

一种基于无线多媒体传感器网络的C4ISR视频侦察系统^①

黎大元 彭军 屈强 (中南大学 信息科学与工程学院 湖南 长沙 410083)

摘要: C4ISR(指挥信息系统)在现代信息化作战中正显示出其强大的功能,而其中信息的获取又显得地位尤其突出。从指挥信息系统视频侦察系统的需求出发,利用WMSN(无线多媒体传感器网络)的自组织性、强壮性的特点,设计了一种基于无线多媒体传感器网络的C4ISR视频侦察系统,提出了其网络体系结构,给出了其节点和基站的设计方法和通信协议的实现。

关键词: C4ISR(指挥信息系统);无线多媒体传感器网络;视频侦察系统

A Video Reconnaissance System of C4ISR Based on Wireless Multimedia Sensor Network

LI Da-Yuan, PENG Jun, QU Qiang

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: C4ISR demonstrates its powerful function in modern information warfare, and how to access the information, in particular, is the key to the technology. To meet the needs of video surveillance systems of C4ISR, this paper designs a video reconnaissance system of C4ISR based on wireless multimedia sensor network, taking advantage of WMSN's (wireless multimedia sensor networks) self-organization and strong character. This work designs its network architecture, gives the design methods of the node and the sink node, and also provides the realization of communication protocols.

Keywords: C4ISR; WMSN; video reconnaissance system

现代化的战争已经由过去的机械化战争转变为了信息化战争。美国对指挥信息系统的领先运用,使得他们在战场上出尽了风头。从近期美国发动的一系列局部战争来看,我们可以毫不夸张地说,谁更好地掌握了准确的战场信息,谁就取得了战争的主动。实现以现代信息技术为核心的军事信息收集、传递、处理自动化,是实现军队指挥自动化的先决条件。无线多媒体传感器网络是传感器技术、计算机技术和通信网络技术有机结合在一起的新型通信技术。由无线多媒体传感器网络为基础组成的战场视频侦察系统具有侦察范围广,侦察纵深远,不受地形和天候条件影响,隐蔽性好,抗干扰能力和生存能力强,获取情报准确、及时、不间断,布设方便灵活,特别是可以直接获取

战场视频信息等特点,在指挥信息系统的情报侦察系统中有着广阔的应用前景。研究无线多媒体传感器技术在指挥信息系统建设中的应用,对我们抢占技术制高点,具有十分重要的意义。

1 指挥信息系统及其视频侦察系统的发展现状及需求

1.1 指挥信息系统

指挥信息系统又称指挥自动化系统,英文缩写为C4ISR。其中“C4”代表指挥(Command)、控制(Control)、通讯(Communication)、计算机(Computer);“I”代表情报(Intelligence);“S”代表电子监听(Surveillance);“R”代表侦察(Reconnaissance)。

① 收稿时间:2009-07-13;收到修改稿时间:2009-08-29

ance)。C4ISR, 就是美国人开发的一个通信联络系统。后来, 又称 C4KISR, 即在原系统的基础上加上“攻击”系统, 已经在研发之中。

指挥信息系统是指在军事指挥体系中采用以电子计算机为核心的技术与指挥人员相结合、对部队和武器实施指挥与控制的人机系统。目前, 美国等发达国家已经研制出了比较完善的指挥信息系统, 随着科学技术的不断进步和发展, 指挥信息系统的建设也在逐步走向成熟, 其反应灵敏性、打击精确程度越来越高。我军目前指挥信息系统建设水平整体落后于欧美等发达国家, 尚未形成情报侦察、指挥控制、火力打击、作战评估的高效闭合环路, 与 21 世纪信息化条件下的一体化联合指挥的需要尚有很大的距离。指挥信息系统按层次可分为战略、战役、战术级。从组成来讲, 目前典型的指挥自动化系统可概括为指挥控制系统、情报侦察与预警探测系统、通信系统、电子战系统有机结合的整体, 其组成(功能关系)示意如图 1 所示。

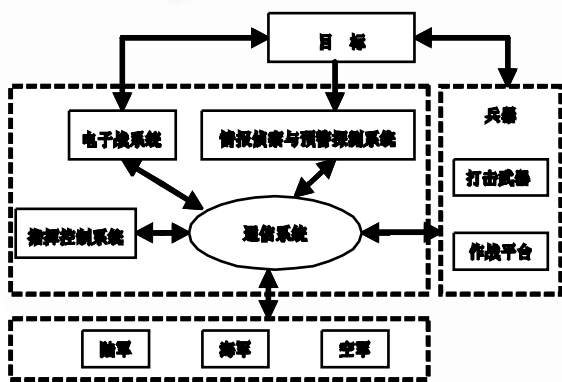


图 1 指挥信息系统组成(功能关系)示意图

1.2 指挥信息系统中视频侦察系统的发展现状及需求

目前国内外已有的视频侦察设备有侦察卫星、无人侦察机、电视侦察弹、视频成像侦察弹、目标定位和战场毁伤评估弹等。

侦察卫星。侦察卫星是用于获取军事情报的人造地球卫星, 它利用光电传感器或无线电接收机等侦察设备, 从轨道上对目标实施侦察、监视、跟踪, 以搜索地面、海洋或空中目标的情报。

