

文章编号:1007-6735(2013)06-0557-06

基于物联网技术的食品冷链物流 跟踪及追溯问题研究

马 婷, 李 芳, 单大亚

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 为了解决食品冷链物流在运输过程中的跟踪及溯源性问题,提出了基于物联网技术的物流解决方案,通过结合无线射频识别技术(RFID)和无线传感网络技术(WSN),构建了一个冷链物流跟踪及追溯系统.此系统利用RFID技术实现对食品的追溯;采用WSN技术实现实时监控食品的环境信息;结合全球定位系统(GPS)对运输工具进行定位,采用地理信息系统(GIS)对运输工具实时监控.通过此系统实现食品冷链物流的智能化跟踪和追溯,最大限度地保证冷藏食品新鲜程度、色泽与安全.

关键词: 食品冷链物流;物联网;无线射频识别技术;无线传感网络技术;地理信息系统

中图分类号: F 252; TP 391.4 **文献标志码:** A

Tracking and Retrospecting of Food Cold Chain Logistics Based on Internet of Things Technology

MA Ting, LI Fang, SHAN Da-ya

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to solve the problems of tracking and tracing during transport in the food cold chain logistics, a logistics solution based on internet of things technology was proposed. A tracking and tracing system in cold chain logistics was established, combining the techniques of radio frequency identification (RFID) and wireless sensor network (WSN). In the system, RFID technology was utilized to achieve food tracing, and WSN was used to achieve real-time monitoring of environmental information. Combining with global positioning system (GPS), the means of transport were located, and taking advantage of geographic information system (GIS), the means of transport were supervised. The system ensures maximum protection of freshness, luster and safety of refrigerated food by the intelligent tracking and tracing of food cold chain logistics.

Key words: food cold chain logistics; internet of things; radio frequency identification; wireless sensor network; geographic information system

收稿日期: 2013-03-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50875168);高等学校博士点基金资助项目(20093120110008);上海市重点学科建设项目资助项目(S30504)

第一作者: 马 婷(1988-),女,硕士研究生.研究方向:物流管理. E-mail: mtmavis@163.com

通讯作者: 李 芳(1966-),女,副教授.研究方向:物流与供应链管理、生产运作管理. E-mail: lifang2502@126.com

近年来,我国食品冷链市场发展迅速,年增长率在8%以上,食品冷链物流的发展前景引起业内广泛关注^[1].人们对食品提出安全、新鲜和无污染的要求,为了确保食品质量的安全性、实时性和可靠性,食品冷链物流应运而生.我国对于食品冷链物流^[2-3](cold chain logistics)的定义是将生鲜、易腐食品在生产、储藏、运输、销售等流通中的各个环节,在规定的中低温环境下对食品进行保存,最大限度保持食品原有的新鲜程度、色泽及营养,保证食品质量安全,这是一种在特定低温条件下的物流模式,及一项采用智能技术和信息技术的低温系统工程.将其同普通物流相比,增加了对温湿度监管和控制的环节,但也具有投入金额大、运营成本高、技术含量高、监管困难的特点.因此,一套完整有效的食品冷链跟踪体系,对保证食品的品质和安全具有重要意义.

1 我国冷链物流发展状况

目前国内对食品冷链物流在运输过程的控制还很薄弱,冷链物流发展现状仍很滞后,主要原因归结为以下几点:

a. 食品冷链物流的基础设施建设不足

我国冷藏保温汽车与货运汽车的比例仅为0.3%左右,美国为0.8%~1%;我国保温汽车仅有约3万辆,而美国有20多万辆.目前运营中的冷冻冷藏运输设施陈旧,大多是机械式的速冻车辆,制冷技术和工艺落后.而备有制冷机及保温箱的冷藏车辆一成都不到,缺乏规范式的保鲜冷藏运输车厢和温度控制设施,同时地区性食品配送中心等关键的物流节点也缺乏冷冻冷藏设备.虽然我国一些引进先进运输工具企业的产品水平接近国际先进水平,但装备制造能力、物联网技术的应用能力等与国外相比仍有差距.

