

基于 TRANSPUTER 的并行计算机系统 在污水处理厂中的应用

杨玉峰 王秉文 华中科技大学控制科学与工程系 (430074)

Abstract

In order to improve the level of operation of the waste water treatment plant, a new system of optical interconnection distributed parallel microcomputer network is established in this paper. The system comprise several PLCs based on Transputer, which are connected by optical fiber cable. The result indicates that the system has advantages of high parallel processing ability, reliability, flexibility and high speed.

Keywords: parallel computer, control, waste water treatment

摘要

为了提高污水处理厂的运行管理水平,本文提出了一种新型光互连分布式并行计算机系统。基于 Transputer 的 PLC 是该系统的重要组成单元,各单元按一定拓扑结构互连构成污水处理厂的控制系统。研究结果表明,该系统不仅具有较强的并行协调处理能力,而且具有高可靠性、灵活性和可扩展性,以及高速处理能力等优点。

关键词:并行计算机,控制,污水处理

1 前言

随着我国经济的高速发展,污水处理事业也取得了很大进步,各城市纷纷建起了污水处理厂。一个大、中型污水处理厂中包括多个处理单元,如:格栅、泵房、沉砂池、曝气池以及回流污泥泵房等,各单元之间存在着密切的联系^[1],必须使它们相互协调运行才能保证良好的处理水质,这就要求控制系统有一定的并行处理能力。另外,污水处理厂一般占地面积比较大,各处理单元比较分散,因此控制系统宜采用分布式控制系统并具有较强的通讯网络能力。

基于以上想法,本文提出了基于 TRANSPUTER 的分布式并行计算机系统。下面以石家庄桥西污水处理厂为例做进一步说明。

2 系统简介

石家庄桥西污水处理厂占地 15 公顷,日处理 16 万吨,其工艺流程如下:

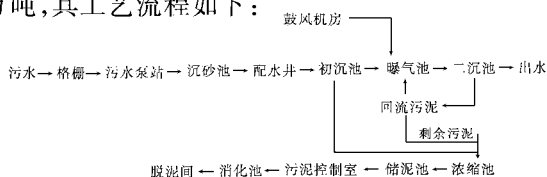


图 1 污水处理厂工艺流程

根据实际情况,该厂的控制系统设四台 PLC,PLC 之间通过光纤电缆组成环形网络,如下图所示。

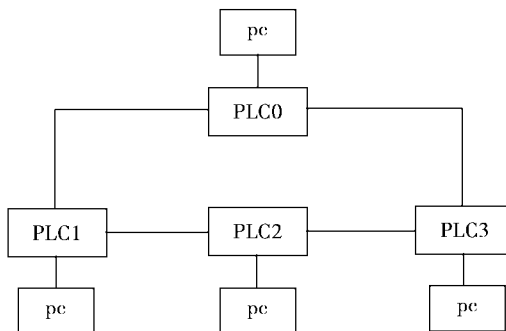


图 2 系统方框图

其中,PLC 是基于 Transputer 的可编程控制器,PLC0 作为中心控制级对现场 PLC 传送来的数据进行分析、处理、储存、管理,健全数据库,并向现场 PLC 发布指令。其余 PLC 作为现场控制级巡回检测工艺参数和设备状态数据,并做相应的数据处理,独立地对本工艺段的工艺过程进行控制,与中心控制级交换信息数据。

各级分工明确,即能独立工作,又能在统一指挥下协调运行,某台出现故障不影响系统其它部分的

正常工作。PLC0 失效，系统可降级使用，现场控制 PLC 可按预制的程序独立完成各自的控制任务。

PC 机上安装有 FIX 工控软件，作为人机界面使操作人员监控全厂的运行状况。

各 PLC 之间通过光纤电缆组成环形局域网，数据传输速度可达 20Mb/s。由于 Transputer 芯片的强大通信功能，该网络可以方便地进行维护和扩展。

3 基于 Transputer 并行处理器的 PLC 系统

Transputer 处理器的并行处理技术是新一代计算机硬件技术的核心技术^[4]。随着 VLSI 技术的突破性进展，英国 INMOS 公司率先推出了一种具有通信链条的 RISC 芯片 - Transputer。它将中央处理器、存储器和高速通信链条等多项功能模块集成在一个硅片上，具有每秒 1000 万次的指令执行能力和四个方向上 20Mb/s 的通信链路。尤其突出的是他不需要任何外部逻辑电路，就可将各个 Transputer 直接连接起来，组成高性能并行计算机网络。同时，为了方便对由 Transputer 构成的并行系统进行编程，INMOS 公司还开发了一种高级并行处理语言 - OCCAM^[4]。OCCAM 不仅是一种高级语言，而且是一种系统描述语言，提供了用 Transputer 设计并行处理系统的方法。Transputer 在结构上完全支持 OCCAM 语言的并行和通信模型。只有用 OCCAM 语言编程，Transputer 才能达到最高性能；而 OCCAM 语言和 Transputer 之间的关系就好象布尔函数和逻辑门电路之间的关系，它们在软件设计和硬件配置方面达到了完美的统一，为并行系统的设计提供了一种新型方法。

