

# 信息融合及其在建筑节能中的应用

吕丁浩, 钟伯成, 雒 静

(上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620)

**摘 要:** 信息融合是一门综合性、实践性都比较强的技术, 其在军事领域、民用领域的应用越来越得到人们的认可, 已经成为人们认识世界的重要途径。建筑能耗作为我国三大能源消耗之一, 对国民经济的发展产生了巨大的影响, 要实现经济的可持续发展, 建筑节能势在必行。而我国对建筑节能的研究较发达国家而言相对落后, 针对这种状况, 文中通过对信息融合技术的模型及其方法进行研究, 并对信息融合在建筑节能当中的一些应用进行分析, 提出信息融合在建筑节能当中的应用模型, 最后对信息融合在建筑节能当中应用的发展趋势进行了展望。

**关键词:** 信息融合; 传感器技术; 建筑能耗; 建筑节能

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)04-0134-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.04.031

## Information Fusion and Its Application in Building Energy

LÜ Ding-hao, ZHONG Bo-cheng, LUO Jing

(College of Electronic & Electrical Engineering, Shanghai University of Engineering  
Science, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** The application of information fusion is accepted by people in the field of the military and civil and it is an essential way to help people acquaint the world, because of its comprehensiveness and practicality. Building energy consumption, as one of the three energy consumption in China, it has a great influence on the development of national economy, so building energy-saving is imperative to maintain sustainable economic development. The study of building energy efficiency in China is relatively backward, so the model and method of information fusion technology is studied and the application model of building energy efficiency is put forward in this paper. At last, the development trend of the application of information fusion in building energy efficiency is discussed.

**Key words:** information fusion; sensor technology; building energy consumption; building energy

## 0 引言

信息融合即多源信息融合, 是对多种传感器和不同的信息源进行有效的集成, 全面获取所需要的信息, 从而提高对目标事物的检测和识别能力。通过信息融合可以提高某一系统在空间和时间上的覆盖范围以及信息的使用效率, 它同时也增加了信息的可靠度。随着社会的发展, 科技的进步, 目前信息融合已在自动目标识别、战场监视、自动飞行器导航、机器人、遥感、医疗诊断、图像处理、模式识别和复杂工业过程控制等<sup>[1]</sup>领域得到了广泛的应用。

## 1 信息融合

信息融合是一个多层次、多方面的处理过程, 通过

对多源数据进行检测、结合、相关、估计和组合以达到精确的状态估计和身份估计, 以及完整、及时的态势评估和威胁估计的目的<sup>[2]</sup>。信息融合一般抽象为三个层次来完成, 由低到高依次为: 数据层融合、特征层融合、决策层融合<sup>[3-4]</sup>。

数据层融合是直接对从传感器那里获得的数据进行融合, 然后从这些数据中提取其特征, 之后进行判断识别。其优点是保持了信息的最初特征, 其缺点是信息量比较大, 而且融合过程是在最低层进行的, 信息的获取依赖于传感器, 当传感器出现问题时, 通常会带来信息不确定、不稳定的状况, 因此处理起来比较复杂。

特征层融合是在数据层融合的基础上进行的, 它主要是对提取的特征进行融合。优点是通过对数据层的信息进行提取, 减少了信息量, 但缺点是使得获取的

数据的准确性有所下降。

决策层融合属于高层次融合,它根据不同的状况按照一定的算法准则对每个传感器获取的信息进行协调优化,并最终做出全局最优决策。它从具体决策目标出发,对数据层和特征层提取的各类特征信息进行融合,最终依据融合的结果做出决策。其优点是灵活性高,容错性、抗干扰能力强,对传感器的依赖性较小,当一个或几个传感器出现错误时,通过适当的自我调整,依然能获得正确的结果。它和特征层融合大致一样,都存在原始信息缺失的问题,但是就最终结果而言并不会造成太大的影响。信息融合的过程如图1所示。

