

一种用于公共建筑绿色化的全局优化技术——SGB技术

张振涛¹, 杨鲁伟¹, 周媛^{1,2}, 李博¹

(1. 中国科学院理化技术研究所, 北京 100190; 2. 天津职业技术师范大学自动化与电气工程学院, 天津 300222)

摘要: 为了实现可持续发展的长远目标, 结合我国十二五规划及科技发展规划, 针对现有公共建筑的能耗高、污染大, 管理效率低下的问题, 首次提出一种基于有/无线混合传感网络的建筑流态数据监控及总体优化协同控制, 以实现建筑绿色化的 SGB(Smart Green Building)技术; 把运行中的公共服务建筑作为整体系统考虑, 将采集到的数据划分为信息流、能量流、物质流、人员流, 并做分层处理, 从系统级的角度, 得到了复杂系统的全局最优化解方案; 从而实现既有建筑的节能、减排与高效管理的改造, 满足绿色化与智能化的要求。

关键词: 绿色建筑; 智能建筑; 传感网; 公共建筑; SGB

中图分类号: TU 242

文献标志码: A

文章编号: 1674-4764(2012)S2-0111-04

A Global Optimization Technique Used in Public Buildings Reform, Smart Green Building Technique

ZHANG Zhentao¹ YANG Luwei¹ ZHOU Yuan^{1,2} LI Bo¹

(1. Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P. R. China; 2. School of Automation and Electrical Engineering, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222, P. R. China)

Abstract: Aiming at the problems existed in public buildings, such as high energy consumption, heavy pollution and inefficient management, a novel global optimization technique was presented, named SGB (Smart Green Building) technique, in which wire and wireless hybrid sensor network is used to realize operating data monitor of the building. At the same time, the collected data is divided into information flow, energy flow, material flow and people flow, and is processed stratified, so as to achieve the existing buildings reform of energy saving, emission reduction and efficient management, to meet the requirement of green and intelligent. The critical factor of the technique is to deal with the operating public building as an entirety, and do the system-level optimization.

Keywords: green building; intelligent building; sensor networks; public building; SGB

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》提出坚持把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济发展方式的重要着力点。深入贯彻节约资源和保护环境基本国策, 节约能源, 降低温室气体排放强度, 发展循环经济, 推广低碳技术, 积极应对全球气候变化, 促进经济社会发展与人口资源环境相协调, 走可持续发展之路。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》在城镇化与城市发展重点领域建筑节能与绿色建筑优先主题中也明确指出了发展思路: 以节能和节水为先导, 发展资源节约型城市。突破城市综合节能和新能源合理开发利用技术, 开发资源节约型、高耐久性绿色建材, 提高城市资源和能源利用效率。要重点研究开发绿色建筑技术, 建筑节能技术与设备, 可再生能源装置与建筑一体化应用技术, 精致建造和绿色建筑施工技术, 节能建材与绿色建材, 建筑节能技术标准。

我国目前城镇民用建筑(非工业建筑)运行耗电占我国总发电量的 22%~24%, 建筑消耗的能源占全国商品能源的

21%~24%, 而发达国家的建筑能耗一般占总能耗的 1/3 左右。随着我国城市化程度的不断提高, 第三产业占 GDP 比例的加大以及制造业结构的调整, 建筑能耗的比例将继续提高, 最终接近发达国家目前的 33% 的水平^[1]。因此, 随着人民生活水平提高和我国城市住宅及大型公共建筑建设的发展, 民用建筑能耗呈不断上升趋势, 对我国的能源供应带来很大的压力。同时, 随着全球变暖效应的日益严峻, 建筑的节能减排成为最近几年以及今后至少几十年内备受关注的焦点与热点。

研究开发绿色建筑技术, 特别是既有公共建筑的绿色化改造, 对于降低我国公共建筑对环境和资源的负面影响, 完成国家的中长期纲要和“十二五”规划的可持续发展目标具有重要意义。关于建筑的节能改造, 国内外相关学者开展了许多研究工作, 往往针对的都是建筑体系中特定的具体设备^[2-6], 如空调系统、停车场等; 或者是某项特定的技术或者特殊的材料^[7-11], 如物联网, 在建筑系统中的应用。而很少有把一个建筑及其运行过程中所涉及的相关问题作为整体来

考虑的相关研究报告。

1 绿色建筑理念

建设部颁发的《绿色建筑评价标准》(GB 50378)对绿色建筑作出了如下定义:在建筑的全寿命周期内,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境和减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,与自然和谐共生的建筑。

所谓“绿色建筑”(green building)的“绿色”,并不是指一般意义的立体绿化、屋顶绿色建筑花园,而是代表一种概念或象征,指建筑对环境无害,能充分利用环境自然资源,并且在破坏环境基本生态平衡条件下建造的一种建筑,又可称为可持续发展建筑、生态建筑、回归大自然建筑、节能环保建筑等^[12]。