目前，Transputer 被广泛应用于高速多处理机系统、高性能图形处理、超级计算机、数据信号处理、加速处理器、机器人、模式识别和人工智能等领域，如“欧洲信息技术战略发展研究计划 (ESPRIT)”中的 P1085 项目，是研究以 Transputer 为基础的、具有模块式可重新配置的体系结构的海量并行处理系统。由于和 OCCAM 语言具有许多优越性能，且易于与光互连系统接口，基于这种芯片的光互连分布式并行处理计算机网络，具有极高的性能比。所以，本文采用 Transputer 芯片构成并行处理系统，用于污水处理厂控制系统。

本文采用的是 Transputer 系列中的 T800^[4]，如下图所示，其主要性能为：

(1) 32 位 CMOS 微处理器，并采用精简指令集 (RISC)，所有指令格式相同，指令执行速率最

30MI/s

(2) 具有采用 ANSI-IEEE745-1985 标准的 64 位浮点单元，浮点单元和处理器并行运行。处理器运行速率为 20MHz 时，浮点单元速率为 2.2Mflops；处理器运行速度 30MHz 时，浮点单元速率为 3.3Mflops；

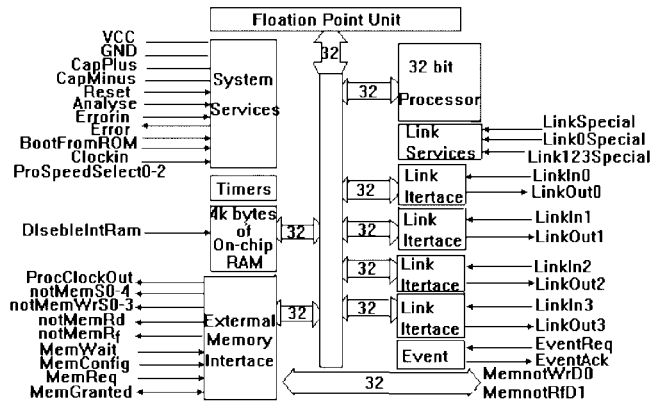


图 3 IMS T800 Transputer 方框图

(3) 片内有 4k 快速 RAM 用于高速处理，数据速率为 120Mb/s (30MHz 时钟) 或 80Mb/s (20MHz 时钟)；

(4) 32b 地址 数据复用的存储器接口能直接访问 4GB 的线性空间，数据速率为 26.6Mb/s (20MHz 时钟) 或 40Mb/s (30MHz 时钟) 并支持 DMA 数据传送；

(5) 片内具有四路标准的 INMOS 全双工高速串行通讯链路 (link)，支持 5/10/20Mb/s 的通讯速率，每条 (link) 能实现 2.35Mb/s 的双向数据传送，无需任何外部逻辑电路，利用 Link 能直接实现 Transputer 之间的点对点通信。

IMS C011 是串/并转换适配器 (link adaptor)，实现 Transputer 与用户系统 (如其它类型的微处理机系统) 之间的接口。IMSC011 具有一对全双工的 INMOS 串行通讯链路 Link，支持 INMOS 标准的通讯协议，最高通讯速率为 20Mb/s，可与 Transputer 族芯片的 Link 进行通讯。针对不同的用途，IMS C011 有两种工作模式：模式 1 和模式 2，存在着两种不同的接口设计方案，它们的工作原理示于图 4。

IMS C011 工作在模式 1，能实现 Link 与两个独立的字节宽度的接口 (一个输入口，一个输出口) 之间的通讯，实现外设与 Transputer、INMOS 外设处理器或其它链路适配器之间的通讯，以及能被编程

作为 Transputer 扩展的 I/O 引脚。IMS C011 工作在模式 2, 为 INMOS 串行链路与其它微处理器系统总线之间提供一个接口, 对于 I/O 口的状态和数据寄存器能通过字节宽度的双向接口访问, 提供两个中断输出, 一个用于指示输入数据有效, 一个用于输出缓冲寄存器空。本文采用模式 2 实现 Transputer 并行处理机系统与 PC 机之间的数据交换。