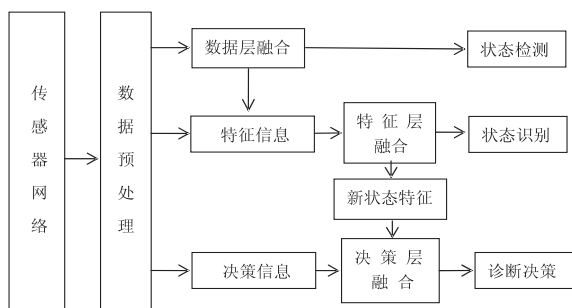


图1 信息融合过程

信息融合在信息获取的过程中主要是利用多种传感器进行的,采用不同的传感器获取目标事物所需的环境信息,而这样的信息往往具有冗余性、互补性、实时性等特点。信息融合就是对由不同传感器获取的这种多源信息进行加工、优化处理的过程,通过对性质不同、变化多样的信息进行反复的筛选、推理,然后提交给分类器,改进其决策能力,对信息做出更加准确的判断。信息融合还有着以下特点<sup>[5]</sup>:

- (1) 支持空间和时间覆盖范围的扩展;
- (2) 提高系统对信息的利用率;
- (3) 提高信息的可信度与精度;
- (4) 对目标信息的识别能力强。

## 2 信息融合模型

近年来,人们提出了各种信息融合模型,但是却并没有统一的分类形式。目前的信息融合模型大致分为两类:功能型模型,主要根据节点的顺序构建;数值型模型,主要根据提取的数据构建<sup>[6]</sup>。而其中使用较多的模型有 U K 情报环、Boyd 控制回路 (OODA 环)、Dasarathy 模型、JDL 模型和 Omnibus 模型等。

### 2.1 U K 情报环

U K 情报环顾名思义就是把信息作为一个环状结构来进行处理。它由数据采集、数据整理、数据评估和分发四个阶段构成。在作情报处理工作时,由信息处理和信息融合两部分组成。在其进行情报处理时,可

以避免情报被复制,并确保情报的实时性与客观性;在进行系统开发时可以保证系统的输出被应用,由于是环状结构,在有一处信息发生改变时它可以根据需要实时进行改变,可以通过对情报的收集策略进行不断回顾,随时进行修正,避免信息源遭受破坏,但是其应用范围有限。

### 2.2 OODA 环

OODA 环,也称为 Boyd 控制环,环状结构,由观测、定向、决策、执行环<sup>[7]</sup>四部分组成。作为一个闭环结构,在进行数据融合操作时有循环性的特点,随着融合阶段的不同而逐一向前递进,传递过程数据量不断减少,可以更加快速的执行。但是由于其执行过程是逐阶段进行的,当有一个阶段出现问题时,就会影响后续阶段的进行。

### 2.3 JDL 模型

JDL 模型即联合指挥实验室,起初分为三级,广泛应用在美国数据融合社区,后来在原分级的基础上按信息抽象的不同层次将信息融合分为五级,包括了从检测到威胁判断的完全过程。在 2004 年出现了推荐版 JDL 融合模型,对原有的五级进行了改进,其五级结构分别为:信号/特征估计、实体估计、态势估计、影响估计和过程估计。JDL 融合模型图见文献<sup>[8]</sup>。

### 2.4 Dasarathy 模型

Dasarathy 模型是在 JDL 模型的基础上,对其进行扩展的模型,同样分为五级结构,按照数据融合的功能进行分类。其融合过程为:

- (1) 数据输入/数据输出:主要是数据的融合。
- (2) 数据输入/特征输出:对输入的数据进行特征选择,然后进行提取、输出的过程。
- (3) 特征输入/特征输出:该级是特征融合的过程,对上一级提取的特征按照一定的规则进行融合。
- (4) 特征输入/决策输出:该级融合主要是模式识别和模式处理。
- (5) 决策输入/决策输出:该级属于决策级融合。

Dasarathy 模型从信息融合的层次角度出发,自上而下逐级进行推理分析,可以对信息进行一个整体的描述,但是在信息融合时过多地注重了层次结构,而融合的功能结构考虑的较少。

### 2.5 Omnibus 模型

1999 年 Mark Bedworth 在对多种模型进行对比分析后提出了 Omnibus 模型<sup>[9]</sup>。该模型综合其他模型的优点,在利用 Boyd 回路控制信息流动的同时,又采用瀑布模型的方法对数据融合中的处理过程进行定义,同时借鉴 JDL 模型对信息融合功能的分级结构,因此 Omnibus 模型可以处理多种复杂的情况,适应的领域范围更加广泛。但是 Omnibus 模型在使用的过程中没

