了验证仿真。

如图 5, 从左到右分别为使用 GPS/BD 信号进行组合导航后解算出的东向、北向、天向位置误差仿真结果图。

由仿真结果可看出 EKF 可有效解决工作时位置误差随时间增大的情况, 同时系统可以在很短的时间得到收敛。GPS 的位置信息误差与时间的积累无关, 可以为系统提供可靠的观测值。同时可以看出数据很快进入了收敛状态, 说明导航系统能稳定且快速输出车辆位置信息, 并保证一定的导航精度。

可采取北斗应急短消息通讯。其系统框图如图 6 所示。

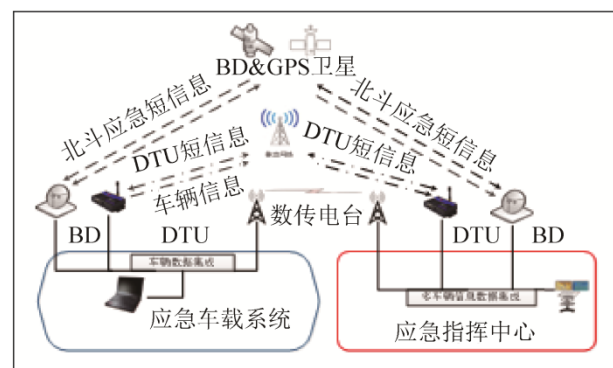


图 6 双链路短消息通讯框架

Fig. 6 Dual Link Short Message Communication Framework

当车辆在执行任务时, 应急指挥中心也需要实时了解车辆运行状态及位置, 这就需要应急车载系

系统将车辆的相关信息传输给应急指挥中心。由于北斗二代的短消息传输仅支持每分钟一条,所以被用于在当出现紧急状况下的应急通讯,数据的传输则使用 DTU 短信息收发模块。

DTU 短信息收发模块的开发基于 GPRS(General Packet Radio Service)数据收发模块中的短信息功能,功能类似于手机的短信息收发。信息中包括发信方手机号码、信息内容及发送时间。由于 DTU 信息发送的延迟性,在仅使用一个 GPRS 数据收发模块的情况下无法保证高频率的短信息发送,故数据远程传输中采用了间隔发送,通过设定, OBD 数据每 20 秒发送一次, GPS 数据每 15 秒发送一次。

另外在实际应用中,短消息通讯不局限于单一应急指挥中心对应多车载应急系统。使用手机可直接与两系统进行 DTU 短消息通讯,当手机配备蓝牙模块后也可进行 BD 短消息通讯^[10]。这样的设计可让信息的交互更为简洁,当面对突发情况时,驾驶员即使在离开车辆时仍可与应急指挥中心联系。

2.2 时间同步处理

由于 DTU 短信息收发和北斗短信息收发都存在一定延迟,加上在执行任务时周边环境的不定因素,对于数据的传输及消息指令的下达都有一定程度的影响。当执行紧急任务时,发送消息时间的准确性会直接影响任务的顺利执行。为了保证应急指挥中心和车载应急系统时间的一致及双方短信息通讯时间的准确,则收发信息之前都要进行时间同步处理。

时间同步处理通过北斗和 GPS 网络时间服务器接收北斗卫星信号和 GPS 卫星信号,经处理后输出高稳定度的时间标准,并为计算机网络提供高精度的网络授时服务,完成了北斗与 GPS 双卫星系统授时性能监测、判优与智能切换、高精度本地时间维护、高精度时频标合成等功能[11]。

其中,接收北斗卫星信号时,采用单向授时技术,采用一次下变频射频技术,实现北斗卫星信号的快速捕获、跟踪、解调功能,恢复出卫星数据和

同步信号,设计 IPPS(integrated power protection system)性能指标优于 100ns^[12];接收 GPS 卫星信号时,利用 Motorola 的时间 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring),在时间同步处理中,其核心部分是网络协议单元,实现, NTP(Network Time Protocol)/SNTP(Simple Network Time Protocol)授时服务功能,能够确保定时的有效性和可靠性。

NTP/SNTP 是国际标准的网络时间服务协议,用于计算机网络时间同步,其结构采用 client/server 服务方式,由用户向时间服务器申请服务,服务器将标准时间标签(timestamp)发送给用户,用户软件根据服务器提供的标准时间及传输延迟,计算本地时间改正,经多次计算并滤波处理,改正后设置本地时间^[13]。NTP/SNTP 处理流程循环为 Client→T1→T2→Server→T3→T4→Client。

