

基于 BIM 的低成本工程项目进度控制系统设计

石鑫

(北京语言大学 财务处, 北京 100083)

摘要: 针对工程项目中出现的施工进度规划不合理等问题, 提出低成本工程项目进度控制系统进行设计; 传统的工程项目进度控制方法覆盖面有限, 仅可完成某个领域进度的控制, 存在成本高, 效率低的问题; 针对该问题提出基于 BIM 的低成本工程项目进度控制系统设计方法; 该方法首先对控制系统的整体硬件结构进行设计, 通过 ARM7 微处理器以及液晶显示模块、IC 总线、以太网模块构建系统硬件组成了整体系统结构; 对于所设计的系统软件部分, 是基于 CSDT-S 对 TR (传送请求) 的处理, 结合对 TR 的处理调度, 先实现用户的工程项目进度控制的实时请求, 并对其进行响应高效处理, 进而利用进度数据信息存储器进行并行分布控制, 对获取的控制结果进行进一步整合, 按照相关度排序传送到用户的控制界面; 为验证所设计系统的有效性, 进行一次仿真实验, 实验结果表明该系统能够实现人力资源与建筑资源合理分配, 并且可以高效控制低成本工程项目管理的具体进度。

关键词: 低成本; 工程项目; 进度控制; 系统设计

Design of Schedule Control System for Low Cost Project Based on BIM

Shi Xin

(Office of Financial Affairs, Beijing Language and Culture University, Beijing 100083, China)

Abstract: In view of the unreasonable construction schedule in engineering projects, a low cost project schedule control system is put forward. The traditional project schedule control method has limited coverage, and can only control the progress of a certain field. It has the problems of high cost and low efficiency. To solve this problem, a design method of low cost project schedule control system based on BIM is proposed. This method firstly designs the whole hardware structure of the control system, and constructs the system hardware through the ARM7 microprocessor, the liquid crystal display module, the IC bus and the Ethernet module, thus the overall system structure is formed. The system software design, CSDT-S is based on the TR (request to send) treatment, combined treatment schedule of TR, to achieve the user to control the progress of the project the real-time request, and the response efficiency of processing, and then use the progress data memory parallel distributed control, further integration of access the result of control, according to control interface transfer to the user's relevance ranking. In order to verify the effectiveness of the system design, a simulation experiment, the experimental results show that the system can realize the human resources and the construction of a rational allocation of resources, and can effectively control the progress of the low cost project management.

Keywords: low cost; engineering project; schedule control; system design

0 引言

随着全球化和信息化时代的到来, 信息逐渐成为全球经济发展的基础^[1]。在信息技术影响下, 低成本工程项目的管理已经转换为工程项目信息的管理, 如何为低成本工程项目建设构造一个集成化形式的沟通与相互协调的良好环境, 提升低成本工程项目建设效益, 已经成为了国内外低成本工程项目管理领域的重要课题^[2]。当前工程项目的建设过程日渐复杂, 一个工程中参与的单位也越来越多, 经常会涉及到政府部门、规划、施工以及材料和设备的供应商等, 由于各个单位并不在同一处办公, 属于异构式的低成本工程项目, 它的管理模式、信息结构都是不同的, 交流平台不统一, 在进度传递与进度表达上, 经常会出现信息断层现象^[3], 此时就需要一个低成本工程项目进度控制系统来解决这一问题^[4]。当前的工程项目进度控制系统设计方法无法对工程进度进行高效地控制^[5]。在这种情况下, 如何使低成本工程项目进度控制系统设计的更加完善, 成为了当前亟待解决的问题^[6]。而基于 BIM 的低成本工程项目