b. 缺乏完整独立食品冷链体系

相比于国外的冷链物流体系,我国食品冷链物流的发展并不完善.既缺乏懂得食品冷链物流知识的综合性专业人员,也缺乏食品供应链上下游之间的整体规划与协调.在冷库的建设过程中,存在一种现象:重视肉类冷库建设,而轻视果蔬冷库建设.缺乏果蔬物流专用运输和包装设备,缺乏及时的冷藏储存和冷藏运输,从而造成腐烂浪费,也会造成食品行业进步的滞后性^[4].

c. 国内对食品冷链物流的研究多停留在宏观层面

国内学者对冷链物流现状问题分析主要包括物流成本、基础设施、专业人才、信息化程度等方面,并给出相应的合理化解方案,但研究范围比较宽泛,缺乏对具体操作环节的实际分析,对于基于多种物联网技术的食品冷链物流鲜有研究.

目前,我国专家针对生鲜食品冷链物流中存在的问题,提出了结合RFID(无线射频技术)的方法,并分析了RFID在生鲜食品冷链物流中的应用优势^[5];在对猪肉冷链物流安全监控的过程中,我国已开始运用物联网相关技术^[6].黄烨华提出了基于RFID技术的禽畜类农产品追溯体系,基于物联网环境下,对供应链中产生的信息共享进行了初步探讨^[7].汪庭满等研究了利用RFID对罗非鱼在冷链物流中温度监控的实现,既有利于保障水产品质量安全,还有利于满足企业管理部门及消费者对温度追溯的需求^[8].国外对RFID技术研究主要应用在生鲜食品、水产品、特殊药品以及转基因食品等类型的追溯系统中,涵盖冷冻生产加工、冷冻仓储、冷冻运输及配送及冷冻销售环节^[9].Ruey等提出了基于RFID技术对农产品可追溯体系,将很容易跟踪每个对象,有利于消费者获得完整的食品生产信息,选购安全食品^[10].欧盟、美国等国为了强制性实行食品安全追溯制度,相继立法,以此来对食品生产、配送环节中各关键信息进行有效管理,实现对食品的预警和追溯^[11-13].

面对发展越来越快的食品冷链物流,基于新兴的物联网概念,本文采用可以让物品实现“开口说话”的RFID技术和如今发展相对成熟的WSN技术,及GPRS/GPS等无线通信技术,使之与计算机网络相结合,实现生产、运输、储存及配送环节的信息快速共享、协同运作和快速反应,进而更加有效地实现冷链物流在运输过程中的跟踪与追溯.

2 物联网核心技术

2.1 物联网

2.1.1 物联网概念

物联网(internet of things)这个概念,首先是由美国麻省理工学院Auto-ID中心Ashton教授于1999年提出的,经过多年的发展,物联网的概念更加宽泛.物联网指建立在物品编码、RFID技术以及互联网的基础上,按约定的协议,可以把任何物品与互联网等网络相连接,进行信息交换、通信、处理,实现对物体的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的

一种信息系统.

2.1.2 物联网4层体系结构

根据信息生成、传输、处理和应用的原理,可以把物联网分为4层^[14]:感知识别层、网络构建层、管理服务层和综合应用层.

a. 感知识别层 物联网的核心技术是连接物理世界同信息世界的纽带,主要包括:GPS、智能设备、RFID、传感器等.

b. 网络构建层 把感知识别层数据接入互联网,供上层服务使用,主要包括:无线广域网、无线局域网、无线城域网、无线个域网、互联网等.

c. 管理服务层 在高性能计算和海量存储技术的支持下,将大规模数据高效、可靠地组织起来,为上层行业应用提供智能的支撑平台,主要包括:数据中心、搜索引擎、智能决策、信息安全、数据挖掘等.

d. 综合应用层 实现物物互联,主要包括:智能物流、智能电网、绿色建筑、智能交通、环境监测.

2.2 射频识别技术

射频识别技术 RFID (radio frequency identification)是利用射频信号,通过空间耦合实现无线信息传递,并通过所传递的信息达到自动识别的目的.

