

微型无人机图像无线传输系统的发展现状及其关键技术

高 珍, 邓甲昊, 孙 骥, 宋 崧

北京理工大学宇航科学技术学院, 北京 100081

[摘要] 微型无人机作为一种军民两用的高科技产品, 在现代信息社会中扮演着重要的角色。其图像无线传输系统是实现信息获取、传输的重要组成部分之一。重点阐述了该图像传输系统在国内外的发展历史与现状, 讨论了实现图像传输所涉及的几个关键技术, 进而展望图像无线传输未来的发展趋势。

[关键词] 微型无人机; 图像无线传输; 微型化

[中图分类号] V243.1, V279+.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)16-0068-05

Progress and Current State of Image Wireless Transmission System for MUAV and Its Key Technologies

GAO Zhen, DENG Jiahao, SUN Ji, SONG Song

School of Aerospace Science and Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

Abstract: Being a high scientific and technical product used in both military and civil fields, the Micro Unmanned Air Vehicle (MUAV) plays an important role in modern information society. Image wireless transmission system is one of its important components for acquisition and transmission of information. This system's progress and current state are reviewed in this paper. The key technologies of image transmission and the developing trends of the future image wireless transmission are discussed.

Key Words: micro unmanned air vehicle; image wireless transmission; microminiaturization

CLC Numbers: V243.1, V279+.2

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)16-0068-05

0 引言

微型无人机(Micro Unmanned Air Vehicle, MUAV)^[1]的概念最初是由美国科学家布鲁诺·W·奥根斯坦在1992年美国国防高级研究计划局(DARPA)主持的一次未来军事会议上提出的, 它具有体积小、重量轻、隐蔽性好等优势^[2], 在军用、民用两方面发挥着重要作用。在军事上^[3]被广泛用于侦察、监视等领域, 帮助士兵侦察近距离、小范围和复杂环境下的敌情; 在民用上可实现昼夜巡视、航空摄影等。

微型无人机的首要任务是实现图像信息的获取与无线传输, 而图像无线传输系统作为其重要组成部分之一, 为信息的获取与传输提供了一条有效途径, 它通

过模拟或数字的传输方式, 将机载上拍摄的图像信息传回地面控制中心。该系统具有体积小、功耗低、实时性好及传输可靠等特点, 故探讨其发展现状及关键技术具有十分重要的意义。

1 国内外微型无人机图像无线传输系统的发展历史与现状

1.1 国外研究状况简介

国外对微型无人机的研究始于1992年, 距今仅十几年的时间, 大多数研究都是围绕微型无人机的空气动力学特性、动力能源以及微型化进行的, 而对其图像无线传输系统方面的研究较少。

收稿日期: 2007-06-21

作者简介: 高 珍, 北京市中关村南大街5号北京理工大学宇航科学技术学院, 博士研究生, 研究方向为微小型武器系统信息技术和机械电子工程; E-mail: gaozh211@yahoo.com.cn

邓甲昊(通讯作者), 北京市中关村南大街5号北京理工大学宇航科学技术学院, 教授, 研究方向为中近程目标探测与信号处理及感知与自适应控制; E-mail: bitdjh@sohu.com

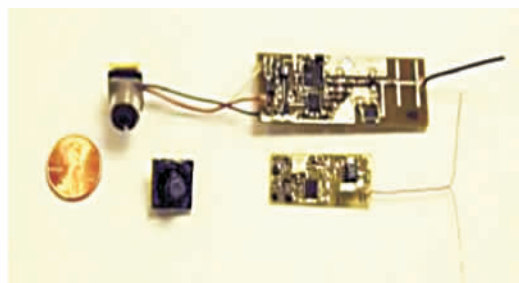
2001 年, Joel M. Grasmeyer 研究出了“黑寡妇”(Black Widow)的图像无线传输系统^[4], 如图 1(b)所示。该系统采用调频体制, 发射频率为 2.4 GHz, 视频发射器重 1.4 g, 有效传输距离 1.5 km, 拍摄并传输回来的黑白图像清晰、可辨。该系统下一目标是采用数字视频信号传输方式, 实现 3~4 km 的传输距离。

2001 年 9 月, 日本成功开发了当时世界上最轻的微型无人机“UFR-II”, 机重仅 12.3 g, 该机可以按照程序设计路线自主飞行, 其上携带有微型摄像机并可以将拍摄到的图像情报迅速传回基地。