有考虑到对知识库和系统数据的管理需求,缺少了数据库的使用,而现实中进行信息融合时往往需要数据库和知识库的支持,这也是此模型美中不足的地方。Omnibus 融合模型图见文献[10]。

### 3 信息融合的方法

信息融合的方法大致可分为:估计方法、推理方法、分类方法和人工智能等。而估计方法又分为递归和非递归,推理方法又分为粒子滤波法、D-S 证据方法和贝叶斯推理等,分类方法又分为参数模版法、K-means 聚类 and 聚类分析等,人工智能又分为专家系统、神经网络和模糊理论等<sup>[11]</sup>。其中比较常用的有卡尔曼滤波法、加权平均法、贝叶斯推理(Bayes)、证据推理(D-S)、模糊推理理论、神经网络、粗糙集理论、专家系统等。

#### 3.1 贝叶斯推理

贝叶斯推理是以概率论中的 Bayes 公式为基础进行的,首先对各个传感器获取目标信息的可能性进行计算,获得其概率状况,然后对概率进行融合。当传感器网络较大,传感器种类、数量多时,采用此方法进行信息融合将是一种很好的手段。其优点是简洁、易于处理相关事件,缺点是不能区分不知道和不确定事件,并且要求处理的对象具有相关性<sup>[12]</sup>。由于获得概率需要建立在大量的数据统计之上,因此在实际运用中对于一般不知道先验概率的状况,往往需要做大量的统计来获得先验概率使得定义先验似然函数十分复杂,不容易操作。此外,它还要求各概率之间是相互独立的,在处理多假设和多条件问题时就显得相当复杂。

#### 3.2 D-S 证据方法

D-S 证据理论又称为信任函数理论,它主要处理不确定的信息,为不确定信息的表达和合成提供自然而强有力的方法,是信息融合与模式识别等领域的重要理论之一<sup>[13]</sup>。利用 D-S 证据理论融合的过程为:首先从各个传感器得到目标命题的观测证据,然后对各个命题进行基本的概率分配,计算出置信度和似然度(在这里也就是得到了每个命题的一个置信区间),D-S 证据有其相应的组合方法,依据这些方法可以计算出在所有证据联合作用下的基本概率值,最后根据判决准则得到最终的结果。其优点是可以处理不确定的命题,并且可根据实际情况淘汰一些偏离证据的命题,但其缺点是在进行概率分配时需要依靠经验的支持,概率分配函数对结果有着重大的影响,即使发生微小的变化也能引起结果的不同,使用的范围也有限,并且当证据完全相反时,就无法进行融合了。

#### 3.3 模糊推理理论

模糊推理是以模糊集合论为基础描述工具,对数

理逻辑进行扩展而建立起来的,它属于不确定推理的一种<sup>[14]</sup>。利用模糊推理理论进行信息融合时,首先依据现实问题选择需要的传感器,利用知识与经验刻画所得信息的模糊隶属函数,在这里也就得到了模糊推理的规则,依据这些规则进行模糊推理,推导出模糊结论,对模糊结论再进行融合得到一个总的结论,最后经过多次反模糊化过程并进行融合得到精确的目标值。其核心任务就是确定其模糊推理规则,当输出与模糊规则确定之后,系统的特性也就基本确定了。

#### 3.4 BP 神经网络的方法

BP 神经网络是一种单向传播的多层神经网络,网络层除了输入输出节点外,还有一层或多层隐节点,同层节点间没有任何耦合<sup>[15]</sup>。BP 神经网络可以看作一个输入到输出的高度非线性映射。网络拓扑结构如图 2 所示。

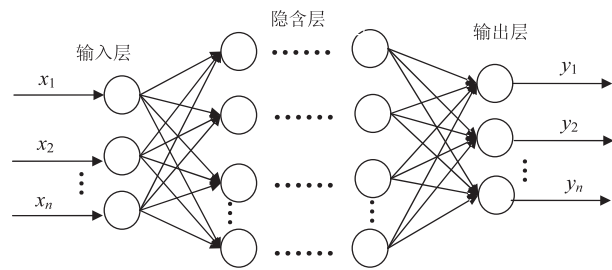


图 2 BP 神经网络的拓扑结构

利用 BP 神经网络进行信息融合时,首先要完成融合系统中输入和输出之间的复杂映射,然后才能使用网络进行信息融合。信息融合的方法多种多样,其关键问题就是选取合适的方法,只有选择了合适的方法才能得到最佳的结果。