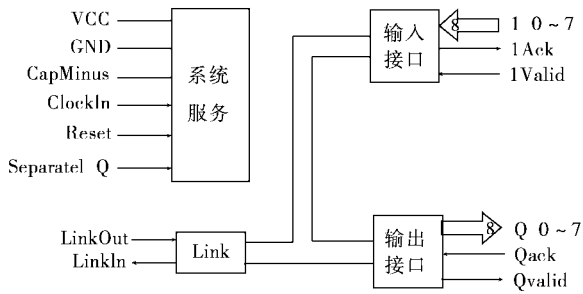


图 4a IMS C001 模式 1 方框图

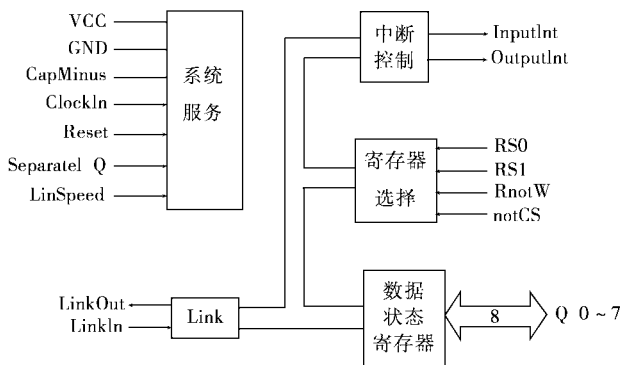


图 4b IMS C001 模式 2 方框图

4 互连网络单元

根据污水处理厂的特点,可在基于 Transputer 的 PLC 之间采用光互连的环形网络进行双向数据通讯,如图 5 所示,该系统具有数据传输速率高、带宽大、抗干扰能力强、性能价格比高、高可靠性和容错能力。

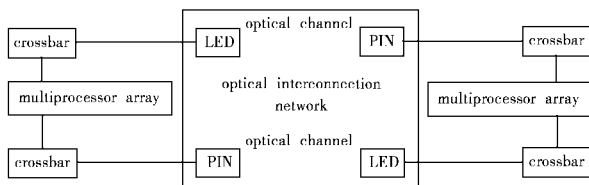


图 5 并行处理系统的互连网络

光学通道由电光转换部分、发光器件、传输介质、通道转换部分、光电转换部分及信号整形部分组成,如图 6 所示。发射端的输入信号和接受端的输出信号均为 TTL 电平,因此,光学通道的两端可以直接与数

字芯片连接。

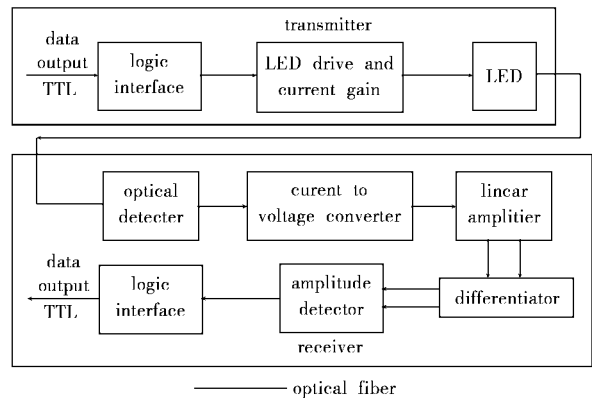


图 6 光纤通道的功能框图

根据 TRANSPUTER 的要求,光学信道的传输速率为 20Mbits/sec,因此发射端采用发射二极管发光器件,并直接用晶体管-晶体管逻辑 (TTL) 芯片驱动,芯片的响应速率、信号延迟和电流驱动能力均可满足要求,而且成本较低。在接受端,光电探测器将信号整形为 TTL 方波。

5 系统的性能分析

从以上的系统体系结构看,主要问题是信息的传输问题,即主要是 Transputer 之间的信息传输问题,现简单分析如下。

假设数据从处理器 U_i 经过处理器 U_{i+1}, \dots, U_{j-1} 传到处理器 U_j , 通信路径为 $N(N = j - i)$ 个处理器;

$$U_i \rightarrow U_{i+1} \rightarrow \dots \rightarrow U_{j-1} \rightarrow U_j$$

假设数据从 U_{k-1} 通过 U_k 传一帧数据到 U_{k+1} , 传输的延长时间为 T_k , 由于从 U_{k-1} 发送数据的时间与 U_k 接受数据的数据重叠,因此:

$$T_k = T_{kd} + T_{ka}$$

这里 T_{kd} 是数据帧在处理器 U_{k-1} 的发送时间或处理器 U_k 的接受时间, T_{ka} 表示处理器 U_k 接受到数据后,经过路由算法向 U_{k+1} 发送之前的延迟时间。所以数据帧从 U_i 发送开始到 U_j 接受完毕的总时间 T_{total} 为:

