

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2014.06.028

引用格式:于耀.美军战场空中通信节点研究进展[J].电讯技术,2014,54(6):845-850.[YU Yao,YANG Kui. Research Progress of U. S. Military Forces' Battlefield Airborne Communication Node[J]. Telecommunication Engineering,2014,54(6):845-850.]

美军战场空中通信节点研究进展*

于 耀**

(海军装备部,北京 100841)

摘 要:战场空中通信节点是一种机载通信载荷,提供空中通信网关、增强的态势感知以及战场网络互联等能力。首先介绍了美军战场空中通信节点的应用需求和发展概况,然后分析并比较了典型系统的组成、工作原理、功能及技术指标,最后探讨了战场空中通信节点的发展趋势,并阐述了进一步的研究方向,期望为后续研究提供一定参考。

关键词:战场空中通信节点;机载网络;通信中继;通信网关;研究进展

中图分类号:TN915.03 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2014)06-0845-06

Research Progress of U. S. Military Forces' Battlefield
Airborne Communication Node

YU Yao

(Navy Equipment Academy, Beijing 100841, China)

Abstract: The battlefield airborne communication node (BACN) is an integrated communication load providing such function as airborne communication gateway, enhanced situation awareness and battlefield network inter-connection. This paper first introduces the application requirements and present status of U. S. military Forces' airborne communication node, and then comparatively analyzes the components, operation principles, functions and technical specifications of typical systems. Finally, it presents several development trends of BACN and gives some research suggestions, wishing to provide some valuable references for the further research in this field.

Key words: battlefield airborne communication node; airborne network; communication relay; communication gateway; research progress

1 引 言

战场空中通信节点是一种机载通信载荷,通过实现多种数据链网络系统的集成和互联^[1],为战场指挥官、作战单元提供空中通信网关能力、增强的态势感知能力,支持各作战单元在不同层次的互联、互通与互操作^[2]。战场空中通信节点部署灵活,可为通信资源匮乏的作战区域提供丰富的网络资源和便捷的远程通信覆盖服务,满足作战任务遂行过程中的各种通信需求。

自 20 世纪 90 年代开始,美军陆续启动了战场空中通信节点相关项目的研究,通过前期的试飞验证、联合演练(联合远征行动 06、08)逐步发展成熟,并在伊拉克、阿富汗等战争中发挥了重要作用;至 2014 年 2 月,这两个战区共部署 7 架大型战场空中通信节点,已经成功执行超过 5 000 次任务,服务时间超过 50 000 h。美军汉斯康空军基地内森·伊莱特中尉评论说,“战场空中通信节点可以为作战飞机和地面部队提供无缝的通信覆盖和丰富的信息支

* 收稿日期:2014-03-03;修回日期:2014-06-12 Received date:2014-03-03;Revised date:2014-06-12

** 通讯作者:timyuyao@126.com Corresponding author:timyuyao@126.com

持,其重要程度不亚于军火和军粮”。

近年来,我国周边安全环境的日趋复杂,海洋权益与主权矛盾多发,与国家利益相关的安全问题愈发突出,遂行边境或境外权益维护行动的需求不断增多。在邻接或脱离本土的环境下,为上述行动提供大容量、广域覆盖和可靠的通信保障是当前面临的一项挑战。纵观美军的发展进程可知,发展空中通信节点是一个可行的解决方案。目前,国内在空中通信节点方面的研究还刚起步,与国外相比还存在很大差距,特别是在系统设计、集成和应用等方面。为了促进国内空中通信节点的研究,跟踪并分析总结美军战场空中节点的应用需求、系统设计以及最新的发展趋势很有必要,本文也将从这几方面展开论述,并结合战场空中通信节点的关键技术提出后续研究建议。

2 应用需求

美军发展战场空中通信节点的主要应用需求包括六个方面^[3]。

2.1 提供丰富的网络资源与服务

在缺乏可靠通信设施和通信资源的作战区域,发展战场空中通信节点,利用高度集成的空中通信资源以及高空优势,可为战区内分散的作战平台提供高可靠、宽覆盖、大容量的网络服务,并且,战场空中通信节点部署应用便捷,不依赖于任何基础设施。