### 4 信息融合在建筑节能中的应用

建筑当中耗能设备种类繁多,依靠单一的传感器来实现控制,会出现信息不准确和不充分的状况,并且单一的控制往往会出现冲突,采用信息融合技术对各个传感器获得的信息进行融合,实施综合控制可以较好地解决这一问题。因此在建筑节能方面,信息融合也越来越多地被使用。

#### 4.1 利用神经网络进行建筑环境信息融合

根据实际的需求,需要做以下几方面的工作<sup>[16]</sup>:

- (1) 选取合适的输入变量;
- (2) 选择合适的输出变量;
- (3) 隐含层数的选取;
- (4) 隐含层单元数的确定。

其基本流程是通过传感器获取需要输入的数据,然后在 PC 机上用神经网络的方法进行信息融合,最后得到一个满足人体需求的室内环境,避免不必要的能耗浪费,从而达到节能的效果。

## 4.2 多传感器信息融合的节能控制系统

此节能系统通过多传感器同时采集状态信息,在PC机中实现信息融合,然后输出多路控制信息,对某一区域的耗能设备进行控制,对能耗设备的运行状态进行实时调节,以此来达到节能的效果。其系统的框架如图3所示<sup>[17]</sup>。

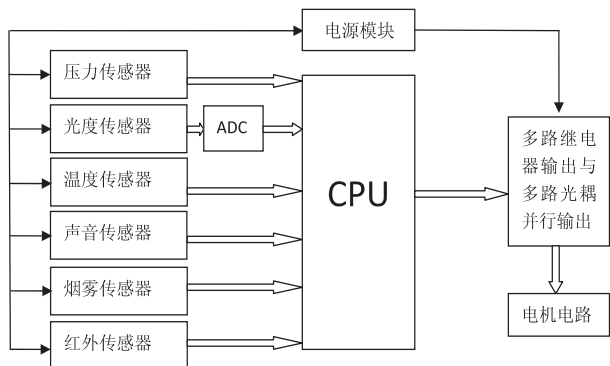


图3 节能控制系统总框架

### 4.3 信息融合在智能建筑中的应用

智能建筑包含三大系统:建筑物自动化系统、办公自动化系统和通信自动化系统<sup>[18]</sup>。这三大系统各自又包含许多子系统,这些系统是相互联系的一个整体,可以利用信息融合强大的信息处理能力对这些子系统进行管理和监测,达到最优的控制,提高建筑的性能和安全性,最终达到信息技术与建筑技术的融合。

借鉴了美国国防部 JDL 提出的四级融合模式,根据智能建筑系统的特点,提出了基于信息融合的控制方案,即采用六层划分:传感器层、传感器子系统层、初级融合子系统层、决策管理子系统层、执行器子系统层、执行器层。

智能建筑控制系统的模式图<sup>[19]</sup>如图4所示。

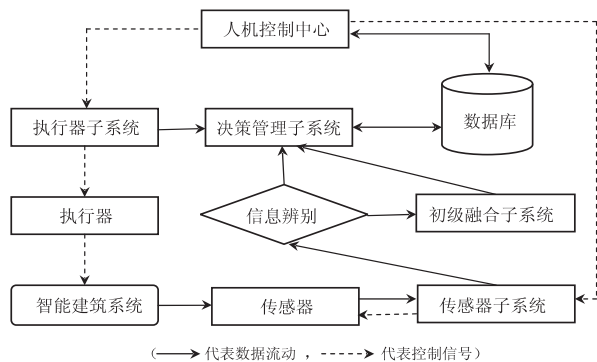


图4 基于信息融合智能建筑控制系统的模式

## 5 信息融合在建筑节能中的应用模型

### 5.1 应用模型的主要内容

(1)数据采集:通过传感器网络获取建筑室内外的温度、湿度、亮度、通风量等多种信息,并且将采集到的信息读入到PC机当中,供PC使用。

(2)数据处理:运用信息融合的技术编写软件,对

读入到 PC 机中的数据进行操作。主要是通过信息融合技术的检测、识别和决策最终得到一个更加合理舒适的室内环境值。

(3)交互、控制工作:将最佳的室内环境值提交给人机交互中心,而人机交互中心既可以实现人为的控制,也可以实现由机器自主控制,通过对建筑内各个耗能设备进行最优控制,以此达到资源的合理利用,在为人们创造一个舒适、温馨的生活或工作环境的同时实现节能的目的。