2.2.1 射频识别技术的组件构成

a. 阅读器

阅读器一方面通过标准网口、RS232 串口或者 USB 接口同主机相连,另一方面通过天线同射频识别技术的标签通信.阅读器是 RFID 最重要的一个组件.

b. 天线

同阅读器相连,起到为标签和阅读器之间传递信号的作用.一个阅读器可以连接一个或多个天线,但在使用时,每次只能激活一个天线.

c. 标签

标签内部存有唯一的电子编码,附着在物体上,用来识别目标对象.它具有体积小且形状多样、耐环境性、可重复使用、穿透性强、数据安全等特点.

2.2.2 射频识别技术的工作原理

a. 阅读器通过天线发送一定频率的电子信号.

b. 当标签进入到磁场中产生感应电流而获得能量,发射自身内部存储的标识信息.

c. 阅读器再通过天线接收并识别标签发回的信息.

d. 阅读器将识别的信息发送给主机进行处理.

图1说明了射频识别技术的工作流程.

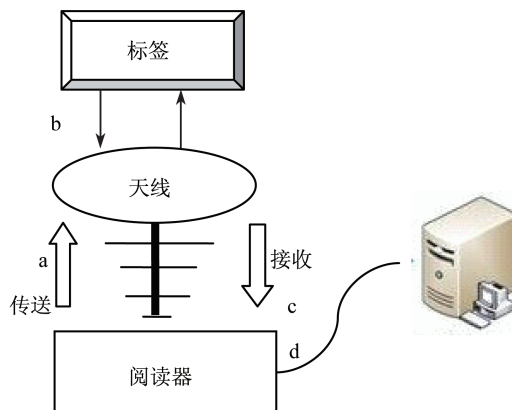


图1 射频识别技术的工作流程
Fig.1 RFID technology workflow

3 物联网技术在食品冷链物流中的应用

在我国,冷冻、冷藏食品的消费以每年约10%的产量迅速增加.在2006年,全国需冷冻冷藏运输的食品达4~5亿吨,而实际上对其冷链环境全程覆盖运输仅有20%~30%,由此造成的价值损失可达4亿元以上^[15].物联网是在互联网的基础上,将多种信息传感设备,如射频识别装置、无线传感装置,结合全球定位系统与激光扫描器而形成的一个巨大网络来进行信息交换和通信^[16].在运输过程中存在多种不定因素对食品品质造成影响,而物联网技术的介入会有效地监控、稳定这些因素的变化.

3.1 智能跟踪及追溯系统设计方案

食品冷链物流在运输过程中的智能跟踪及追溯系统设计方案如图2所示(见下页).系统主要结合了RFID技术与WSN技术,同时基于无线通信技术(GPRS)对数据进行发送与接收,来实现将温度、湿度等监控数据通过无线信号发送到监控平台,操作人员可以通过对监控中心的电脑进行操作来获取相关数据.在本系统中,主要实现将监控数据传递给监控中心的通信功能,同时接收监控中心的指令,如果该指标超过安全限制,根据设定的监控范围,监控系统会发出警报或在设备操作员使用的计算机系统进行调节,如启动空调机、加湿器设备等.

利用全球定位系统(GPS)对运输工具进行定位与跟踪,利用地理信息系统(GIS)对运输工具的信息进行显示与实时监管,从而实现了食品安全信息的全程跟踪控制与追溯.

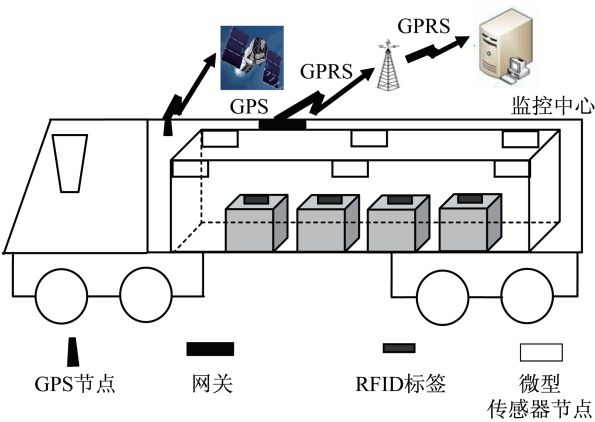


图2 智能跟踪及追溯系统设计方案

Fig.2 Design of intelligent tracking and tracing system

3.2 基于 WSN/GPS/GIS 的食品冷链物流运输跟踪系统实现

3.2.1 相关技术概述

a. 无线传感器网络

无线传感器网络 WSN (wireless sensor network)是由部署在监测区域内大量微型传感器节点通过无线电通信形成的多跳自组织网络,它具有微型化和对外部世界感知能力强的特点,形成高达100 m的有效半径,既可对目标物体进行识别,又可对目标环境进行监测^[17].