2001 年德国柏林工业大学的 MARVIN (Multi-purpose Aerial Robot with intelligent Navigation) 问世, 其 MARVIN Mark II 上携带了一台 Canon S45 数码相机并配有图像无线传输系统^[5], 如图 2 所示。机载计算机通过串口从相机获得数字图像, 并通过无线链路传输回地面进行处理。由于是用串口下载图像, 所以整体处理速度非常慢。



(a) 配有图像无线传输系统的“黑寡妇”
(a) Black Widow



(b) 黑白摄像头, COTS 发射器(上)和彩色摄像头, 视频发射器(下)
(b) Black & white camera, COTS transmitter (top) and color camera, custom transmitter (bottom)

图 1 “黑寡妇”及其图像无线发射系统
Fig. 1 Black Widow and its image wireless transmitter systems



(a)



(b)

图 2 MARVIN Mark II (a) 及其图像采集与传输系统(b)
Fig. 2 MARVIN Mark II (a) and its image acquisition and transmission system (b)

2003 年, 美国南加利福尼亚大学研制的 AVATAR (Autonomous Vehicle Aerial Tracking And Retrieval) 上携有图像无线传输系统, 如图 3 所示。其机载计算机是 PC104 结构的 Ampro 486DX4-133 CPU, 带有 3 个摄像头, 中间是 MicroPix C-1024 摄像头, 横向 2 个摄像头是 iBOT Webcams, 均采用全向镜头进行图像采集和视觉导航^[6]。并采用 Eye-Q 公司的微波视频传输单元将模拟视频图像传回地面, 然后进行数字化处理。同年加州大学伯克利分校研制的 BEAR (Berkeley Aerobot) 装载了 2 台 Pentium 233 MHz PC104 嵌入式计算机, 其中一台用于图像传输与处理, 摄像机是 SONY EVI-D30, 通过串口调整水平、垂直两个方向的视角, 视频采集频率 30 Hz, 采用 2.4 GHz 无线图像链路进行图像传输^[7]。

美国桑德斯公司的“MicroStar”微型飞行器也配备有图像无线传输系统^[8-9], 其中所携带的侦察用微型摄像机重 4 g, 每秒可拍摄 30 帧清晰的地面画面, 昼夜拍摄。配有重 6 g 的哈里斯公司较强功能的 PRISM 无线电通信链路信息传送系统, 能够及时将侦察到的图像信息传回地面控制站, 其有效传输范围达到了 5 km。

2003 年美国在伊拉克战争中使用的近距手提式微

型无人侦察机上安装了彩色低质照相机,并能通过无线电波将近距离侦察到的目标信息及时地传回地面。

2003 年驻伊美军海军陆战队在伊战中正式使用的“龙眼”微型无人机,机上携有摄像机和红外线传感器,可进行 5 km 范围内的侦察和探险工作,士兵可通过戴在手腕上的屏幕观察到相关信息。

2006 年 3 月, Timothy Kinkaid 在其博士论文中讨论了一种新型的图像无线传输系统^[10],如图 4 所示。该微型飞行器上所携带的摄像头重 3.3 g, 视频发射器重 1.6 g, 发射频率 2.4 GHz, 功耗 50 mW, 天线采用全向探测。该系统借助地面站软件解决了微型飞行器飞行过程不稳定而导致所拍摄图像信号不稳定的难题。



图 3 AVATAR 图像传输系统

Fig. 3 AVATAR image transmission system

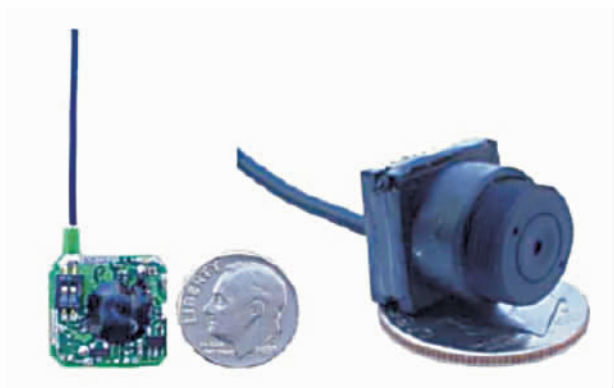


图 4 Timothy Kinkaid 视频发射器和微型摄像头

Fig. 4 Timothy Kinkaid video transmitter and micro camera

1.2 国内研究状况

国内微型无人机图像无线传输技术研究刚刚起步,目前可借鉴的资料较少。

2001 年清华大学研究了微型飞行器机载摄像与无线传输系统^[11],该系统考虑的关键问题是降低飞行器机载系统的能耗、重量及体积。该系统采用调频方式,发射频率为 1.3 GHz,视频发射机尺寸为 45 mm×45 mm