无人侦察机。无人侦察机是由无线遥控设备或自备程序控制系统操纵的无人驾驶飞机。美国的“全球鹰”无人侦察机可同时携带光电、红外传感系统和合成孔径雷达, 它的图像能直接实时地传给指挥官。

电视侦察弹。电视侦察弹又称炮射电视。当它被发射到目标区域上空时, 可利用微型电视摄像机, 将一定区域内的地形和地面目标活动图像通过电视播送系统传给指挥所。

视频成像侦察弹。由火炮发射并与全球定位系统转发器和地面接收机组成战场侦察系统。该弹是通过弹丸的飞行和旋转来完成对飞越地形扫描的。

目标定位和战场毁伤评估弹。它是由美国阿连特技术系统公司研制的一种 155 毫米子母炮弹。该弹发射后, 子弹被抛出, 系统电源启动, 翼伞展开, 视频摄像机对目标区进行初始搜索, 并将视频图像传送给地面接收机。

从以上的各类视频侦察系统来看, 现有的侦察手段都有如下不足之处:

- (1) 隐蔽性差。以上侦察设备在战场上均存在自身目标较大的问题, 容易被敌人干扰或攻击。
- (2) 健壮性不强。由于现有的侦察系统所采用的装备数量较少, 一旦被击落或干扰, 侦察就立即中断, 造成巨大的损失。
- (3) 受天候等环境影响较大。
- (4) 造价昂贵。

由于现有侦察设备有以上不足之处, 无线多媒体传感器网络以其节点微型化、具有良好的自组织性和健壮性的特点, 应用到指挥信息侦察系统中就显得尤为必要, 如图 2 所示。

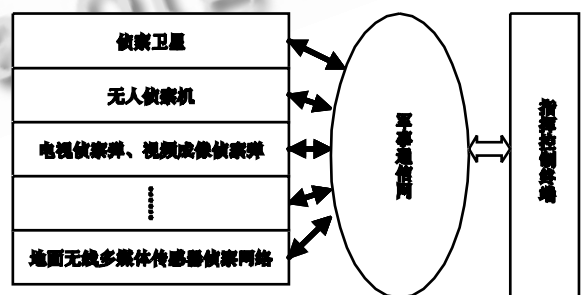


图 2 战场视频侦察系统

2 无线多媒体传感器网络应用于 C4ISR 的关键技术

2.1 节点、基站设计

国外现在已经研制出了“智能尘埃”等应用于军事领域的无线传感器网络侦察系统, 并且这一技术已趋于成熟, 由于无线传感器网络的节点体积非常小,

所以可以命名为“尘埃”。而无线多媒体传感器网络由于其视频采集单元的体积较大,要想使其节点微型化,需要采用更先进的设计理念和技术。

战场环境复杂,人和物的被毁伤性也非常地大,所以战场上不允许我们将基站设在可以被敌方轻易发现的地方,而且基站的发射功率更大,我们也要在设计的同时考虑到敌方电子侦察的威胁。另外,在系统组网时,我们的基站也要考虑到的移动性的问题,文献[1]在理论上对节点的移动性进行了讨论。

2.2 信息同步与融合技术^[2]

要正确再现监测场景、解决多种媒体信息的时空同步问题,目前还缺乏有针对性的机制。信息融合的研究很多是对多源多类信息(以声强、红外、光强、振动、加速度等标量数据为主)进行关联和综合,以形成对监测场景的全面感知,提高系统监测质量。还应从多源同类媒体信息融合着手,尤其是相关性大、时空关联性强的音视频流媒体的融合。文献[3]对无线网络通信系统的同步技术进行了研究,并通过仿真进行了实现。

2.3 QoS 体系与服务保障方法

多媒体传感器网络的 QoS 体系涉及节点感知信息质量、网络传输质量、能量消耗需求、网络覆盖质量和网络服务时间等方面的问题,其中的一个关键问题是流媒体路由选择。网络中节点能量、带宽等资源的严重受限,使得支持实时可靠的大数据流媒体传输相当困难。文献[4]提出了一种基于蚁群算法的启发式智能优化 QoS 组播路由算法,从人工智能的角度对 IP 层的组播路由寻路方法进行了研究。提出了一种基于蚁群算法的,满足带宽、时延、时延抖动、分组丢包率、费用多个 QoS 约束的动态组播路由算法(DM-ACA)。解决了蚁群算法局部搜索能力弱、收敛速度慢、易于陷入局部最优解的问题。