采用将传感器网络技术同 RFID 结合起来,互相利用各自的优点可以更好地检测温湿度、光照等因素.前者100 m的有效半径形成无线传感网络,而RFID技术能够准确地标识具体的节点信息,本文提出将 RFID 技术与传感器网络技术相结合的方案,将会是未来发展的一个趋势.表1是将 WSN 技术同 RFID 技术相比,指出各自的优点以及局限性.

表1 无线传感器网络技术同射频识别技术相比的优点
Tab.1 Advantages of WSN technology compared with RFID technology

功能	WSN	RFID
收集数据目的	用来识别目标对象的身份	用来记录目标对象的感知信息
抗干扰性	较强	较差
通信距离	较长	较短
成本	较低	较高

b. 全球定位系统

全球定位系统 GPS(global positioning system)是目前世界上最常用的卫星导航系统.与其它导航定位技术相比,GPS 具有能够在全局范围内连续覆

盖、实时定位、定位精度高的特点.

c. 地理信息系统

地理信息系统 GIS (geographic information system)是以地理空间数据库为基础,以计算机为基础的输入、储存、查询、分析、表达地理信息的综合性技术,利用地理模型分析法,适时提供动态地理信息的计算机技术系统^[18].

3.2.2 运输跟踪系统具体过程分析

在智能跟踪系统中,主要是采用 WSN/GPS/GIS 三者技术相结合的方式实现.

a. WSN 监控子系统

在运输车辆的冷藏箱内,按一定密度摆放微型传感器节点,使其能在监测区内最大范围地采集信息,整个监测网络由多个温度、湿度传感器检测节点和一个网关组成,各节点通过多跳自组织网络的方式将监测到的温度、湿度数据传送给部署在车厢顶部的网关.网关是可用于接收来自各个监测节点发送来的数据的一种设备,网关对收到的信息进行重新加工,以适应目标系统的需求.在本文的系统中,网关对接收的数据进行处理,然后通过 GPRS 无线通信方式将监控数据传输给远程监控中心,由远程监控人员对数据进行更精准的分析,提供更加准确的检测结果.

b. GPS 跟踪定位子系统

车辆运输监控系统的定位主要依靠 GPS,本文主要使用的是车载 GPS 系统,也称车载终端,可实现对运输工具的定位与跟踪.在本系统中,车载终端可准确报告车辆所处的位置、运行状况,对特定时间段内车辆行驶状况(行驶里程、超速等)运行信息进行后台分析,以监管货物在途是否安全,是否可以保证准时交货,以及提供路线分析、路线优化、记录车辆的历史轨迹,以供运行评估,进行指挥调度.一旦车辆发生意外情况,可将事故车辆的位置和状况等信息及时准确地报告给后台监控中心,操作人员迅速作出决策,最大程度上保证食品的质量安全,使损耗降到最低.

c. GIS 显示子系统

将车辆的定位信息采用最直观的显示方式就是在地图上对其进行标识,系统采用 GIS 技术,在连接 Internet 监控中心的计算机上运行 GIS 系统,把收集到的车辆经纬度数据,利用 GIS 系统的电子地图显示出来,实现对运输工具的信息显示与实时监管.本文仅利用到 GIS 的地图显示功能,即根据接收到的车辆经纬度数据,在电子地图上将车辆的位置显

示出来,从而实现对运输工具的实时监控.如图 3 所示.