×6 mm,重 4 g,整个机载的重量仅 8.5 g,功耗为 0.78 W,有效传输半径为 0.5~1 km。该系统下一个研究目标是:将其传输距离增加到 2~5 km,使其达到实用化侦察监控半径;改进摄像头,提高摄像清晰度,减小其飞行不稳定对图像质量的影响。

2003 年清华大学针对微小摄像与无线传输系统的降低重量和体积、增大传输距离等方面作了进一步的研究^[12],实现了其摄像发射模块重 16 g(包括摄像头和天线)、体积为 30 mm×40 mm×5 mm,采用调频发射、频率为 1.2 GHz、带宽为 10 MHz、输出功率达 12 dBm、传输距离为 1 km,每秒可拍摄 28 帧图像的目标,基本可实现视频图像的实时传输,在 1 km 范围内传输的图像清晰稳定,缺点是 1 km 以上随距离增加图像出现模糊和变色现象。

2004 年 3 月在前人研究基础上清华大学周兆英^[13]针对研制的微型飞行器设计了一种模拟图像无线传输系统,并申请了国家发明专利,如图 5 所示。该系统采用调频发射模式,频率为 1.18~1.45 GHz, CMOS 视频摄像头重 4.5 g、体积 15 mm×15 mm×20 mm、功率 100 mW、视场角 80°,视频发射机重 8 g,传输图像清晰。

2004 年浙江大学在对微型无人自主直升机目标识别系统研究中,论述了一种新的图像无线传输系统^[14],该系统采用调频发射,频率为 2.4 GHz,该系统体积较大、质量较重、传送过程易受干扰。

2005 年 5 月电子科技大学进行了微型无线图像传输系统的设计^[15],该系统搭载在鸽子上,可在区域战场上昼夜监测图像信息。该系统采用模拟和数字两种传输方式,其总重量小于 60 g(含电池),摄像发射模块约 14~25 g,传输有效半径为 0.5~1 km。模拟传输采用直接微波调频方式,工作在 L 频段,调制带宽 10 MHz,输出功率 24.7 dBm,传输图像清晰、实时性好。数字传输由微型摄像模块、逻辑控制模块和无线通信模块组成。逻辑控制模块由基于 ARM 的微控制器实现逻辑控制、串/

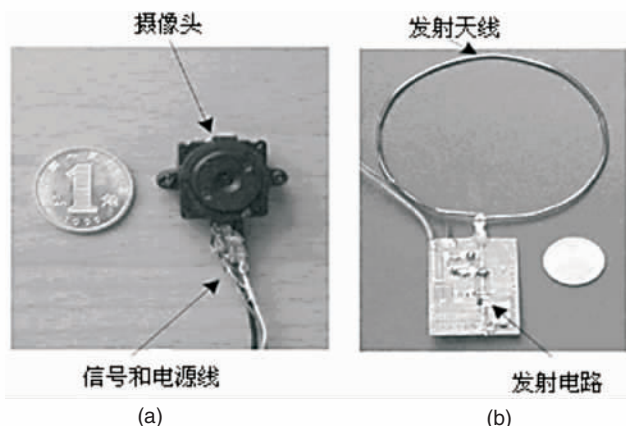


图 5 CMOS 视频摄像头(a)和视频发射器(b)

Fig. 5 CMOS video camera (a) and transmitter (b)

并变换和图像存储。无线通信模块选用 nRF905, 发射频率为 868 MHz、输出功率 10 dBm、调制方式为 GFSK、空中传输速率 100 Kbps、接收灵敏度 -105 dBm, 所设计的传输系统基本满足指标要求, 不过其传输速率较低。

2 图像无线传输系统的几个关键技术

微型无人机图像无线传输系统不同于传统的视频传输, 由于其受微型无人机本身特点的严格限制, 在研究中必然会涉及一些关键技术问题, 面临着严峻挑战。

经资料调研与分析总结如下。

1) 数字信号传输的高实时性图像压缩编码算法

目前国内外大多数微型无人机图像无线传输系统采用模拟方式, 该方式易受复杂环境干扰, 其有效传输距离有限且传输速率低。而由于数字传输更适合于远距离图像传输, 且抗干扰能力强, 图像传输质量不易受环境干扰, 加密方便、保密性高、便于集成化且易于与外界直接通信。但其关键问题是图像数据量太大、占用带宽甚宽, 同时传输速率较低, 难以实现图像的实时传输。因此需探索出高压缩率、快捷的图像压缩编码算法, 并采用功耗低、运算处理速度快的集成芯片 (如 DSP, FPGA 等) 设计硬件电路来解决图像的实时传输。