2.4 多媒体信息传输安全

多媒体传感器网络自身的特点决定了其安全问题的解决思路和方法与传统网络的不尽相同。无线多媒体传感器网络具有带宽及节点资源有限、部署区域物理安全无法保证、节点位置先验知识缺乏等局限性,其多媒体信息传输具有一定的难度。文献[5]研究了用于 H.263 视频信息的传输方案,所提出的视频传输方法可以应用于战场视频侦察系统的信息传输。

3 无线多媒体传感器网络应用于C4ISR的设计与实现

多媒体传感器网络是由一组具有计算、存储和通信能力的多媒体传感器节点组成的分布式感知网络。它借助于节点上多媒体传感器感知所在周边环境的多种媒体信息(音频、视频、图像、数值等),通过多跳中继方式将数据传到信息汇聚中心,汇聚中心对监测数据进行分析,实现全面而有效的战场环境监测。在指挥信息系统中,无线多媒体传感器的网络结构可以按图3进行设计。

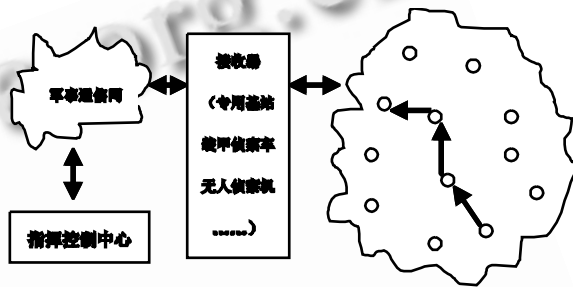


图3 无线多媒体传感器网络应用于指挥信息系统的网络结构

整个系统由四个部分构成:无线多媒体传感器网络部分、基站部分、卫星或军事通信网部分、指挥控制中心。

我们可以通过预先布设、炮弹发射、飞机投掷等方式将无线多媒体传感器节点按要求布设在指挥员需要监控的战场上。多媒体传感器节点在指定的感知区域内采集的数据沿着其他多媒体传感器节点逐跳进行传输,经过“多跳”路由传送到汇聚节点(基站),基站对所收集到的信息进行简单的处理(去除冗余等),最后通过军事通信卫星或网络到达指挥控制中心,指挥控制中心具有强大的数据处理与融合功能,将战场视频信息进行整合处理后还原为战场现场场景。指挥员通过控制中心对传感器网络进行配置和管理,发布监测任务以及收集监测数据。

3.1 节点设计

无线多媒体传感器网络由大量体积较小,成本较低,具有无线通信、传感、数据处理能力的多媒体传感器节点组成的,传感器节点一般由音视频采集单元,视频处理、存储单元,收发单元,定位单元,电源单元等功能模块组成,如图4。此外根据应用的需要,如果考虑到节点的移动性和保密性,可能还会增加移动单

元、跳频单元等，如图 4 所示。

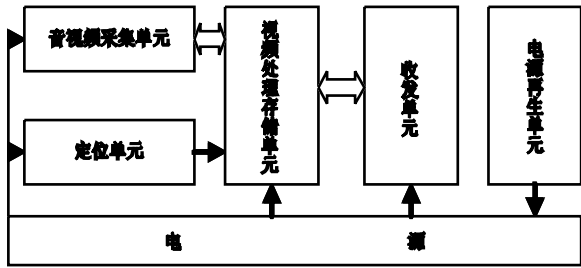


图 4 节点各功能组成单元示意图

音视频采集单元主要是采集战场上声音、温度、图像、湿度等现场环境信息，与视频处理、存储单元之间用扩展接口连接。视频处理、存储单元的主要功能有：对采集的多媒体数据进行预处理和压缩，节点任务管理、存储管理、电源管理、通信机制等。定位单元可以利用军事导航定位卫星(如北斗)对网络中少部分节点进行定位，其他节点可以通过相互之间进行通信而达到定位的目的。收发单元主要用来感知周围网络状况，根据一定的算法来确定本节点所担负的任务并向上一级节点发送采集到的数据。电源再生单元可以利用太阳能等自然资源来为电源进行充电。

随着传感器技术的快速发展，我们能够很容易地获得从成本低廉的图像、音视频等功能复杂的多种类型传感器。我们可以选择成本低廉的微型相机 Cyclops 等，利用先进的嵌入式处理通信技术来搭建满足战场监控所需要的传感器节点。另外，我们还可以采用更低能耗的 SOC 技术，现场可编程门阵列 FPGA 和专用集成微型传感技术 ASIM，将多功能传感器、处理功能、通信功能集成在一块芯片上，并将软件与硬件协同设计，从而缩减成本、降低能耗、缩小体积、提高节点运算速度、增强可靠性等。