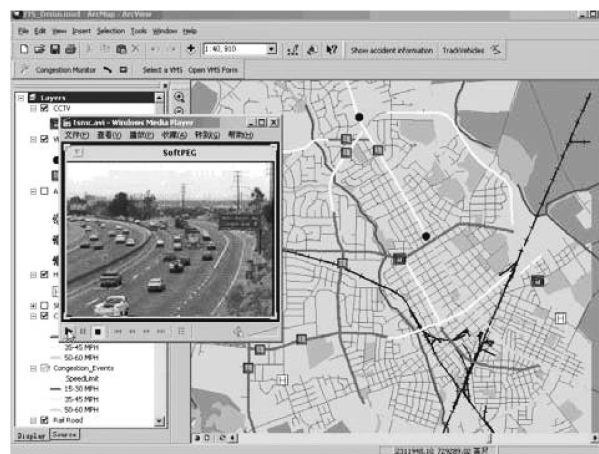


图 3 监控中心显示界面

Fig.3 Monitoring center display interface

3.3 基于 RFID/EPC 的冷链物流运输追溯系统实现

3.3.1 EPC 系统概述

物联网的种类多样,其中以 EPC (electronic product code)系统和互联网整合的物联网(也被称为“EPC 网络”(EPC network)^[19])为主.其实质是利用 RFID 技术、EPC 编码、数据通信等技术,实现物品的自动识别和信息的互联共享.

产品电子代码 EPC 系统主要由 6 个方面组成,其中 EPC 标签可以附着在物品之上或内嵌其中,是产品代码的信息载体,标签内部存储的 EPC 编码也是物品的唯一标志,它是 EPC 系统的重要组成部分.表 2 为 EPC 系统各组成部分的说明.

表 2 物联网系统构成

Tab.2 Structure of internet of things system

系统构成	名称	注释
EPC 的编码体系	EPC 编码标准	识别目标的特定编码
	EPC 标签	贴在物品之上或者内嵌在物品之中
射频识别系统	识读器	识读 EPC 标签
	EPC 中间件(Savant)	EPC 系统的软件支持系统
信息网络系统	对象名称解析服务 ONS	进行物品解析
	EPC 信息服务	提供产品相关信息接口,采用可扩展标记语言(XML)进行信息描述

3.3.2 运输追溯系统具体过程分析

在货物的外包装贴上 EPC 标签,对冷链物流追溯的实现是利用阅读器来读取 EPC 标签,EPC 标签

中存储的信息可包含食品所有相关信息,包括食品原材料的产地、品质、加工人员的姓名、加工环境信息、运输工具信息等,这些信息采用实体标记语言(PML)进行编码和描述.由于 EPC 编码原则的唯一性,使每一产品均含有唯一的 EPC 标签,这些信息为产品的溯源性提供了源头数据.当货物摆放在超市货架上,消费者可利用安装在超市内的 RFID 阅读器,对电子标签进行读取.这样,消费者就可以获取食品的相关信息,一旦消费者对食品的品质产生怀疑,就可利用阅读器从 EPC 标签中读取产品的相关信息,来查找问题存在的根源,从而实现对食品冷链物流的追溯.

4 结束语

为解决冷链物流在运输过程中的跟踪及溯源性问题,提出了基于物联网技术的物流解决方案,该方案设计了食品冷链物流的跟踪和追溯两层系统结构,采用了 RFID 和 WSN 的物联网技术.该方案一方面能够及时对食品所处环境进行监测,明确责任;另一方面,也保证为消费者提供了安全、放心的食品,此系统有助于推动基于物联网技术的食品冷链物流的发展.

参考文献:

- [1] 李芳,罗清明,叶春明. JIT 方式在冷链物流配送中的应用研究[J]. 工业技术经济, 2007, 26(1): 99 - 101.
- [2] Bernard C. Controlling the cold chain to ensure food hygiene and quality[J]. Bulletin of the IIR, 2003(2): 8 - 12.
- [3] Francois V. New development in the cold chain: specific issues in the warm countries[J]. Ecilibrium, 2003 (7): 10 - 14.
- [4] 苏国贤,李富忠. 中国蔬菜冷链物流的现状、问题与建议[J]. 中国流通经济, 2012(1): 39 - 42.
- [5] 王蕊,刘泽勤. 食品冷藏链的国内外发展状况比较及我国的改进措施探讨[J]. 制冷空调与电力机械, 2009, 30(3): 5 - 10.
- [6] 宋汉利,王勇. 农产品冷链物流中的安全监控应用研究[J]. 网络与信息化, 2007, 26(2): 177 - 180.
- [7] 黄烨华. 基于 RFID 的禽畜类农产品供应链信息共享研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [8] 汪庭满,张小栓,陈炜,等. 基于无线射频识别技术的罗非鱼冷链物流温度监控系统[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 141 - 146.
- [9] Shaohua J, Won-Suk J. Selection of wireless