循环中的四个时间标签的定义如表 2 所示。

表 2 事件标签定义
Tab. 2 Event tag definition

时间标签	ID	产生
原始时间标签	T1	时间请求由客户端送
收到时间标签	T2	时间请求在服务器收到
传送时间标签	T3	时间答复通过服务器送
目的地时间标签	T4	时间答复在客户端收到

客户端根据 T1、T2、T3、T4 计算出钟差 T 及时延改正 D,修正本地时间^[14],计算公式如下:

$$D = ((T4 - T1) - (T2 - T3)) / 2 \quad (7)$$

$$T = ((T2 - T1) - (T4 - T3)) / 2 \quad (8)$$

2.3 面向分布式电力应急救援的多链路通信同步处理方法

为了克服现有以语音通信系统为主的应急救援通信处理上存在的问题,设计系统提出了面向分布式电力应急救援的多链路通信同步处理方法,能够智能、自动地为应急救援参与者提供多链路自动化消息交互和同步,减轻人工劳动量,提高通信处理能力和效率,而且能够适应专业和非专业应急救援人员的不同需求,适应分布式多种指控通信环境。

采用基于通用数据层(分发消息通道给北斗、GPRS)的通信消息集中处理,多消息链路通信频率

异步时间更新的消息处理机制和流程, 实现多点应急救援中分层集中式可自组织通信监控体系结构, 参与车辆、人员间自动/被动/主动信息发送, 信息的自动/主动同步与中转, 提供多链路异地异步协同定位、导航和通信能力, 为移动救援车辆、执行人员提供可靠态势感知和响应。

设计系统面向的新应急救援通信体系中, 指控中心、应急救援车辆和应急救援人员都安装和携带

可计算通信设备, 这些设备具有一种或多种通信链路, 包括 802.11 链路、GPRS 移动数据链路、北斗短报文消息链路、卫星通信链路等, 也都安装有不通能力的消息处理软件, 能将自身传感器感知的数据和人工生成的文本处理成通信消息, 这样, 这些设备和操作或携带的人构成了一个应急救援通信终端节点, 如图 7 所示。

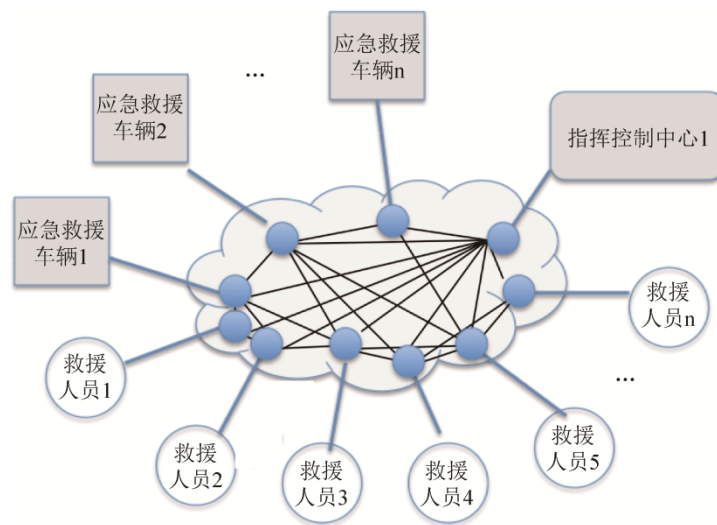


图 7 分布式通讯架构

Fig. 7 Distributed communication architecture

利用提出的通信消息处理方法, 就可以实现这些节点间消息的自动化传输和同步, 实现应急救援人员、车辆终端、指控中心的协同通信和协同工作。

3 可行性分析

上述卡尔曼滤波算法及时间同步算法的输入都可以通过应急指挥中心和应急车载系统的设备获取, 算法的实现过程都可以用软件编写, 算法的输出都符合设想的需要。

其中扩展卡尔曼滤波算法在理想条件下, 随着时间的推移, 数据累积量的增多, 滤波估计的精度应该越来越高。但实际上, 由于滤波得到的估计值可能有偏, 且估计误差的方差也可能很大, 超出了理想范围, 会导致出卡尔曼滤波的发散现象。为了对其发散进行抑制, 我们在实际运算中将通过加大新数据的加权系数, 即使用衰减记忆滤波, 相对减

小过去数据对滤波的影响来抑制滤波的发散现象。

对于时间同步技术, 其问题在于传输延迟不可预测。在无线传感器网络中, 时间同步技术的一个重要难题是报文传输延迟的不确定性, 由于处理器处理能力有限、网络负载不稳定等因素的影响, 延迟不能够被精确地计算出来; 另外传输延迟比要求的时间同步的精度要大得多。因此我们需要选择合适的同步协议以高效解决算法网络流量、传播延迟、编码、解码及时钟漂移的影响。