## 5.2 应用模型的结构图

信息融合在建筑能耗中的应用模型图如图 5 所示。

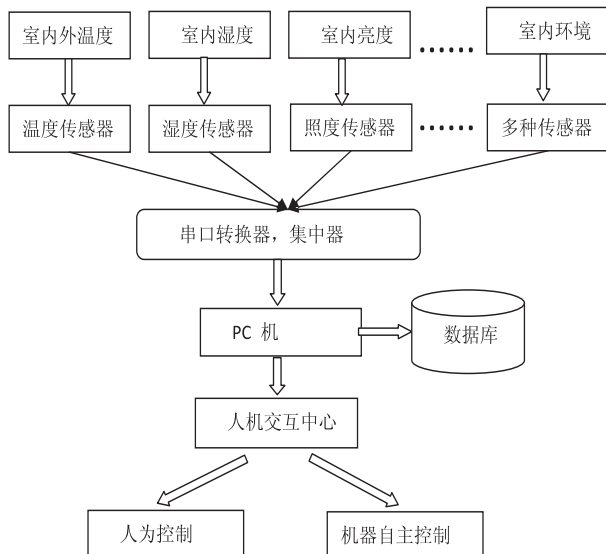


图5 信息融合在建筑能耗中的应用模型图

## 6 信息融合在建筑节能中的发展趋势

随着科技的发展和社会的进步,智能建筑这一字眼越来越多地出现在人们的日常生活当中,创造一个温馨、舒适、智能化的生活环境是机遇,同时也是挑战。伴随着信息融合技术的不断发展,把人工智能、神经网络和模糊理论结合起来应用到智能建筑当中将有着重大的意义。利用信息融合这一多技术相结合的方法,更加广泛地把影响人们日常生活的各种环境因素都考虑在内,由计算机来进行统筹的考虑和精密的分析,然后进行智能化的处理,并以此对建筑内的各个设备进行最优控制,使建筑变得更加的人性化与智能化。当然,要想实现这一过程还需要很长的一段路要走,但是在科技发达的今天,离这一步也将越来越近了。

## 7 结束语

随着我国城镇化建设速度的加快,建筑能耗日益上升,建筑节能已经被提上日程,它也是现今乃至今后研究的一个热点。文中首先通过对近年比较热的信息

融合技术进行回顾和研究,然后对其在建筑中的一些运用进行分析,最后提出了把信息融合应用到建筑节能中的模型。但由于信息融合的发展还不是十分成熟,并且我国的建筑节能也相对落后,把信息融合技术更好地应用到建筑节能当中仍然有很长的一段路要走,对于很多问题还需要进行大量深入的研究。

#### 参考文献:

- [1] 郁文贤,雍少为. 多传感器信息融合技术述评[J]. 国防科技大学学报,1994,16(3):1-11.
- [2] 赵宗贵. 信息融合技术现状,概念与结构模型[J]. 中国电子科学研究院学报,2006,1(4):305-312.
- [3] 范新南,苏丽媛,郭建甲. 多传感器信息融合综述[J]. 河海大学常州分校学报,2005,19(1):1-4.
- [4] 刘海英,张池平. 基于多传感器信息融合技术[J]. 佳木斯大学学报:自然科学版,2004,22(1):28-33.
- [5] 张明路,戈新良,唐智强,等. 多传感器信息融合技术研究现状和发展趋势[J]. 河北工业大学学报,2003,32(2):30-35.
- [6] Frankel C B, Bedworth M D. Control, estimation and abstraction in fusion architectures; lessons from human information processing[C]//Proceedings of 2000 international conference on information fusion. Paris: IEEE, 2000.
- [7] Hannah P, Starr A, Ball A. Decisions in condition monitoring—an exemplar for data fusion architecture[C]//Proceedings of the third international conference on information fusion. Paris: IEEE, 2000.

