

基于 TMS320DM642 芯片和 COFDM 技术的 移动机器人无线监控系统设计

郭闯强, 尤波, 令狐丹, 肖永强

(哈尔滨理工大学 机械动力工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 针对移动机器人工作时远程指挥和监控的需要, 开发了一种无线监控指挥系统. 设计了基于 TMS320DM642 专用图像处理芯片的图像采集模块, 可以根据需要灵活地监控单路或多路图像, 无线图像传输设备采用 COFDM 技术. 系统实现了移动机器人在远程、非视距、移动情况下的实时监控.

关键词: 移动机器人; 无线监控; DM642; COFDM

中图分类号: TP272 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2683(2009)01-0127-05

Design of Wireless Remote Control and Monitoring System for Mobile Robot Based on TMS320DM642 Chip and COFDM Technology

GUO Chuang-qiang, YOU Bo, LINGHU Dan, XIAO Yong-qiang

(School of Mechanical and Power Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: Aimed at need of remote control and monitor of working mobile robot, a kind of wireless remote control and monitoring system is developed. The dedicated image processing chip TMS320DM642 is employed to design video image compound module, which can monitor single-channel or multi-channel image flexibly fulfilling the working need. The wireless image transmission equipment adopts COFDM technique. This system can achieve real-time monitoring of mobile robot at the situation of remote, NLOS (Non-line-of-sight), and moving.

Key words: mobile robot; wireless remote monitoring; DM642; COFDM

随着机器人技术的不断发展, 移动机器人逐渐成为当前机器人领域研究的热点^[1]. 各种移动机器人不断投入到排爆、反恐、化学品容器泄漏修复及有辐射等工作人员不宜接近的工作现场. 由于移动机器人的重要工作性质以及工作现场情况的复杂和不确定, 往往需要对机器人的工作环境和自身工作状态进行实时监控.

一般监控系统的图像传输系统可通过电缆、光纤、网络、微波等多种方式来实现, 这几种图像传输方式的自身特点限制了其在移动机器人上的应用.

前三种按照接入方式划分为有线监控范畴, 而缆线必然束缚机器人的工作空间, 不利于机器人的灵活运动. 微波传输虽然可以解决有线监控的物理束缚, 但是微波传输主要应用于无遮挡的点对点传输, 并且传输距离较小, 然而移动机器人的无线图像传输通常是在移动、非视距的条件下进行的, 实时性要求非常高, 传统微波方式的无线图像传输技术难以满足要求.

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 为编码正交频分复用的简称, 该技术除

具有强大的编码纠错功能外,最大特点是多载波调制,其抗多径衰落能力、抗码间干扰(ISI)能力、抗多普勒频移能力等都得到了显著提高^[2].利用 COFDM 技术可真正实现“有阻挡、非通视和高速移动条件下”的宽带高速图像传输,该技术是目前世界上最先进和最具发展潜力的调制技术.这一技术的应用解决了微波方式进行无线图像传输存在的问题,成为移动机器人无线监控系统进行非视距、远距离图像传输的最佳选择.

移动机器人在工作时往往需要针对观察工作环境和对象采用不同类型的摄像头.针对监控多路图像的需要,系统设计了基于 TMS320DM642 专用图像处理芯片的图像采集模块,与 COFDM 无线图像传输设备一起,构成移动机器人无线监控系统.

1 移动机器人无线监控系统的总体设计

1.1 移动机器人的系统结构

移动机器人由移动平台和五自由度操作机械手两部分组成,移动平台作为系统的载体,在指挥员的无线监控指挥下自主搜寻到指定的工作区域,操作机械手完成针对工作对象的各种工作任务.根据工作需要系统设计采用 2 类型的 3 个摄像头:1 号摄像头安装于系统的后上方(可 360 旋转,用于观察工作环境信息);2 号、3 号摄像头安装在机械手的末端执行器上,组成三维视觉系统(用来实现机器人的视觉伺服控制,如物体的抓取、安装以及空间曲线轨迹的跟踪等工作).系统摄像头的安装位置如图 1 所示.