可见, 按上述研究方案设计, 技术上是可行的, 应用上是可以突破的。

4 系统实际部署与测试分析

本系统实施时, 应急指挥中心的电脑需要连接北斗系统模块、数据传输设备 DTU, 应急车载系统的车载电脑需要连接北斗系统模块、数据传输设

备 DTU、车载诊断设备 OBD，并分别安装天线及固定天线位置。

在确定各硬件设备端口连接正常后，用串口调试工具测试 DTU 短信息自收发正常，GPS、OBD 信号正常，并用北斗星通软件测试北斗卫星功率正常、号码自检、短消息自收发正常。

4.1 系统实施

(1) 硬件开发和配置

北斗系统选用的模块是 BDM910 模块，OBD 选用的是 LKOE4524 模块，DTU 选用的是 WG-8010 模块。而相匹配的系统软件则基于北航自主研发的态势地图管理模块开发而成，该软件用于处理、管理和设置二维态势地图及各项环境数据。

(2) 系统部署环境

静态环境，将应急指挥中心建立在合肥安徽电力大厦 21 层南向的指挥控制房间。

动态环境，将应急车载系统至于一辆汽车上，在北京中关村和合肥市内进行测试行驶。

(3) 数据发送及接收时间间隔

位置数据为每 20 秒向指挥中心传输一次。

车辆状态数据为每 15 秒向指挥中心传输一次。

(4) 采集数据量

应急指挥中心收取位置数据 180 个，车辆状态数据 270 个。

4.2 可视化数据处理结果

应急指挥中心收取数据后经过解算和处理，备份的同时显示在界面。

(1) 双路备份链路

主界面左部为通讯界面，可用于指挥中心及各救援车辆之间进行一对一或一对多通讯。

通讯之前先选择通讯车辆，输入文本信息后直接点击发送按钮即可，收取的信息直接显示在新消息框，通过选择车辆可以直接查看此车辆的通讯记录。

每条通讯消息都按照这样的格式显示：第一行为“发信人 To 收信人 by 通讯方式”，最后的通讯方

式根据实际情况显示为“DTU”或“北斗”；从第二行开始为短消息正文；最后一行为发送消息的时间，包含年月日和时分秒，所有时间信息均经过时间同步处理。

图 8 中左上方的新消息部分，显示所有接收到的通讯消息，最新的消息显示在消息队列的最上方，以提醒用户注意查看收到的新消息。

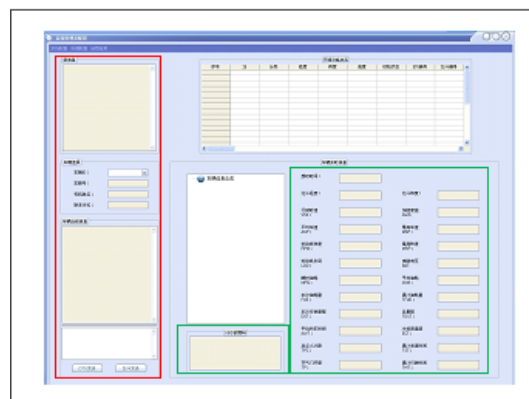


图 8 主通讯界面

Fig. 8 Main communication interface

需要注意的是，由于北斗一代卫星自身短消息通讯功能的限制，两条北斗短消息的发送时间间隔需要大于 1 分钟，否则，在发送下一条北斗消息时，会弹出“发射频度未到，申请间隔 1 分钟！”的提示框，未发送消息会进入待发送队列，等发射频度到了之后继续发送；如果待发送队列里的消息过多，可能会丢失部分消息，从而影响了双方的通讯。

在实际测试中，交替使用两种方式进行短信息通讯，数据信息未丢失，通信状态良好。

(2) 车辆信息显示

应急指挥中心的车辆信息显示包括多车辆实时信息显示和多车辆实际行驶路线在态势图上的显示，而应急车载系统的车辆信息显示仅有自己车辆的实时信息显示。

界面图右部，在多车辆实时信息显示部分中，提供了车辆信息总览树状图，显示救援车辆信息总览，选择车辆即可展开该车辆的详细信息；若已接收并解算出该车辆发来的 GPS 和 OBD 数据，可显示在当前授时时间下，该车辆的北斗经纬度和