可以认为,相邻处理器之间发送和接受数据帧的时间与长度成正比。因此,传送长度为 m 的数据帧的总时间 T_{m_total} 可以表示为:

假设将长度为 n 和 m 的两个不同帧的时间差

$T_{jn} - T_{jm}$ 为:

这里, $T_{jn} - T_{jm}$ 为 U_i 发送这两个帧的时间差。如果所有的处理器的数据传送速率相同,可以认为

$T_d = \{T_{kd} | k = i, \dots, j\}$, 那么;

$$T_{jn} - T_{jm} = (j - i)(n - m)T_d + (T_{jn} - T_{jm})$$

如果 U_i 是连续地发送这两帧数据,并且 m 是第一个数据帧的长度,则

$$T_{jn} - T_{jm} = m * T_{d1} = m * T_d$$

最后,

$$T_{jn} - T_{jm} = [N * (j - i) + m] * T_d = m * T_d$$

这里, N 是数据帧经过的处理器个数。假设 $n > m$, 那么 m 的作用可以忽略不计。可以得出:

$$n * T_d = (T_{jn} - T_{jm}) / N$$

若 $N = 1$, 且 n 已知, 则可测得两个相邻处理器之间单位时间的传送时间 T_d 对于一个具有相同传送速率的 Transputer 网络, T_d 是个常数, 则

$$N_d = (T_{jn} - T_{jm}) / (n * T_d)$$

所以路径长度是与接受数据帧的时间成正比的。

6 结论

本文所述的系统具有以下特点:

(1)可靠性高。PLC 是由 Transputer 并行处理系

统构成, 每个处理机模块都享有自己的存储器, 数据共享只是通过 Link 的互连实现, 保证了各单元之间的独立性, 从而提供了整个系统的可靠性。

(2)灵活性和可扩展性强。系统中的 PLC 的数量及之间的拓扑结构可根据需要选择和重构, 构成实现不同功能的系统功能单元。

(3)互连性强, 易于光互连网络接口。Transputer 提供了四路标准的 INMOS 全双工高速串行通讯链路 (Link), 所以, 以利用 INMOS Link 互连成的 Transputer 并行处理机系统为核心的控制系统具有很强的互连性, 很容易实现与光互连网络接口, 构成分布式并行计算机网络, 实现污水处理厂各工艺单元之间的有机并行协调处理。

(4)具有高速处理能力

IMS T800 Transputer 属于 32 位精简指令处理机 (RISC), 具有 64 位的浮点运算单元, 因此该系统具有高速处理能力。

参考文献

1. 张自杰, 顾厦声著排水工程, 中国建筑工业出版社。
2. The transputer databook, INMOS LTD.
3. OCCAM2 programming manual, INMOS LTD.
4. IMS T800 transputer hardware reference manual, INMOS LTD.

(上接第 24 页)

4 操作站界面设计

操作站的人机界面由于采用了 DCS 软件平台, 除在组态和控制分组设计方面操作简便而外, 特别是工艺流程画面清晰明了, 例如泵站的运行情况画面, 标定了所有监测的水泵电机温度以及电流、电压、功率、水泵扬程、流量等运行参数, 使得值班人员很清楚地了解现场的生产状况。还有在运行中操作站可调用存入计算机中的水泵特性曲线, 并将实时参数自动绘入图中, 同时根据地区高差和区域管网图提供的资料算出泵站至管网末端的平均管网损失, 系统对控制过程进行自动修正。历史趋势图反映了设备一段时间内被测参数变化的情况, 为管理者提供了设备运行的历史数据和当事故发生时的有关数据及当时的状态, 为事故分析提供依据, 以便今后做出更好的决策。当前事故报警信号可出现在屏幕左上方的报警框内, 一般事件报警只显示, 较小或较次的设备 (如阀门等) 的故障报警除在屏幕上显示还

发出警铃声, 重大设备 (如风机等) 的报警就要发出警笛声, 提醒操作人员优先处理。系统运行后所有报警信号均存在微机中, 可以随时了解到被测设备故障情况和运行缺陷。

5 结束语

利用 SUPCON JX-300 型集散控制系统对水厂实现自动控制是我们的一个尝试, 系统正常运行避免了因人工操作而引起的出厂水质不稳定的缺点, 提高了工效, 节约药料加投量和能源。随着水厂现代化以及水资源的充分合理运用, 我们相信会有更多的水厂自动化控制方案出现, 以保证适应国民经济发展的需要。

参考文献

1. 陈虹等, 大型泵站综合自动化系统方案研究, 中国农村水利水电, 1998. 8
2. 杨鹏等, 计算机网络在水利枢纽中的应用研究, 排灌机械, 2000. 1