2.2 提供远程/超视距的通信覆盖

战场空中通信节点集成各种战术数据链、通用宽带数据链以及宽带网络波形(Wideband Network Waveform, WNW),可参与构建空基宽带骨干网络,并作为网关为处于网络边缘的各种战术数据链(Tactical Data Link, TDL)提供远程超视距的通信服务,实现战区内广域分布各个作战单元、后勤保障单元间的无缝网络互联。

另外,当受地球曲率、地形条件等影响,既定的视距通信时段无法满足作战需求时,可利用战场空中通信节点的高空优势来提供通信中继服务。例如,在阿富汗战场,多山的地形影响了视距通信系统的作用范围,造成不同战术部队之间无法互通;在部署战场空中通信节点之前,每个战术部队仅能感知完整战场图像的部分内容,通过战场空中通信节点实现不同作战部队之间的互联、互通后,可提供更高

层面上的态势共享和作战协同。

2.3 提供隐蔽突防时的态势共享与协同

利用战场空中通信节点的多通道能力、网关能力以及信息集成处理与翻译能力,实现异构网络系统的互联,可在不破坏射频隐身的条件下,完成前突隐身作战平台与后方作战单元之间的态势共享与协同。

在2010年6月进行的“三叉戟勇士”演习中,美海军陆战队的F/A-18战斗机通过战场空中通信节点(Battlefield Airborne Communication Node, BACN)的机间数据链(Intra Flight Datalink, IFDL)子系统(BACN IFDL System, BIS)实现了与F-22战斗机之间的协同作战。通过BIS连接起来后,F-22战斗机的飞行员可将探测信息传至空中通信节点,再经由Link-16送至F/A-18战斗机,极大地提高了F/A-18战斗机的态势感知能力,并实现了隐蔽突防条件下不同类型作战平台间的协同。

2.4 为网络能使武器提供有效的信息支持

战斗指挥员与射手之间缺乏实时数据交换能力使得指挥员无法向网络使能武器(Network Enabled Weapon, NEW)提供飞行目标的实时更新数据。利用战场空中通信节点集成通信能力、网关能力,可在指挥员、传感器、武器平台和NEW之间建立高吞吐量的网络,使得指挥员能够定位和追踪高速移动目标,提高目标引导效率和准确性。

2.5 提供泛在的网络接入和企业级信息服务

通过多种数据链和网络系统的集成接入与互操作,战场空中通信节点可为其覆盖范围内的各用户提供泛在的网络接入(包括各种数据链接入、基于IP的网络接入以及全球信息栅格(Global Information Grid, GIG)接入等)和企业级信息服务。例如,通过战场空中通信节点为不同战术网络提供互联和内容共享接口,小型战术部队或单兵可通过手机、无线局域网络(IEEE 802.11)或者窄带电台进行网络接入和信息获取。

2.6 应急通信

面对大范围自然灾害或者人为灾难时,如何在基础设施恢复工作前迅速搭建高效的应急通信手段是一个亟待解决的问题。利用战场空中通信节点的空中优势以及集成的多种通信手段,可支撑应急部门的关键通信需求,实现不同部门之间的有效协同和联动,提升危机事件发生时的快速反应和处理能力。

3 典型系统

针对各种战场环境下的不同应用需求,美军启动了一系列的空中通信节点项目,包括联合自适应 C4ISR^[4]节点(Adaptive Joint C4ISR Node,AJCN)、战场空中通信节点(Battlefield Airborne Communication Node,BACN)^[5]、滚装超视距通信设备(Roll on Beyond line-of-sight Equipment,ROBE)、联合距离扩展(Joint Range Extension,JREP)、通信空中层扩展(Communications Airborne Layer Expansion,CABLE)等。其中,AJCN 最早由国防高级研究计划局于 1998 年发起,该预研项目称为机载通信节点,旨在为美军及其盟军提供广泛的战区机载中继无线通信服务;随后,又在通信中继功能的基础上进一步扩展,形成了集通信中继、信号情报和电子攻击等多任务一体的系统,称为自适应联合 C4ISR 节点。BACN 是美空军授权诺斯罗普·格鲁曼公司研制的战场机载通信节点载荷,该载荷已经在 4 架庞巴迪“全球快车”BD 700 飞机以及 3 架“全球鹰”无人机上进行了部署和应用^[5]。ROBE 是美军为 KC-135 加油机装备的一种通信载荷,使得加油机具备了战场空中通信节点能力,称为灵巧节点(Smart Node)。下面将分别对这 3 个典型系统进行分析 and 介绍。