2) 复杂战场环境下的纠错编码技术

复杂战场环境存在强电磁干扰, 同时由于图像传输信道属于平坦、慢衰落信道, 易产生误码率和码间干扰, 具有易错、时变等特点, 故需采用合适的信道编码对图像信息流进行差错控制和纠错编码。该技术要求降低其误码率、减小系统传输时延、最大限度地节约硬件资源, 以实现可靠传输。

3) 微型无人机目标图像稳像技术

由于微型无人机飞行状态多变, 故所拍摄的图像信号质量极不稳定, 但是在现代战场上要进行准确目标探测就要有稳定图像的侦察、监视及识别。因此如何稳定所拍摄的目标图像是一个需要解决的关键技术问题。

4) 图像实时传输能力的提高

图像数据传输能力的提高也是图像无线传输系统亟待解决的关键问题, 包括降低其传输系统的能耗、重量、尺寸及提高图像实时传输的距离。图像传输系统所需电能一般要占微型无人机总电能的 1/5, 故可通过调节图像帧速率、采用可转向天线等方法减小数据传输电能; 可利用 MEMS 技术实现其微型化。

3 未来发展趋势

随着超大规模集成电路技术及 MEMS (Micro-electromechanical Systems, MEMS) 技术的迅速发展, 结合国内外微型无人机特点及其发展趋势, 其图像无线传输系统今后的发展趋势主要体现以下几个特点: 数字化、轻型化、微型化、快速化、节能化和多功能化。

① 采用数字化传输方式。根据前面发展现状可知图像无线传输主要采用模拟调频方式, 该方式无法满足其图像的实时传输要求, 而数字传输方式能很好地实现其图像的实时传输。② 实现轻型化和微型化。根据相关统计可知有效载荷一般占总重量的 20% 左右, 即若有效载荷重量增加 1 g, 微型无人机总重量会增加约 5 g, 故其轻型化和微型化对微型无人机总体性能有相当大的促进作用。③ 实现快速化。微型无人机最重要的任务是对各种有用信息进行侦察并迅速传回地面站, 故对其传输速率要求甚高。因此随着科学技术的发展及制造工艺水平的进步, 未来可选择速率更快的传输芯片或易设计的数字传输电路实现图像快速、连续传输。④ 实现节能化。即图像采用可见光传送, 同时关闭暂时不用的设备, 以节省微型无人机及其图像传输元件的功耗。⑤ 图像传输器件实现多功能化。欲使未来微型无人机实现自主飞行, 可使用其传输系统携带的微型摄像机充当辅助导航设备, 观察并比较实传的地面图像和已存储的参考图像, 校正其飞行路线, 以充分发挥器件的工作效能。

4 结论

综上所述, 微型无人机图像无线传输系统在军事和民用上发挥着越来越重要的作用。尤其在军事上, 现代战争中信息具有复杂性、多变性、不可预知性等特点, 掌握战场上的“制信息权”对取得战争的胜利至关重要, 而图像无线传输系统作为其重要组成部分之一, 能提供给地面指挥中心实时、准确、全方位及多角度的战场信息。同时随着数字化信息技术的发展及新的无线通信理论的不断涌现, 为攻克本文所述关键技术提供了可能, 为研究新一代微型无人机图像无线传输系统提供了广阔的发展空间。

参考文献 (References)

- [1] STEVEN A. Palm-size spy planes [J]. Mechanical Engineering, 1998, 120(2): 74-78.
- [2] 罗均, 蒋葵, 程维明, 等. 国际上微型飞行器研究的进展及其关键技术[J]. 上海大学学报(自然科学版), 2001, 7(4): 293-296.
LUO Jun, JIANG Zhen, CHENG Weiming, et al. Progress in the study of micro air vehicle (MAV) and the key technologies[J]. Journal of Shanghai University (Natural Science ed), 2001, 7(4): 293-296.
- [3] McMICHAEL J M, FRANCIS M S. Micro air vehicles-toward a new dimension in flight [J]. Unmanned System, 1997, 15(3): 10-17.
- [4] KEENNON M T, GRASMEYER J M. Development of the black widow and microbat MAVs and a vision of the future of MAV design[R]. AIAA, 2003-2901, 2003.
- [5] MARVIN: An autonomously operating flying robot [EB/OL].