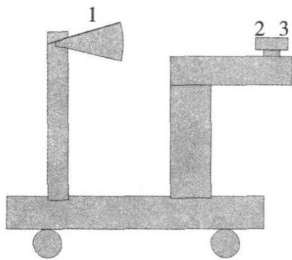


图 1 移动机器人系统结构示意图

1.2 无线监控系统总体设计

针对上述移动机器人的工作需要设计了无线监控系统,无线监控系统的组成结构如图 2 所示.系统从功能上分为图像无线传输系统和指挥控制系统两大部分,图 2 中以实线框标出;从系统结构组成上可分为车载设备和指挥终端设备,图中以虚线框标出.

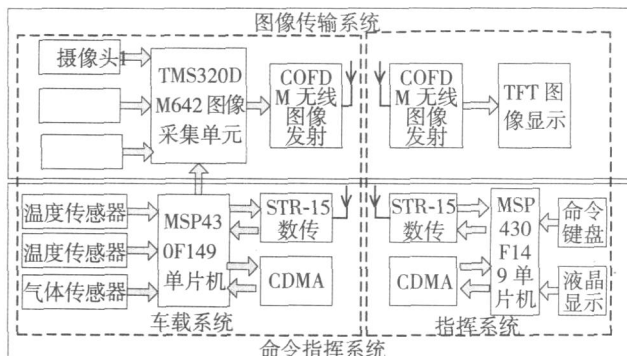


图 2 移动机器人无线监控系统组成图

移动机器人上安装 2 个的摄像头来传输环境信息、机器人自身信息以及工作对象信息,为了减少多路图像在无线传输过程中的串扰问题,系统采用 TMS320DM642 专用图像处理芯片设计了图像采集模块,该模块能灵活地根据需要同步采集多路图像,或者采集感兴趣的某一路图像,采集到的图像以 PAL 格式输出到无线图像传输设备 W2011B 的视频输入口,W2011B 将采集到的图像经过编码、调制,然后传输到指挥控制端.指挥员和指挥车上携有图像接收器,将接收到的现场图像经过解调、解码,然后在显示屏上显示.指挥员根据实时传输回来的机器人现场工作情况,及时发出控制命令,以便更好地完成工作任务.

指挥控制系统以 MSP430F149 单片机为核心处理器,采用 STR-15 型无线数传模块进行控制命令和运动参数的传输.监控系统采集图像的切换是用该单片机通过串口控制完成的.MSP430 单片机上有丰富的 A/D 转换口,集成了温度传感器、湿度传感器和气体传感器等多种传感器.单片机通过 RS232 串口与 STR-15 型无线数传模块通信,将接收到的控制命令传送到移动机器人的运动控制单元,运动控制单元根据命令完成相应的动作.单片机同时将机器人的运动信息和通过传感器得到的环境信息反馈到控制端.

2 基于 TMS320DM642 的图像采集单元设计

2.1 图像采集单元硬件结构设计

图像采集单元结构图如图 3 所示,他含有 4 个图像输入 S 端口,TMS320DM642 专用图像处理芯片为核心处理器,解码采用 TVP5150 芯片,编码采用 SAA7105H 芯片.DM642 的一般 I/O 口与 MSP430 单片机的 I/O 口相连,在单片机控制下根据需要灵