3.2 基站设计

在防御战斗中，我们可以通过对敌作战意图的判断，在我方相关地域事先隐蔽地布设好无线多媒体传感器节点和基站。

但是在进攻战斗中，由于战场环境的高度复杂性和极端毁伤性，我们不可能临时在战场上建立功能强大的通信基站来收集和传输信息，同时为了使无线多媒体传感器侦察系统更具有隐蔽性，也不允许我们布设目标较大的基站。在这种情况下，我们可以充分利

用现有的装备，例如装甲侦察车、无人侦察机等防护性较强的侦察设备作为传输中继站，收集战场视频情报，并及时传输到我军用通信网，给指挥员提供实时的战场信息。基站的功能是对传感器节点汇总过来的数据进行一些初步的处理如计算、压缩、去除冗余等，然后再传输给外部网络。

我们可以把这些移动的中继装备看作是网络中的一个移动的节点，当需要时，它们可以通过主动向抛撒在战场中的网络节点发出唤醒指令，迅速组网进行通信，及时高效地完成侦察任务。在装甲车等向军事通信卫星等传输信息时，我们可以在其附近设置几个发射相同参数信号的虚假发射源来迷惑敌人的攻击，使其找不到我真正的发射源。

3.3 通信协议实现

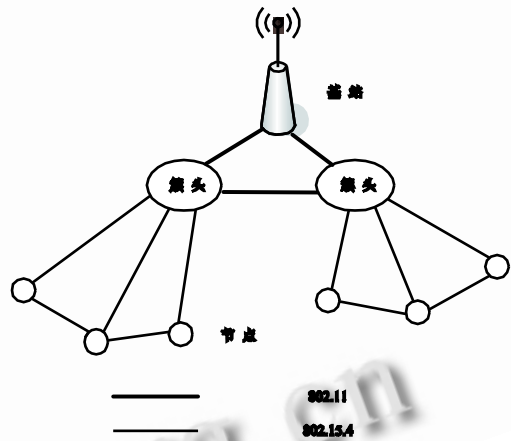


图 5 混合通信协议

用一种怎样的通信协议可以使无线多媒体传感器网络更加高效地工作呢？现有的无线网络通信协议有很多，根据多媒体传感器网络通信协议实现不同，网络体系结构分为单一通信协议结构和混合通信协议结构两种。早期，多媒体传感器网络大都采用单一通信协议结构，也就是说，网络多层间采用相同通信协议如：802.11,802.15.4 等)。这种单一通信协议便于实现与管理，但未能充分考虑到网络中簇头与成员节点间的资源与能力差异。由此，Ardizzone 等人^[6]提出了在多媒体传感器网络混合使用多种通信协议的方法，如图 5 所示。在资源有限的簇内(成员节点-成员节点,成员节点-簇头)采用简单、数据传输速率较低的 802.15.4 协议进行无线通信；而簇间(簇头-簇头,簇

(下转第 57 页)

头-汇聚节点)的通信采用提供较为丰富带宽资源的 802.11 标准。网络通过对两种无线传输协议的混合使用, 有效地兼顾了资源、能耗、传输率等多方面因素, 为实现多媒体应用提供了较好的支持。

4 小结

指挥信息视频侦察系统以其可视化的特点在信息获取上有着不可替代的作用, 随着无线多媒体传感器网络技术的不断发展, 它必将被广泛地应用了军事侦察领域中。本文对无线多媒体传感器网络和指挥信息侦察系统进行了研究, 设计了一种应用于指挥信息系统的基于无线多媒体网络的视频侦察系统。国外发达军事国家尤其是美国军方开展了一系列相关的应用研究。密切关注无线多媒体传感器网络及其相关技术的发展, 积极开展在军事上的应用研究, 对于打赢未来高技术条件下的信息战争有着十分重要的理论和现实意义。

参考文献

- 1 任彦,张思东,张宏科.无线传感器网络中覆盖控制理论与算法.软件学报, 2006,17(3):422 - 433.
- 2 马华东,陶丹.多媒体传感器网络及其进展.软件学报, 2006,17(9):2013 - 2028.
- 3 郭漪,葛建华.宽带无线通信系统中关键技术研究[博士学位论文].西安:西安电子科技大学, 2008.
- 4 孙勇,温向明.下一代网络视频传输关键技术研究[博士学位论文].北京:北京邮电大学, 2008.
- 5 雷红雨,王执铨.指挥自动化系统中多媒体安全若干问题研究[博士学位论文]. 南京:南京理工大学, 2007.
- 6 Ardizzone E, Cascia ML, Re GL, Ortolani M. An integrated architecture for surveillance and monitoring in an archaeological site.In: Aggarwal JK, Cucchiara R, Chang E, Wang YF, eds. Proc. of the ACM VSSN 2005. New York: ACM Press, 2005.79 - 86.