绿色建筑所包含的问题应该是全面一揽子解决建筑舒适度、解决建筑节能、节水、节地的综合性最优方案。通常认为,建筑的绿色化设计理念包括以下几个方面的内容:

1.1 节约能源

1.1.1 降低能耗

充分利用可再生能源,采用节能的建筑围护结构以及采暖和空调,减少采暖和空调的使用。

对于已有建筑,要对建筑能耗进行检测诊断分析,并进行空调、照明、机房等重点能耗区域进行节能改造,在小的区域内,把太阳能、风能,电梯的下降势能等组合在一起,建成一个小型能源补充系统,减少对大型电网的依赖,降低能耗。

1.1.2 机房改造

对于公共服务部门的服务器和服务器空间温湿度控制,是一年四季都需要开机运行的区域。日久天长,能耗巨大。通过对服务器本身冷却系统的改进与强化,提高服务器的效率,减低能耗。把机房空调系统与周围舒适空调进行一体化改造,回收再用部分能量,可以大幅度降低能耗。

1.1.3 排放量监测

建立各建筑单元 CO₂ 排放动态监测评价系统,使我们能够动态、实时地观察和控制这些建筑的能耗情况,并能针对性解决建筑超耗能的问题,最终使整个建筑能耗逐年减少。

1.2 节约资源

在建筑设计、建造和建筑材料的选择中,均考虑资源的合理使用和处置。要减少资源的使用,力求使资源可再生利用。节约水资源,包括绿化的节约用水。

1.3 回归自然

绿色建筑外部要强调与周边环境相融合,和谐一致、动静互补,做到保护自然生态环境。

2 智能建筑与绿色建筑的融合与发展

上世纪 70 年代,随着数字计算机的迅速发展,智能建筑这一理念——原先采用机电与模拟设备技术的建筑管理与控制战略得到了自然发展。到 80 年代,自动化建筑(automated building)的理念建立,使智能建筑(intelligent or smart building)的概念发生了第二次甚至多次的蓬勃发展。进入 21 世纪,智能建筑领域中的信息网络技术、控制网络技

术、智能卡技术、可视化技术、流动办公技术、家庭智能化技术、无线局域网技术、数据卫星通讯技术、双向电视传输技术等,都会有更加深入广泛的具体发展及应用。

智能建筑系统的组成如图 1 所示,主要包括楼宇自动化(BA)、通信自动化(CA)、办公自动化(OA)、综合布线(SCS, Structure Cabling System)和系统集成(SI, System Integration)五部分。

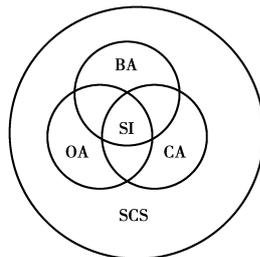


图 1 智能建筑系统组成图

然而,智能化技术只是一种手段,就整体建筑物业产品的技术发展来说,可持续发展技术和“绿色建筑”才是 21 世纪智能建筑技术发展的长远方向。

近年来,国外在智能建筑设计中常融合绿色建筑的理念,将智能建筑与绿色建筑两者相结合,通过建筑、设备和智能化系统来提供节能、环保的生活空间,防止大气、水和电磁污染等,并突出智能建筑的环保和节约资源的功能,以实现建筑和环境的可持续发展。

随着智能建筑的不断发展,智能系统成了绿色建筑不可分割的一部分。绿色建筑要实现节能、环保、自控等目标,也离不开智能系统。

3 网络技术绿色智能建筑中的应用

现代绿色智能建筑除了具备传统住宅的基本功能之外,还需要考虑与环境的协调,因此需要遵循生态学原理,用到许多诸如生物工程学、生物电子学、生物气候学、新材料科学、仿生学等新兴学科。

而对于既有建筑的绿色化改造,更多的则需要借助智能化技术,主要包括:

3.1 无线技术

绿色智能建筑选用无线技术是未来的发展趋势,随着 internet 的无线访问、无线局域网、无线家居(如蓝牙技术)等技术的成熟,近年来采用 GPRS 技术实现无线监控越来越普遍。甚至实现了无线数字闭路电视监控。特别是近年来出现了 WiMAX 技术——一种宽带无线接入技术,受到众多网络基础建设和终端设备厂商的广泛支持,并获得全球网络运营商的认可。由于遵循 IEEE 技术,可确保不同网络、不同厂商终端设备之间的互通,今后在数字城市管理、数字社区、智能化建筑群和智能建筑中都将得到广泛应用。

3.2 网路控制技术

从现场控制总线走向控制网络是一个必然趋势,使用网络控制可以改善智能建筑内各系统异构网络环境的控制与联动结构,增强楼宇各实时监控计算机系统之间的互操作性与集成的相关信息,还可以使所有设备和安全监控信息进入