3.1 AJCN

AJCN 是 BAE 系统公司研发的一个多功能、可配置、与集成平台无关的机载通信载荷。除通信中继功能外,AJCN 还提供了信号情报侦察、电子侦察、自动识别、定位和电子攻击等功能^[6]。

AJCN 采用了基于软件无线电的设计思想,在通用的商用货架产品硬件上部署了一个多任务的软件框架来满足通信中继、信号情报和电子攻击等不同类型的任务需求。AJCN 载荷的系统组成如图 2 所示,其硬件部分主要包括通用接收机、发射机以及通用处理器;软件部分包括通信、信号情报、电子攻击和图像情报等功能组件包。

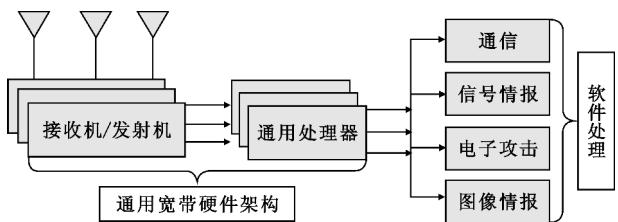


图 1 AJCN 系统组成
Fig.1 AJCN system components

AJCN 提供各种战术数据链、情报侦察数据链、宽带/窄带波形的传输服务,以及异构链路网络间的话音、数据中继和路由转发服务,具备 20 MHz ~ 3 GHz 的信号情报能力以及通信信号干扰、欺骗及其网络攻击能力,同时,AJCN 还支持任务载荷的动态重配置。AJCN 的主要技术指标如下^[7]:

- (1) 体积:2.8 ~ 3.6 m³;
- (2) 质量:227 kg;
- (3) 功耗:5 ~ 9.7 kW;
- (4) 支持 100 ~ 150 n mile 的通信中继;
- (5) 支持 10 ~ 20 个超高频卫通用户;
- (6) 支持 400 ~ 600 个数据链网络用户。

3.2 BACN

BACN 是由诺斯罗普·格鲁曼公司开发的一种基于 IP 的通信中继和信息服务系统。BACN 被定义为一个通信载荷,提供企业级战术信息服务,可持久部署在高空、长航时飞机平台上^[8];其主要功能是提供通信覆盖范围扩展、异构数据链网络互联,包括话音桥接、信息转发、态势感知与共享、GIG 连接等能力;其系统设计原则是直接选用政府或者企业在桥接、网关以及网络化指挥控制等领域投资的软/硬件产品进行系统实现,尽量采用成熟技术和产品。