OBD 检测监控数据。

在接收并解算出车辆发回的定位数据后, 会在态势图上显示出经过卡尔曼滤波处理的车辆的最新位置 and 实际行驶路线,

5 结论

本文介绍了基于组合卡尔曼滤波的救援车辆导航信息感知处理和基于多链路的分布式应急救援协同信息交互技术, 给出了设计方案与实现方法。通过车载 OBD 传感器及北斗系统获知车辆环境信息, 经过 DTU 和 BD 短消息进行通讯及数据传输, 实现了远程数据操作、双链路短消息通讯等功能, 为应急指挥系统提供了良好的基础环境。使用 DTU 短信息进行数据文件交换, 不仅结构简单、处理方便, 而且占用资源少, 数据经过卡尔曼滤波和时间同步处理, 使数据更具有效性, 很适合实时性要求高的分布交互系统。

参考文献:

- [1] Dick A Buck Joseph E Trainor Benigno E. Aguirre, Joseph E Trainor, Benigno E. Aguirre. A Critical Evaluation of the Incident Command System and NIMS[J]. Journal of Homeland Security & Emergency Management (S2194-6361), 2006, 3(3): 309.
- [2] Bigley G A, Roberts K H. The incident command system: High-reliability organizing for complex and volatile task environments[J]. Academy of Management Journal, 2001, 44(6): 1281-1299.
- [3] 杨元喜. 北斗卫星导航系统的进展, 贡献与挑战[J]. 测绘学报, 2010, 39(1): 1-6.
Yang Yuanxi. Progress, Contributions and Challenges of Compass/BeiDou Satellite Navigation System [J]. Journal of Mapping, 2010, 39 (1): 1-6.
- [4] 王华东. 北斗卫星导航应急通信应用研究[J]. 卫星与网络, 2013 (12): 66-70.
Wang Huadong. Application Research of BeiDou Satellite Navigation Emergency Communication [J]. Satellites & Networks, 2013 (12): 66-70.
- [5] 孟磊. 基于 OBDII 的车载远程故障诊断系统设计[D]. 武汉理工大学, 2012.
Meng Lei. Design of Vehicle Remote Fault Diagnosis System Based on OBDII [D]. Wuhan University of Technology, 2012.
- [6] 曹云建, 唐耀庚, 谢宇希. 基于 OBD 的汽车远程监测系统[J]. 工业控制计算机, 2013, 25(12): 95-96.
Cao Yunjian, Tang Yaogeng, Xie Yuxi. Design of Vehicle Remote Monitoring System Based on OBD [J]. Computer Control Engineering, 2013, 25 (12): 95-96.
- [7] 王小冬. 卡尔曼滤波在卫星导航中的应用研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2008.
Wang Xiaodong. Application of Kalman Filter in Satellite Navigation[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2008.
- [8] 赵奇. 卡尔曼滤波在 GPS 定位中的研究与实现[D]. 电子科技大学, 2013.
Zhao Qi. Kalman filter in the GPS positioning of the research and implementation[D]. University of Electronic Science and Technology of China, 2013.
- [9] 石亮亮. 车载 GPS/INS 组合导航系统位置与姿态精度初步分析与检验研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2011.
Shi Liangliang. Analysis and Verification of the Position and Attitude of Vehicle GPS / INS Integrated Navigation System[D]. Beijing: Capital Normal University, 2011.
- [10] 黄攀. 基于 GPS/DR 紧组合车载导航系统研究及实现[D]. 哈尔滨工程大学, 2013.
Huang Pan. Study and Implementation of Vehicle Navigation System Based On Tightly-Coupled GPS/DR [D]. Harbin Engineering University, 2013.
- [11] 陈淡, 郑应航. 基于蓝牙技术的北斗终端通信模块的设计[J]. 现代电子技术, 2013, 36(23): 16-18.
Chen Dan, Zheng Yinghang. Design of terminal communication module of Beidou based on Bluetooth technology [J]. Electronic Technology, 2013, 36(23): 16-18.
- [12] 王文瑜. 基于北斗卫星的授时系统研制[D]. 北京: 北京邮电大学, 2008.
Wang Wenyu. Study of BeiDou Timing System [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2008.
- [13] 广嘉电子. 北斗一号授时技术及在电力系统中的应用[J]. 中国电子商情-基础电子, 2008: 70-73.
GuangJia Electronics. BeiDou timing technology and application in power system [J]. China Electronics Business - Basic Electronics, 2008: 70-73.
- [14] 郭彬. 基于北斗/GPS 双模授时的电力系统时间同步技术研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
Guo Bin. Research on power system time synchronization based on BeiDou / GPS dual mode timing[D]. Changsha: Hunan University, 2010.