活地采集现场图像信息。

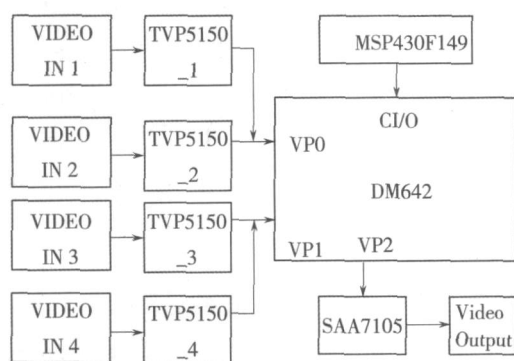


图 3 基于 TMS320DM642 的图像采集单元结构图

TMS320DM642 是 TI 推出的针对多媒体处理领域应用的高性能数字媒体处理器。DM642 处理器内部集成了 TMS320C64X 的 DSP 内核,在 600MHz 运行速度下,指令可达 4 800M IPS,由于其强大的运算能力,可以实现实时的 H. 264 编解码算法^[3]。它有三个视频口 (Video Port),每个视频口被分为上 (B)、下 (A) 两个通道,每个视频口可被配置为视频输入或视频输出,但是上下两个通道只能同时被配置为输入口或者输出口,为了能同时支持四路视频信号的采集,视频口 0 和 1 (VP0 & VP1) 分别被分成 2 个 8bit 的视频输入接口,选用 4 片视频解码芯片 TVP5150,实现四路视频采集功能;视频口 2 (VP2) 用作视频回放接口,采用了 Philips 公司的 SAA7105H 作为本地回放的视频编码芯片。这两种芯片都能与 TMS320DM642 进行数据的无缝链接。

2.2 图像采集单元软件设计

为了帮助 DSP 应用设计人员加速软件的开发进程,TI 推出了一系列 DSP 软件参考框架 (RF),并提供相应的支持^[5]。RF 是一种使用 DSP/BDS 内核和 TMS320 算法标准的通用初始化代码。用户可以通过使用并修改该通用代码使之符合 eXpressDSP 标准,来实现特定的应用。其中 RF5 适用于包含大量的算法,且要求多线程、多通道的应用,如图像处理、多媒体应用等。

本系统即使用 RF5 架构,创建了三个输入、一个输出任务 (task),每个任务就是一个线程,同时任务各自配置一个通道 (channel),每个通道里有核 (cell),核内为图像编码算法,算法使用时根据需要对编码参数进行配置。系统通道的配置主要涉及到的主要软件模块有 FV D、SCOM、Cache 和 DAT 模块,合述为:

1) FV D 模块为基于 DSP/BDS 的应用程序提

供 AP 函数,该模块以芯片支持库 (CSL) 和设备驱动为基础,实现帧图像的获取和显示。

2) SCOM 模块是 RF5 中不同任务间传递消息的通信模块。

3) Cache 模块用于配置和管理数据及程序 Cache

4) DAT 模块是 CSL 的一个抽象模块,其实现的功能是通过 DMA /EDMA 进行数据传递。

下面是程序初始化框架:

```
Main ()
```

```
{
```

```
CSL. init(); // 初始化,选择相应的 CSL (Chip
```

```
Support Library)
```

```
CACHE. init(); // 初始化缓冲区配置
```

```
DAT. open (DAT. CHAANY, DAT. PRI LOW,
```

```
DAT. OPEN. 2D); // 打开数据模块
```

```
SCOM. init(); // 初始化 SCOM 模块
```

```
Task. init(); // 初始化每个任务
```

```
Task. Start(); // 开始每个任务
```

```
Obj = SCOM. creat(); // 为 SCOM 创建对象
```

```
hands = SCOM. open(); // 打开消息
```

```
while (1) // 循环处理
```

```
{
```

```
}
```

程序运行中每个任务 (test) 都是通过消息发送函数 SCOM. putMsg () 和消息接受函数 SCOM. getMsg () 进行消息传递的。每个输入模块将采集到的图像写入指定内存,然后发送消息给图像模块,消息结构存储了图像数据所在的内存空间首地址,随后输入模块等待输出模块的回复,以继续采集下一帧图像;输出模块得到输入模块传来的消息后将图像拷贝到相应的显示缓冲区进行显示,随后发送消息给输入模块,使其继续采集下一帧图像。

3 基于 COFDM 技术的无线图像传输模块

COFDM 原于 OFDM 调制技术,它是欧洲电信标准协会 (ETSI) 为欧洲的数字电视广播 (DVB - T) 和欧洲数字广播 (DAB) 制定的编码和传输标准^[6]。OFDM 技术其基本思想是通过采用允许子信道频谱重叠,但相互间又不影响的频分复用 (FDM) 方法来并行传送数据。一个 OFDM 符号之内包括多个经过调制的子载波的合成信号,其中每个子载波都可以受到相移键控 (PSK) 或者正交幅度调制 (QAM) 符

号的调制.如果 N 表示子信道的个数, T 表示 OFDM 符号的宽度, d_i ($i = 0, 1, \dots, N-1$) 为分配给每个信道的数据符号, f_c 是第 0 个子载波的载波频率, $\text{rect}(t) = 0, |t| \leq T/2$, 则从开始的 OFDM 符号可以表示为

$$s(t) = \begin{cases} \sum_{i=0}^{N-1} d_i \text{rect}(t - t_s - T/2) \times \exp[j2\pi(t - t_s)] & t_s \leq t \leq t_s + T \\ 0 & t < t_s \text{ 或 } t > T + t_s \end{cases} \quad (1)$$

OFDM 系统其实现的基本模型框图如图 5 所示. 其中各子载波的频率满足 $f_i = f_c + i/T_i$; 调制输出信号的频谱图如图 6 所示.