BACN 系统组成如图 2 所示^[5],主要包括通用 IP 背板、机载执行处理器、系统接口背板以及显示控制等模块。

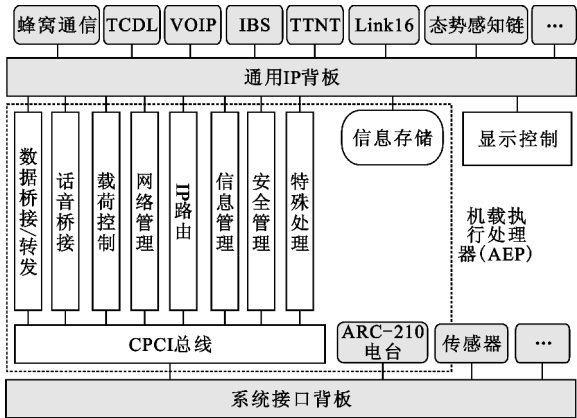


图 2 BACN 系统组成
Fig.2 BACN system components

通用 IP 背板:用于支持各种数据链以及应用系统的接入。

机载执行处理器(Airborne Executive Processor,

AEP):包含一系列模块,各模块通过 CPCI 总线进行互联以完成 BACN 的核心处理功能。其中,数据桥接转发模块采用通用数据链集成处理(Common Link Integration Program, CLIP)软件包实现不同数据链系统间消息转译与信息共享^[9];话音桥接模块实现异构话音系统之间的中继、桥接处理;载荷控制模块支持通过本地人工控制和远程遥控两种方式实现对系统的控制管理;网络管理模块实现各链路的数据处理、消息管理以及数据链网络管理;路由模块实现动态路由维护,为各类业务数据的分发提供路由选择支撑;信息管理模块实现基于数据链和本地传感器的信息融合处理;特殊处理模块实现 BACN 的高级态势感知;安全模块实现系统安全、保密相关的处理机制;传感器管理模块实现本地传感器资源综合调度管理功能;信息服务器实现大容量战术信息存储、处理与分发等功能。

系统接口背板:支持平台传感器、蜂窝通信系统、话音电台等的接入,通过 CPCI 总线与 AEP 互联。

显示控制:支持通过人机交互界面和地面遥控两种方式执行系统控制。

BACN 的主要功能和技术指标如下:

- (1) AEP 尺寸为 11.74 cm×8.23 cm×19.13 cm, 质量为 24 kg;
- (2) 支持蜂窝通信系统、战术宽带数据链、VOIP、综合广播服务、协同战术描述数据链、Link 16、态势感知链等数据链和通信系统接入;
- (3) 支持异构战术数据链网络之间的互操作、异构语音系统之间的互操作;
- (4) 支持视距通信系统的覆盖范围拓展;
- (5) 为作战平台提供 GIG 的连接服务和以网络中心的数据存储和按需获取。

3.3 ROBE

ROBE 项目由诺斯罗普·格鲁曼公司、现代技术公司和 ARINC 公司组成联合开发团队负责研制,目前已装备于 KC-135 加油机,用于为战斗机提供网络接入服务。

ROBE 系统组成如图 4 所示^[10],主要包括 1 台多功能信息分发系统小型端机,实现 Link 16 数据链接入;1 台 AN/ARC-210 卫星终端,实现覆盖全球范围的数据通信;1 台 GPS 接收机,实现导航和精确定时;以及 1 台计算机,实现网关管理和数据处理功能。

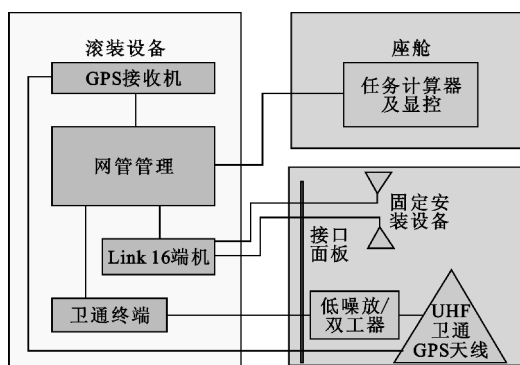


图 3 ROBE 组成示意图
Fig. 3 ROBE system components

ROBE 的主要功能和技术指标如下:

- (1) 提供视距/超视距的通信中继和路由转发功能;
- (2) 提供面向网络中心战的通信支撑;
- (3) 具备无人值守功能,启动后可持续工作至任务结束;
- (4) 具备卫星通信及异构链信息处理能力。

4 发展趋势

根据美军近年来战场空中通信节点的研究情况,可总结出其发展的主要趋势。

(1) 研发投入和部署应用规模进一步扩大

2012 年,美国空军授予诺斯罗普·格鲁门公司两份总价值 1.56 亿美元的合同,用于为 3 架 E-11A 飞机和 3 架 EQ-4B block 20“全球鹰”无人机加装 BACN 节点。2013 年 6 月,美国空军授予诺斯罗普·格鲁门公司一份价值 7.82 亿美元的唯一来源合同,用于继续为阿富汗部队提供机载通信中继系统,新的合同包括维护 3 架 E-11A 飞机和 2 架“全球鹰”无人机以及地面控制系统的持续运行。至此,美军在 BACN 项目上总投资金额达到 17 亿美元,并一直持续到 2015 年 9 月。BACN 还被入选为联合空中层网络(Joint Aerial Layered Network, JALN)^[11]的过渡方案。