- technology for tracking construction materials using a fuzzy decision model[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2012, 18(1): 43 - 59.
- [10] Ruey S, Chen C, Yan B, et al. Using RFID technology in food produce traceability[J]. WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 2008, 5(11): 1551 - 1560.
- [11] Lhomme P, Chehbouni A. Comments on dual-source vegetation-atmosphere transfer models[J]. Agric for Meteorol, 1999, 9(4): 111 - 115.
- [12] Sébastien P, Daniel S. Traceability, liability and incentives for food safety and quality[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2008, 90(1): 15 - 27.
- [13] Regattieri A, Gamberi M, Manzini R. Traceability of food products: general framework and experimental evidence[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81(2): 347 - 356.
- [14] 刘云浩. 物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [15] 胡红伟. 物流商抢占冷链市场遭遇尴尬[J]. 中外物流, 2007(6): 30 - 31.
- [16] 秦立公, 吴娇, 董津津, 等. 基于物联网的冷链物流设备管控研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(18): 9942 - 9950.
- [17] 李斌, 李文锋. WSN 与 RFID 技术的融合研究[J]. 计算机工程, 2008, 34(9): 127 - 130.
- [18] 陈永庆, 范炳全, 马晓旦. 地理信息系统(GIS)在土地利用与交通系统研究中的应用[J]. 上海理工大学学报, 1998, 20(18): 81 - 85.
- [19] 任守纲, 徐焕良, 黎安, 等. 基于 RFID/GIS 物联网的肉品跟踪及追溯系统设计及实现[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 229 - 235.

(编辑: 丁红艺)

(上接第 556 页)

参考文献:

- [1] 王素欣, 王雷震, 高利. BPR 路阻函数的改进研究[J]. 武汉理工大学学报, 2009, 33(3): 446 - 449.
- [2] 毛保华, 曾会欣, 袁振洲. 交通规划模型及其应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [3] 马君, 刘小冬, 孟颖. 基于神经网络的城市交通流预测研究[J]. 电子学报, 2009, 37(5): 1092 - 1094.
- [4] Wang Yuhong, Dang Yaoguo, Pu Xujin. Improved unequal interval grey model and its applications[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011, 22(3): 445 - 451.
- [5] Deng Julong. A novel grey model GM(1, 1 | τ, r): generalizing GM(1, 1) [J]. The Journal of Grey System, 2001, 13(1): 1 - 8.
- [6] 包磊, 秦小麟. 数据库时空选择性查询的灰色预测法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(12): 223 - 227.
- [7] 张大海, 江世芳, 史开泉. 灰色预测公式的理论缺陷及改进[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(8): 140 - 142.
- [8] 李希灿. 灰色 GM(1, 1) 模型适用范围拓广[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(1): 97 - 101.
- [9] 毕晓君. 信息智能处理技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [10] 张大海, 毕研秋, 毕研霞, 等. 基于串联灰色神经网络的电力负荷预测方法[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(5): 128 - 132.
- [11] 周四清, 王坚强. 基于多准则优化的组合预测方法[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(7): 1651 - 1654.
- [12] 张林峰, 范炳全, 吕智林, 等. 公共交通工具最优组合模型及算法研究[J]. 上海理工大学学报, 2003, 25(2): 172 - 175.
- [13] 林锦顺, 姚俭. 基于 BP 神经网络的组合预测及在电力负荷的应用[J]. 上海理工大学学报, 2005, 27(5): 451 - 456.
- [14] 孙宇星, 陈德望, 吴建平. 北京市快速环路速度 - 密度模型研究[J]. 北京交通大学学报, 2004, 28(6): 70 - 73.

(编辑: 石 瑛)