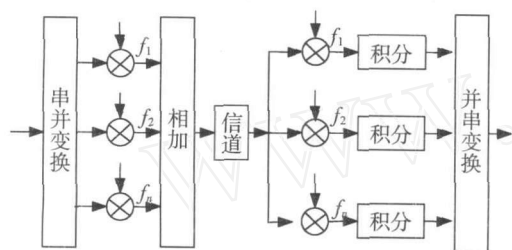


图 5 OFDM 基本框图

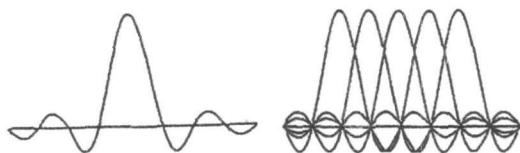


图 6 OFDM 已调信号单频谱和多频谱

从图中很清楚地知道, OFDM 调制消除了码间干扰, 能消除多径传播带来的码间干扰. 各子载波并行传输, 减小了对单个载波的依赖性, 其抗多径衰落能力、抗码间干扰 (ISI) 能力、抗多普勒频移能力等都得到了显著提高. 利用 COFDM 技术可真正实现“有阻挡、非通视和高速移动条件下”的宽带高速图像传输^[2].

本系统选用便捷式 W2011B 无线图像传输设备. W2011B 图像传输系统支持全实时的动态彩色图像和语音传输. 系统采用 MPEG4 数字图像压缩技术, 压缩率高, 对无线信道的适应性好, 容错性能强. 系统采用扩频通信技术, 提供了较好的抗多径干扰能力, 能适应较复杂环境下的无线传输. 视频输入: PAL/NTSC; 图像清晰度: 传输速率为 25 帧/s 时, 分辨率为 325 × 288; 电池可连续工作 4 小时.

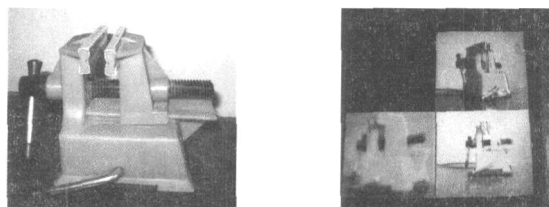
W2011B 的发射机接受来自上述 DM642 输出的 PAL 图像, 然后进行编码、调制后发送出去, 指挥

端的接收机经过解调、解码后在 TFT 屏幕上显示, 从而完成图像传输. 由于多路图像在发射前进行图像的合成, 所以应用一组 W2011B 收发设备即可完成多路图像传输工作, 这样解决了多个传输设备同时传输图像的互相干扰的问题.

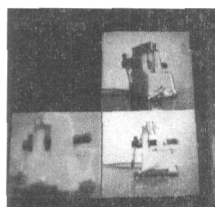
4 图像采集单元实验结果分析

实验方案: 采用三个摄像头对如图 7a 所示的数字相机拍摄虎钳的不同方位进行观测, 图像合成后通过 D NKY 的 TFT 显示屏显示, 合成图像屏幕观察到的效果如图 7b 所示. 由于实验条件的限制, 实验用摄像头的型号不同, 生成图像的效果也有所不同. 从图 7b 中可以看出, 多路图像采集效果达到监控的要求.

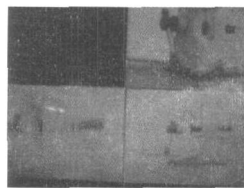
图 7c 显示了 W2011 无线图像传输结果, 测试条件如下: 测试距离约 700 m 的两座教学楼中进行, 中间有三堵墙阻挡, 移动速度约为 1 m/s. 图像显示出两路图像有一些模糊, 分析为摄像头的抖动和曝光时间影响, 可以看出图像经过无线传输基本不影响图像质量. 系统达到设计要求.