进度控制系统设计方法, 可以对进度控制系统进行妥善地设计。当前的项目进度控制的问题已经严重影响到了低成本工程项目的建设, 受到了有关学者的重视^[7]。

文献 [8] 提出一种基于 Map/Reduce 的低成本工程项目进度控制系统设计方法。该方法根据引入本体, 弥补传统的关键字控制而导致的语义匮乏的缺陷, 并对多种本体的组建方法与技术进行综合分析, 针对专利数据自身的特点, 设计出一套半自动组建本体的体系, 在此基础上组建本体的专利低成本工程项目进度控制系统框架, 对系统的原型设计思想与控制流程进行分析, 根据实验验证, 该方法具有很好的延伸性, 但是存在着查全率低的问题。文献 [9] 提出一种基于概念格的低成本工程项目进度控制系统设计方法。该方法利用 Lucene 对工程项目进度建立索引, 根据中文分词器对进度信息中的中文进行分词, 对进度信息中事物地理位置进行索引, 在控制系统中利用地理位置的进度信息对控制的质量进行优化。文中的分布式运算层为进度信息的索引以及控制提供了计算能力支持。该方法性能较为优越, 但是不适用于大规模进度控制中。文献 [10] 提出一种基于 Silverlight 的低成本工程项目进度控制系统设计方法。该方法将 RISC 微处理器当作控制的硬件核心, 设计和完成了低成本工程项目进度控制系统。把网络通信与低成本工程项目进度控制结合, 提出了控制系统的软件和硬件相

收稿日期: 2017-07-26; 修回日期: 2017-08-31。

作者简介: 石鑫 (1982-), 男, 北京人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事信息系统管理方向的研究。

结合的结构体系，与 32 位高性能 RISC 处理器结合，实现系统的应用，实验证明该方法可以满足低成本工程项目进度控制的要求，但是系统设计的成本高。

针对上述产生的问题，提出一种基于 BIM 的低成本工程项目进度控制系统设计方法。实验证明，所提方法可以有效对低成本工程项目进度控制系统进行设计。

1 低成本工程项目进度控制系统设计原理

1.1 项目进度控制系统整体构造

在低成本工程项目进度控制整体构造中，利用 CAN 传输进度信息控制数据库访问以及资源控制调度的程序，在控制系统操作界面，利用 Qt/Embedded 当作 GUI 对人机交互页面进行设计。同时控制系统的几个子系统：网络通信子系统、进度信息采集子系统、寄存器等，与系统电源、接口电路、进度信息控制模块以及进度传输电路共同组建低成本工程项目进度控制系统的整体结构。

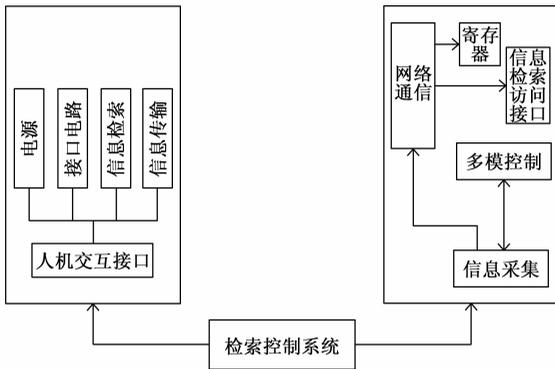


图 1 控制系统整体构造设计

1.2 系统硬件设计

控制系统硬件以 ARM7 微处理器以及液晶显示模块、IC 总线、以太网模块等组成。硬件系统的主控制芯片采取的是 ARM 处理器 LPC2290，把嵌入式微处理器和 IC 总线相连，用户根据控制按钮经过 IC 总线传送至 ARM 处理器中，利用处理器对控制的进度坐标进行处理，并识别进度的内容，依据以太网的接口访问低成本工程项目进度数据库，实现与用户的交互。

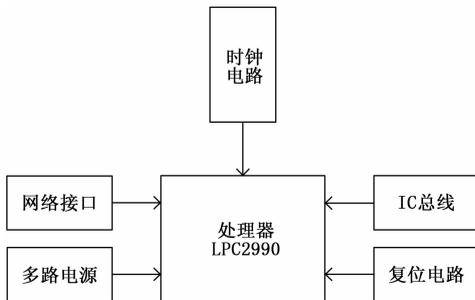


图 2 控制系统硬件设计

1.2.1 进度信息传输电路设计

系统进度信息传输电路内置滤波器，COM1 当作公共地，并设有限流电阻与 24 V 开路电压。进度信息传输端口是固定地址，利用晶体管传输形式，公共端相互隔离，其端口电压分别是 +24 V 和 +5 V。传输端口中，y4、y5、y6、y7 当作地址