各种计算机平台和桌面系统,大大改进对智能建筑内监控信息的利用和共享“群体环境”的综合数据,实现对智能建筑内机电设备与安全报警管理的远程控制监控和数据采集。

3.3 物联网技术

智能建筑的核心问题是系统集成,即构建智能建筑综合管理系统(Intelligent Building Management System, IBMS)。通过先进的网络技术、计算机技术和现代控制技术,对楼宇内部的全体对象进行集中监视、控制和管理,以提高整个建筑物的管理水平^[11]。

物联网计算模式是继互联网后的第四代计算模式。物联网是通过传感、控制设备,按约定的协议,将物件信息或(和)物件间互动的信息与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能的一种应用架构。

绿色智能建筑中的建筑管理可以解释为:由物联网系统将多个视频监控节点、传感器节点联系在一起,通过无线通信技术以及移动通信技术将这些信息汇集在一起,交给中心服务器统一处理,并实时将各种异常情况反映给管理员,甚至可以根据预先设定好的程序自动对事件进行处理。从而节约人力、物力、财力资本。

4 运行中公共服务建筑的绿色化技术

由于已有的公共服务建筑都已经在运行,有的甚至已经

运行了几十年。而这些建筑在初期设计时并没有相关的节能规范,更不要说绿色建筑设计规则。这些天然缺陷,导致已经运行多年的公共服务建筑能耗很高,无法简单的实现建筑的绿色化。

4.1 SGB 建筑绿色化技术

针对运行中的公共服务建筑普遍存在的能耗高、污染大,以及管理效率低下等的非绿色化问题,笔者通过复杂系统的非传统方式开展了深入的研究,把运行中的公共服务建筑作为整体系统考虑,而不是简单区分为空调、水泵、照明、机房、电梯、停车场等等实体设备,以期做到绿色建筑参数的整体优化。

公共服务建筑动态运行过程中信息流、能量流、物质流和人员流相伴而行、相互影响。因此,从整体系统考虑,对信息流、能量流、物质流、人员流进行协同优化,从而得到绿色建筑优化 SGB(Smart Green Building)模型——即首先以信息流的畅通为最高优先级的响应,然后在保证人员便利与舒适度的前提下,合理的控制与重新分配物质流,最终实现系统总能耗最低;通过基于传感网的绿色建筑监测系统拾取检测参数信号,根据检测到的信息流、能量流、物质流和人员流四种建筑流态数据,计算出对应的 SGB 值,并作为空调系统、机房系统、机房空调等服务器冷却系统、照明系统、电梯系统等的改造与运行控制依据,协同做到公共服务建筑的动态绿色化。如图 2 所示。

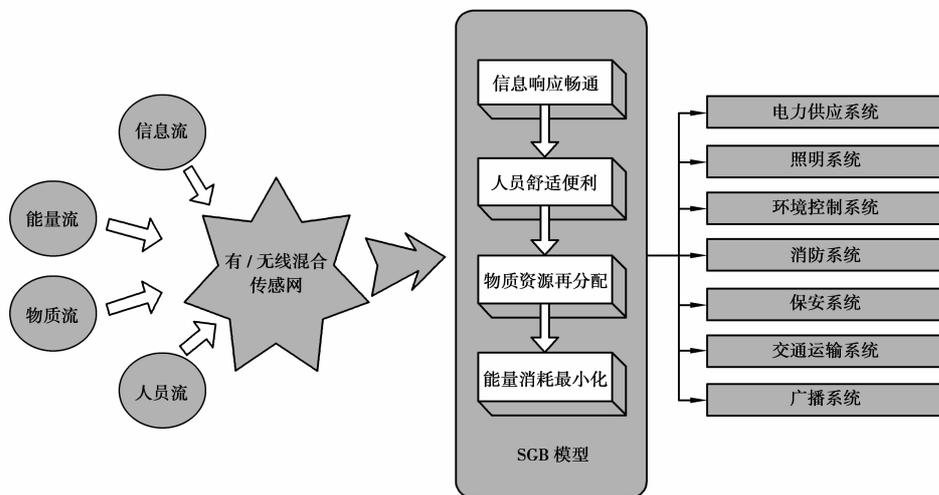


图 2 SGB 建筑绿色化技术示意图

4.2 SGB 建筑绿色化技术理论特点

从整体系统考虑,对信息流、能量流、物质流、人员流进行协同优化得到绿色建筑优化 SGB 模型。该模型包含四层内涵:信息的畅通响应;人员的舒适便利,物质资源的合理再分配;以及能量消耗的最小化。