(a) 观测的不同方位



(b) 合成图效果



(c) W2011 无线图像传输结果

图 7 实验结果显示

5 结 语

本文主要介绍了移动机器人移动、非视距、高速条件下的无线监控系统设计, 系统采用模块化设计思想, 主要分为图像采集模块、无线图像传输、遥控指挥模块三部分. 其中图像采集模块实现了可任意切换的多路图像采集, 解决了一套传输设备同时传输多路图像的问题. 无线图像传输采用先进的

COFDM 图像传输技术,实现了远距离、非视距条件下移动机器人工作状态的监控.通过实验结果可以看出,图像采集和无线传输的效果完全能达到监控的要求.

参考文献:

- [1] 李磊,叶涛,谭民,等.移动机器人技术研究现状与未来[J].机器人,2002,24(5):475-480.
- [2] 刘应廷.基于 COFDM 的海上无线视频传输系统设计与仿真[D].成都:电子科技大学,2006:6-8.
- [3] 王玮,张卫宁,张大志,等. DM642 在网络视频传输系统中的应用[J].自动化仪表,2007(2):19-22.
- [4] 徐志伟,马登极,林锋,等.基于 DM642 的视频解码设 TVP5150 驱动程序的设计[J].电子器件,2006,9:945-950.
- [5] 司群. TMS320DSP 算法标准 (XDA IS) 及参考构架 RF5 综述[J].船舶电子工程,2006(2):50-53.
- [6] 方水平. COFDM 原理及其设备的应用[J].北京工业职业技术学院学报,2004(4):53-56.
- [7] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [8] 任丽香. TMS320C6000 系列 DSP 的原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2000.

(编辑:付长缨)

(上接第 122 页)

策略,当对手先违反协议时,局中人为了惩罚对手的背叛行为而选择以后永不合作.针锋相对策略则指的是一个参与人在第一轮采取合作的策略,而此后则采取与其竞争对手在前一轮所选择的策略相同的策略,以此约束对手违反合作协议^[7].因此,只要制造商与供应商交易的次数足够多,只要他们都关心长期利益的最大化,这两种策略对对手未来不合作的威胁就具有可置信性,合作博弈依然是他们的最佳选择.

参考文献:

- [1] 陈阳.生产博弈[M].北京:中国经济出版社,2001.
- [2] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海人民出版社;上海三联出版社,1996.
- [3] 李阳珍,叶怀珍,易海燕.建立合作伙伴关系的博弈分析[J].物流技术,2002(7):30-31.
- [4] 刘刚.供应链管理的合作博弈分析[J].经济管理,2003(16):66-72.
- [5] 陈荣,吴金南.经济订货批量及其改进模型[J].物流技术,2004(7):35-36.
- [6] 陈荣.物流供应链管理[M].大连:东北财经大学出版社,2001.
- [7] 杜萍,谢科范,陈剑锋.企业合作中的谈判与博弈[J].管理工程学报,2003(3):12-16.

(编辑:付长缨)

(上接第 126 页)

参考文献:

- [1] BANERJEE S, HESHMATIA, W IHLBORG C. The Dynamics of Capital Structure[J]. Researching in Banking and Finance, 2004(4):275-297.
- [2] 原毅军,孙晓华.企业资本结构优化的系统观与系统方法[J].系统科学学报,2007(3):80-85.
- [3] 王皓,赵俊.资本结构动态调整模型——沪深股市的实证分析[J].经济科学,2004,30:54-62.
- [4] 连玉君,钟经樊.中国上市公司资本结构动态调整机制研究[J].南方经济,2007(1):25.
- [5] 童勇.资本结构的动态调整 and 影响因素[J].财经研究,2004(10):96-104.
- [6] 高铁梅.计量经济分析方法与建模 Eviews 应用及实例[M].清华大学出版社,2006:304.
- [7] 肖作平.资本结构影响因素和双向效应动态调整模型——来自中国上市公司面板数据的证据[J].会计研究,2004(2):36-41.

(编辑:付长缨)