总线，因为晶体管传输为开路传输，传输总线的输出线需要外接上拉电阻和 +5 V 电源连接。图中的译码器当作地址分配器，取外部接口芯片与之相连，可以有效传输进度数据。

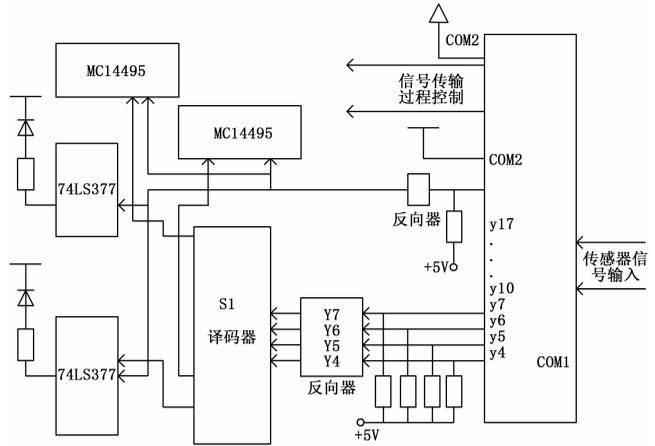


图 3 进度信息传输电路设计

1.2.2 接口电路设计

在进度信息控制接口电路图中，将 ICL7135 的 STROBE 和单片机片的断口 INT1 相连，在 A/D 转换期间，STROBE 是高电平，转换之后，STROBE 输出 5 个负脉冲。加上 1 个极性口，该控制系统接口电路仅占用单片机的 7 根 I/O，进一步地减少了控制系统接口电路的负荷。

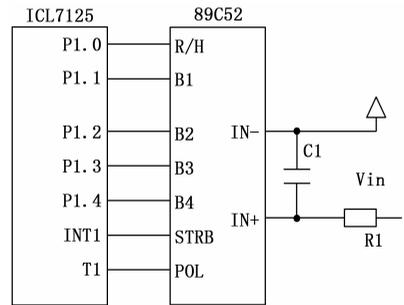


图 4 接口电路图

1.2.3 进度信息控制模块设计

图 5 由用户发出进度信息控制访问，然后进入进度控制排队，系统开始控制相似或者相同进度信息进行匹配，并显示匹配结果，完成进度信息控制。

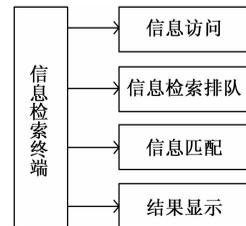


图 5 进度信息控制模块设计

1.2.4 控制系统电源电路设计

控制系统电路中的 TMS320VC5402 芯片，属于功耗比较低的定点 DSP 芯片，根据双电源供电体制，控制系统电源利用内核电源以及 I/O 电源组成，其中，内核电源是 1.8 V 能够降低功耗，I/O 电源是 3.3 V，可以使 DSP 芯片直接和外部低

压器件进行接口，不需要额外电瓶转换电路。该控制系统的电源环境选取的是 TI 公司的 DSP 专用芯片 TPS73HD318，可以更好地为低成本工程项目进度控制系统供电。