5 SGB 技术内涵

5.1 基于有/无线混合传感网的建筑流态参数监控系统

基于有/无线混合型传感网的各层技术,包括密集布网进行数据采集,高性能自组织路由协议,分布式局域协同处理,智能化环境研判,事件分级响应与联动机制等,实现公共

服务建筑动态运行过程中的信息流、能量流、物质流与人员流的协同控制。

5.2 基于绿色建筑优化 SGB 模型的建筑资源与能源消耗评价系统

基于绿色建筑优化 SGB 模型,利用传感网所获取的信息流、能量流、物质流、人员流参数,实时计算建筑瞬态能源资源需求,并进行即时评价,提出控制区域内(给定建筑区域)照明、电梯、舒适空调、机房空调、供水等能源与资源消耗系统的协同平衡策略,尽可能减少外界的能源与资源输入,为建筑绿色化打好基础。

5.3 基于遗传算法的分布式控制系统

根据绿色建筑优化 SGB 模型给出的建筑瞬态能源与资源消耗的协同平衡策略,通过遗传算法解耦,进行照明、电梯、舒适空调、机房空调、供水等的分散控制,实现建筑的绿色化。

5.4 能源效率诊断与改造一体化技术

通过能源审计过程,发现能效低的关键环节,并通过检测技术进行诊断,找出原因,实施节能改造。例如可以通过换热器改造、压缩机改造、新型工质应用、控制系统改进等多种方法,对老旧空调主机进行节能改造,从而大幅度降低空调系统能耗。

6 结 语

为了解决运行多年的公共服务建筑的高能耗和管理效率低下等问题,率先提出了一种系统级优化的策略,把动态运行中的建筑流态(包括信息流、能量流、物质流和人员流)作为监测对象,借助传感网络得到其运行状态,通过 SGB 优化模型,即通过分层的控制对各种数据进行优化和解耦,从而得到对包含建筑物中各种设施的子系统的实时控制,以期实现既有建筑的绿色化。

参考文献:

- [1] 江亿, 薛志峰. 北京市建筑用能现状与节能途径分析[J]. 暖通空调, 2004, 34(10): 13-16.
Jiang Y, Xue Z F. Energy consumption status and energy conservation method analysis of buildings in Beijing [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2004, 34(10): 13-16
- [2] 何金刚, 王磊, 吴杨. 节能环保技术在暖通空调系统中的应用[J]. 建筑节能. 2008, 36(7): 6-9.
He J G, Wang L, Wu Y. Application of energy efficiency and environmental protection technology in heating ventilating and air conditioning system [J]. construction conserves energy, 2008, 36(7): 6-9.
- [3] Bennajdi A, Scott J, Taylor B. Energy conservation improvement of the existing building park, constraints and challenges: Case of granite traditional constructions in the United Kingdom [C]//Architecture Energy and the Occupant's Perspective: Proceedings of the 26th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada, June 22-24, 2009.
- [4] 杨春宇, 郑文崇, 陈士群. 夜景亮度及建筑材料光反射特性与照明节能[J]. 土木建筑与环境工程, 2009, 31(5): 90-94.
Yang C Y, Zheng W C, Chen S Q. Light reflecting characteristics of building materials and energy saving of nightscape luminance [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2009, 31(5): 90-94.
- [5] Mao Z, Wang F L, Gao T, et al. Research of the room occupant complaining behavior pattern for the Indoor environmental control [J]. Advanced Materials Research, 2012, 374-377: 1064-1067.
- [6] Pérez-Lombard L, Ortiz J, Coronel J F, et al. A review of HVAC systems requirements in building energy regulations [J]. Energy and Buildings, 2011, 43(2-3): 255-268.
- [7] Santin O G, Itard L, Visscher H. The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock [J]. Energy and Buildings, 2009, 41(11): 1223-1232.
- [8] Jia Q S. On solving optimal policies for finite-stage event-based optimization [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2011, 56(9): 2195-2200.
- [9] Xu Y K, Chen X. Optimization of dependently controlled jump rates of JLQG problem [J]. Asian Journal of Control. 2009, 11(4): 432-439.
- [10] 李百战, 庄春龙, 邓安仲, 等. 相变墙体与夜间通风改善轻质建筑室内热环境[J]. 土木建筑与环境工程(中文), 2009, 31(3): 109-113.
Li B Z, Zhuang C L, Deng A Z, et al. Improvement of indoor thermal environment in light weight building combining phase change material wall and night ventilation [J]. 2009, 31(3): 109-113.
- [11] 邢智毅. 基于物联网技术的智能建筑系统集成[J]. 物联网技术, 2012, 2(9): 82-84.
Xing Z Y. Intelligent building system integration based on Internet of Things technology [J]. Internet of Things Technologies, 2012, 2(9): 82-84.
- [12] 孙玉波. 新闻背景:关于绿色建筑[EB/OL]. 新华网[2007-11-19].
http://news.xinhuanet.com/newscenter/2007-11/19/content_7107399.htm

(编辑 罗 敏)