- TU Berlin department of computer science, 2006 [2006-12-10]. http://pdv.cs.tu-berlin.de/MARVIN/mark_ii_frameset_image_acquisition.html.
- [6] USC autonomous flying vehicle project[EB/OL]. Autonomous flying vehicles of University of Southern California, 2006 [2006-12-10]. http://www-robotics.usc.edu/~avatar/vision_hw.htm.
- [7] BERKELEY Aerobot (BEAR) testbeds and experiment facility [EB/OL]. California: University of California, Berkeley, 1849 [2006-12-10]. <http://robotics.eecs.berkeley.edu/bear/testbeds.html>.
- [8] 袁哲俊, 谢大纲, 胡忠辉. 微飞行器技术的最新发展[J]. 航空精密制造技术, 2005, 41(1): 1-5.
YUAN Zhejun, XIE Dagang, HU Zhonghui. New developments of MAV technology[J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2005, 41(1): 1-5.
- [9] 美国军用微型无人机 [EB/OL]. [2007-01-10]. <http://www.csuav.com/uav/develop/duav041117-11.htm>.
US military micro unmanned air vehicle [EB/OL]. [2007-01-10]. <http://www.csuav.com/uav/develop/duav041117-11.htm>.
- [10] KINKAID T. Study of micro-sized technology, micro air vehicles, and design of a payload carrying flapping wing micro air vehicle [D]. California: Naval Postgraduate School, 2006.
- [11] 毕文仲, 王广龙, 王晓浩, 等. 微型飞行器机载摄像与无线传输系统的研究[J]. 视频应用, 2002(6): 93-94.
BI Wenzhong, WANG Guanglong, WANG Xiaohao, *et al.* Study on video communication and wireless transmission of MAV[J]. Applied Video Technology, 2002(6): 93-94.
- [12] 金敏, 叶雄英, 周兆英, 等. 微型飞行器的微小摄像与无线传输系统[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2004, 44(2): 194-196.
JIN Min, YE Xiongying, ZHOU Zhaoying, *et al.* Microphotography and wireless transmission system for micro air vehicles [J]. J Tsinghua Univ (Sci & Tech ed), 2004, 44(2): 194-196.
- [13] WU Huaiyu, SUN Dong. Micro air vehicle: Configuration, analysis, fabrication and test[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2004, 9(1): 108-117.
- [14] 汪海明. 微型无人机自主直升机目标识别系统研究 [D]. 浙江: 浙江大学, 2004.
WANG Haiming. Study on object detection system of MINI UAV[D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2004.
- [15] 陈茜茜. 微型无线图像传输系统的设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2005.
CHEN Xixi. The design of micro wireless image transmission system[D]. Chendu: University of Electronic Science and Technology of China, 2005.

(责任编辑 岳臣)

中国流行色协会第四届亚洲色彩论坛即将召开

“第四届亚洲色彩论坛”将于 2007 年 9 月 20 日—23 日在中国无锡召开,此次论坛的主办方是中国流行色协会与无锡市人民政府,论坛主题是品味亚洲色彩——世界眼中的亚洲色彩。

亚洲色彩论坛是由中、日、韩三国色彩机构共同发起的年度活动,是亚洲色彩界和时尚界规模最大的专业活动之一。与会嘉宾共同探讨亚洲色彩产业现状与发展、色彩经济、色彩标准、色彩管理与控制以及东方色彩文化与时尚等热点话题,旨在促进亚洲以及国际色彩人士和产业界的交流与合作。

此次论坛将邀请来自日本尼桑、索尼、韩国 SSCP、兰芝以及中国联想、红豆等多家亚洲著名公司以及美国色彩营销集团的嘉宾来华演讲,并针对与会者共同关心的话题展开色彩财富对话。对话主题为工业设计与消费潮流。此外,日本建筑色彩大师吉田慎悟先生和国际著名装饰材制造商美国富美家公司设计副总裁、著名色彩专家蕾尼·海特利女士就建筑 and 室内装饰色彩进行专题演讲。

同期还将举办色彩财富论坛:亚洲服装、化妆品、家居与室内装饰色彩趋势研讨会;中、日、韩厨艺色彩表演,江南色

彩之旅以及国际 T 恤设计大赛评审等活动。我们诚挚地希望您能接受我们的邀请,出席本届亚洲色彩论坛。

详情垂询:

中国流行色协会:

联系人:王丽 靖晓霞

地址:北京东长安街 12 号 517 室

邮编:100742

电话:010-85229562 85229560

传真:010-85229562

信箱:wangl@fashioncolor.org.cn

无锡市青年商会:

联系人:杨晓霞

地址:江苏省无锡新区天山路 8 号

邮编:214028

电话:0510-85259361

传真:0510-85217062

信箱:yang.xiaoxia@tom.com