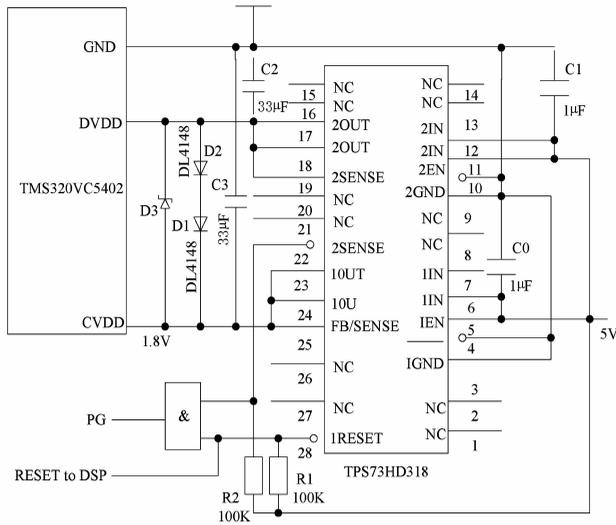


图 6 系统电源电路图

2 进度控制系统软件设计

2.1 低成本工程项目进度控制请求的处理

本文利用 CSDT 服务器对用户发送的低成本工程项目进度控制请求进行处理。为了减少控制请求的传送响应时间，在 CSDT-S 对 TR（传送请求）处理中，加入了对 TR 的处理调度。详细的来说就是，在任意时刻，CSDT-S 按照顺序对控制请求队列内的 TR 进行处理，对于新收到的 TR 就会被附加在请求队列中的尾部。间隔 Δx 时刻，调度器对控制请求队列中各个 TR 进行排队，在排队过程中，综合对 TR 处理进度信息的数目、大小等因素进行考虑，详细的排队函数为：

$$l_a = \alpha \lg(g_a - \lambda) + \beta \ln(h_a - C_\mu) + \gamma 1b(z_a - C_\sigma) \quad (1)$$

式中， l_a 代表第 l 队列中，第 a 个 TR 排队函数值， g_a 代表该 TR 的进度信息数量， h_a 代表该 TR 中最长的低成本工程项目进度大小， z_a 代表该 TR 的进度信息多少总和，权值 $\alpha = 0.35$ ， $\beta = 0.15$ ， $\gamma = 0.5$ 。阈值 λ ， C_μ ， C_σ 分别代表关于 TR 进度信息的数量、大小以及最久进度信息，为可定制的常数。

TR 按照其排队的函数值由大到小的顺序，插入至请求的队列中，排队函数值比较小的优先处理。为了避免排队的函数值比较大的 TR 长时间得不到处理，对上一 Δx 时刻间隔内没有处理完的 TR，重新排队时的排队函数值按式 (6) 进行更新：

$$l_a \setminus prime = e^{-r} \cdot l_a \quad (2)$$

式中， r 代表该 TR 通过调度的轮数，就是 Δx 周期次数，由此能够按指数跃代加速 TR 处理的优先级。

2.2 低成本工程项目进度关联指向特征的构建

在基于 BIM 的低成本工程项目进度控制系统中，利用分布式并行运算方式，就是同一时间通过数个处理器执行运算，可以提高计算速度，对大规模低成本工程项目进度进行计算处理。每当用户提出控制要求，并把提问内容交给控制代理时，控制代理将提问发送至系统的各个服务器，按照 2.1 中低成本工程项目进度控制请求的处理方法，对这些进度信息存储器进

行并行分布控制，并将控制结果进行重新整合，按照相关度排序，排序后传送到用户的控制界面。最大程度地提高了控制速度以及控制能力。

实现低成本工程项目进度控制的核心为：进行低成本工程项目进度数据库的调度，利用模糊 C 均值聚类算法对低成本工程项目进度数据库进行访问控制。假设，将低成本工程项目进度数据库中三层集成的分布式存储构造的数学模型，定义为：

$$H_c^i = G_c^i(H_c^i, v_i, v_c) \quad (3)$$

其中： H_c^i 中的 c 代表低成本工程项目进度控制内终端节点数目，则数据访问进度流标量的时间列表表达式为：

$$H = [\dots H_c \dots H_c^i \dots]^l \in \mathbf{R}^{SN} \quad (4)$$

其中： H 描述的是低成本工程项目进度数据库中，分布结构的向量集合，整个低成本工程项目进度数据库利用语义的分布形式，对进度属性进行分类，获得低成本工程项目进度特征的属性分类集合：