(上接第133页)

#### 参考文献:

- [1] Chen Yongpan, Mu Xianmin, Zhang Jili, et al. Development of monitoring system of building energy consumption[C]//Proceedings of international forum on computer science—technology and applications. [s. l.]: [s. n.], 2009:363-366.
- [2] Sun Yimin, Wang Zhengli. The energy consumption monitoring platform design for large-scale industry users based on the GPRS[C]//Proceedings of second international conference on mechanic automation and control engineering. [s. l.]: [s. n.], 2011:7827-7980.
- [3] 石为人,杨幸坤,蔡章利,等. 基于XML的可配置数据采集网关[J]. 微计算机信息,2010(24):91-93.
- [4] 魏纪东,王昭顺,戴桂兰,等. 树形结构数据帧解析和处理[J]. 小型微型计算机系统,2010(12):2352-2354.
- [5] 王大宇,谭长庚. 电能表及采集终端通信协议通用解析/生成算法研究[J]. 湖南工业大学学报,2008,22(1):88-91.
- [6] 孟珏遐,朱宁辉,白晓民,等. 基于DL/T645-2007协议的智能电表嵌入式通信软件研发[J]. 电网技术,2010(9):7-12.

- [8] Llinas J, Hall D L, Liggins M E, et al. Handbook of multisensor data fusion: theory and practice[M]. [s. l.]: CRC Press, 2009.
- [9] Bedworth M, O'Brien J. The Omnibus model: a new model of data fusion? [J]. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2000, 15(4):30-36.
- [10] 潘泉,于昕,程咏梅,等. 信息融合理论的基本方法与进展[J]. 自动化学报,2003,29(4):599-615.
- [11] 胡麟. 同质传感器信息融合的移动机器人定位研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2010.
- [12] 马平,吕锋,杜海莲,等. 多传感器信息融合基本原理及应用[J]. 控制工程,2006,13(1):48-51.
- [13] 张燕君,龙呈,李达. 基于冲突表示的冲突证据融合方法[J]. 模式识别与人工智能,2013,26(9):853-858.
- [14] Teng J, Zhang T, Lu W. Structural stress identification using fuzzy pattern recognition and information fusion technique[J]. Journal of Civil Engineering and Architecture, 2012, 6(4):479-488.
- [15] 徐学强. 多传感信息融合及其应用研究[D]. 南京:南京邮电大学,2013.
- [16] 马丽娜. 基于神经网络的建筑环境信息融合方法研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2008.
- [17] 黄斌. 基于多传感器信息融合的节能控制系统[J]. 测控技术,2013,32(4):66-69.
- [18] 郭惠勇,张陵. 信息融合技术在智能建筑控制系统中的应用[J]. 信息与控制,2003,32(5):442-447.
- [19] 周慧忠. 智能建筑中的多传感器信息融合[J]. 智能建筑,2006(11):30-32.

- [7] 多功能电能表通信协议[S]. DL/T645-2007, 2007.
- [8] 户用计量仪表数据传输技术条件[S]. CJ/T188-2004, 2004.
- [9] 刘喆,郇极,刘艳强. 基于XML的EtherCAT工业以太网协议解析技术[J]. 北京航空航天大学学报,2011,37(9):1086-1090.
- [10] 王忠锋,王宏. 基于XML的现场总线设备描述[J]. 计算机工程,2004,30(8):183-185.
- [11] 郭瑞杰,王斌,丁捷. 基于表格驱动的XML配置文件解析与生成技术[J]. 计算机工程与应用,2006,42(9):89-92.
- [12] 林霞,蔡声镇,吴允平,等. 基于特征关键字的多协议数据流转换方法[J]. 计算机工程,2011,37(5):282-284.
- [13] Tilkov S, Vinoski S. Node.js: using JavaScript to build high-performance network programs[J]. IEEE Internet Computing, 2010, 14(6):80-83.
- [14] Karagoz M F, Turgut C. Design and implementation of RESTful wireless sensor network gateways using node.js framework[C]//Proceedings of 20th European wireless conference. [s. l.]: [s. n.], 2014:1-6.

# 信息融合及其在建筑节能中的应用

作者：[吕丁浩](#)，[钟伯成](#)，[雒静](#)，[Lü Ding-hao](#)，[ZHONG Bo-cheng](#)，[LUO Jing](#)  
作者单位：[上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海, 201620](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)  
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)  
年，卷(期)：2015(4)

引用本文格式：[吕丁浩](#). [钟伯成](#). [雒静](#). [Lü Ding-hao](#). [ZHONG Bo-cheng](#). [LUO Jing](#) [信息融合及其在建筑节能中的应用](#)

[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(4)