$$\bar{H} = G(H, v) \quad (5)$$

其中：单个的控制节点约束参量输入为：

$$v = [v_1, v_2, \dots, v_N] \in \mathbf{R}^{JN} \quad (6)$$

构建低成本工程项目进度控制中本征向量的轨迹 y_a 与 y_c ，控制过程中语义的指向性进度是两个标量的向量，根据模糊 C 均值聚类对进度数据库中的低成本工程项目进度进行属性分类，并对低成本工程项目进度在其数据中的分布特征，进行关联指向特征提取，组建低成本工程项目进度数据库的关联指向特征，由下面的两个式子对其进行表示：

$$K(o) = p(o)L(o) + S(o)E_{HH}(cr) \quad (7)$$

$$M(V, F_1) = M(keyword, B_1) + M(search, B_2) \quad (8)$$

其中： B_1 代表低成本工程项目进度数据库访问的控制样本测试集， B_2 代表低成本工程项目进度数据库的控制训练集。利用模糊 C 均值聚类算法完成低成本工程项目进度数据属性分类控制，借此结果完成对低成本工程项目进度的精确访问与控制。

3 实验结果与分析

为了证明基于 BIM 的低成本工程项目进度控制系统设计方法的可实践性，需要进行一次实验，在 VisualDSP++ 4.5 的环境下搭建低成本工程项目进度控制实验平台。实验数据取自于北京远东低成本工程项目管理有限公司，将本文所提方法应用于该公司的某一低成本工程项目，观察本文所提方法的整体性能。

3.1 实验参数由来

VisualDSP++ 中有一个开发环境为 IDDE，可以有效完成对低成本工程项目进度控制系统的实验。该实验的硬件环境：处理器 Inter (R) Core (TM) 2DuoCPU2.94 GHz，其内存为 8.00 GB。低成本工程项目进度数据库的访问中，对进度数据归一化的初始频率 $f_1 = 0.8 \text{ Hz}$ ，其终止频率 $f_2 = 0.15 \text{ Hz}$ 。在低成本工程项目进度控制系统中，进度数据的传输比特率是 0.59 Bps/s，通过上述实验环境与参数的设置，对进度控制系统进行调试以及实验分析。在调试过程中，利用数据查准率、召回率等作为调试的指标，在 A/D 采样进度数据缓冲区域实现低成本工程项目进度控制系统的调试，为了证明本文方法的性能，利用本文所提方法与文献方法对一系列调试指标

进行对比。

3.2 实验结果

表 1 是不同方法低成本工程项目进度控制系统的查准率 (%)，也可以叫作准确率 (%) 对比。下式为查准率 (%) 计算公式。

$$\text{查准率} = \frac{TP}{(TP + FP)} \times 100\% \quad (9)$$

其中：TP 代表预测为正时，实现也为正，FP 代表预测为正时，实现为负。

表 1 不同方法进度控制系统的查准率对比

迭代数目/次	文献[8]方法 查准率/%	文献[9]方法 查准率/%	本文方法 查准率/%
1	60.23	59.25	69.25
2	64.25	64.12	75.23
3	66.89	68.58	78.12
4	74.45	74.29	82.54
5	79.58	82.54	87.02
6	81.02	85.47	94.62

分析表 1，本文所提方法低成本工程项目进度控制系统的查准率，明显高于文献所提方法低成本工程项目管理控制系统的查准率。本文所提方法在系统的整体构造中，利用 CAN 传输进度信息控制数据库访问以及资源控制调度的程序，提高了进度信息控制的准确率，证明了本文所提方法具有较高可行性。表 2 是不同方法低成本工程项目管理控制系统的召回率 (%) 对比。下式为召回率 (%) 计算公式。

$$\text{召回率} = \frac{TP}{(TP + FN)} \times 100\% \quad (10)$$

表 2 不同方法进度控制系统的召回率对比

迭代数目/次	文献[9]方法 召回率/%	文献[10]方法 召回率/%	本文方法 召回率/%
1	55.23	60.75	79.58
2	59.25	64.58	82.79
3	64.58	67.89	83.11
4	67.89	70.45	85.23
5	70.25	74.25	87.25
6	74.79	78.41	93.58
7	79.46	83.26	96.25

由表 2 可知，文献 [9] 所提方法进度控制系统的召回率最低，文献 [9] 所提方法根据中文分词器对进度中的中文进行分词，对进度中事物地理位置进行索引，仅考虑了中文控制情况，没有对其他语种控制状况进行专门设置，或者提供语种统一的控制平台，导致进度信息控制的查全率，也就是召回率较低。本文所提方法对进度信息存储器进行并行分布控制，并将控制结果进行重新整合，按照相关度排序，排序后传送到用户的控制界面，控制系统召回率要比文献所提方法高。图 7 是不同方法进度信息控制请求处理时间 (s) 对比。

图 7 中，在同样的控制请求数目下，文献 [8] 方法进度信息控制请求处理所用时间最长，文献 [8] 所提方法对多种本体的组建方法与技术进行综合分析，针对专利数据自身的特点，设计出一套半自动组建本体的体系，显然半自动化的体系无法实现进度控制系统高效率处理控制请求的目的。而本文所

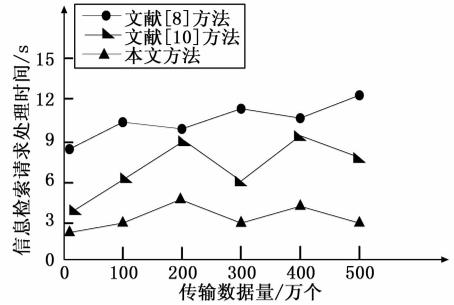


图 7 不同方法控制请求处理时间对比

提方法为了减少控制请求的传送响应时间，在 CSDT-S 对 TR (传送请求) 处理中，加入了对 TR 的处理调度，进一步证明了本文方法较强的适用性和实用性。图 8 反映的是不同方法控制系统进度传输所用能耗 (ω) 对比，假设能耗单位为 ω。

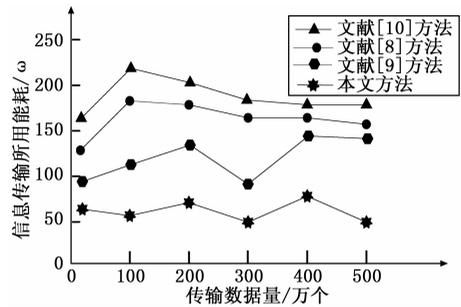


图 8 不同方法进度信息传输所用能耗对比

图 8 中，本文所提方法进度信息传输所用能耗，明显少于文献所提方法进度信息传输所用能耗。因为在利用本文所提方法进行低成本工程项目进度数据传输时，传输电路利用的是晶体管传输形式，所以进度信息传输所用能耗较低，以上数据均说明了本文所提方法具有较强地可实践性。

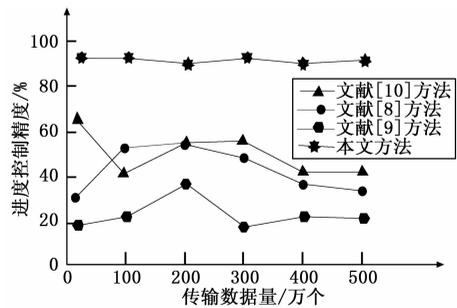


图 9 不同方法下系统进度控制精度对比

在不同方法所设计的控制系统对进度控制精度对比结果如图所示，随着进度信息传输数据数量的增加，传统方法精度一直偏低，最高为 65% 左右，最低达到 20% 以下，这样的精度无法满足实际应用要求。而所设计的进度控制方法，控制精度一直稳定在 90% 到 95% 之间，这说明该设计方法能够高精度的对工程项目进度进行控制。

实验证明，本文所提方法可以稳定地对低成本工程项目进度控制系统进行设计，减少了进度控制时间，可以为工程项目进度管理领域提供比较高地实际意义。