(2) 小型化吊舱成为新的发展方向

吊舱体积小、部署维护便捷的特征使得其成为战场空中通信节点的另一个发展方向。2012 年 5 月 17 日,诺斯罗普·格鲁门公司通过一系列试飞实验对基于吊舱的空中通信节点进行了能力验证,包括图像、视频、语音和格式化消息的传输能力。试验结果表明,该吊舱能够与 BACN 平台、地面作战指挥中心或其他吊舱互联,实现超视距的互联互通、态势

共享与指挥协同^[12]。

(3) 高空、长航时多任务平台发展迅速

稳定、可靠、持久地提供服务是战场空中通信节点的一项重要能力需求。为此,美军开始在高空、长航时无人机上进行演示验证,承担该项目的主要候选机型是美国 AeroVironment 公司的“全球观察者”无人机^[13]。该无人机的飞行高度是 16.78 ~ 19.81 km,超出大多数防空导弹的有效射程,生存能力强;其续航时间达一星期左右,是现有长航时无人机的 5 ~ 6 倍,搭载了 180 kg 的多任务载荷,可在任意纬度提供稳定、可靠、持久的通信和监视能力。

5 研究建议

战场空中通信节点涉及到多种异构数据链网络系统的集成和应用,系统业务逻辑关系复杂,给系统设计和集成带来了较大挑战。本文针对战场空中通信节点系统设计过程中的关键技术问题,提出了几点研究建议和研究方向。

(1) 灵活、自适应、可扩展的载荷设计

战场空中通信节点是一个高度集成化的通信载荷,既要兼容多种数据链系统的统一接入,又要满足在不同平台集成部署的要求,载荷本身需要具备灵活、自适应和可扩展等特征。

目前,开放式、可扩展的系统架构设计是当前技术的发展趋势:硬件采用通用化、综合化、模块化和系列化的设计;软件参考软件通信架构(Software Communication Architecture, SCA)标准^[14],采用标准业务构件的方式实现各种功能和业务逻辑,支持动态加载、部署、配置和重构,服从统一的调度和管控。在载荷设计过程中,可采用上述思路,并需要根据具体的使用场景和要求,选择接入合适的链路,确定所需功能与载荷要求,通过软硬件移植、部署和动态加载的方式来满足特定的使用需求。

(2) 优化天线布局与平台共址兼容

天线布局和共址兼容是战场空中节点在不同平台部署和使用面临的一个重要问题。战场空中通信节点集成的链路设备多,在物理空间受限的平台上进行天线密集布局,容易导致因相互隔离不够产生接收机饱和、残留干扰、发射机带外噪声干扰、互调产物干扰等类型的共址干扰问题。因此,战场空中通信节点载荷在特定平台部署时需要结合接入数据链或网络系统的类型、平台自身特征,考虑选择和使用合适的技术途径,如孔径综合、天线布局优化设

计、电磁加固、信号对消、功率控制、频率统一规划与管理等以满足系统间协同和兼容工作的要求。

(3) 合理的异构信息处理与自适应分发模型

通过中继、桥接和路由转发等方式实现同种或异构数据链网络系统间的互联、互通是战场空中通信节点的一项核心功能。然而,不同数据链系统采用的技术体制不尽相同,业务数据处理和传输所采用的方式也存在较大差异,并且传输协议和业务之间耦合紧密,这些特点给信息处理与分发功能的设计带来了较大挑战。因此,在系统设计过程中必须逐一分析不同类型数据链的技术特点、应用需求,评估其组网和网络互联的需求、信息交互需求,从而为其设计合理的组网方式、与其他网络的互联策略以及信息转译处理与信息交互的处理约定,实现异构数据链网络系统的互联、互通和不同层次上的互操作。

此外,天然的信息汇集优势使得战场空中通信节点能够成为一个空基数据中心,并为战场各参战平台提供按需信息服务,增强各平台的态势感知能力,提升战场参与度^[15]。然而,不同来源的信息在数据属性、描述方式、精度等方面均存在较大差异,需要设计性能优良的异构信息自适应处理与分发模型来实现不同来源数据的筛选、分类与校准,根据不同的数据特性和应用需求进行融合、处理,最终形成满足不同应用需求的规范化数据视图集合并依据用户的定制请求进行分发。

(4) 轻量级、敏捷的网络运行控制管理策略

在战场复杂环境下如何维持、保障和调控各种数据链网络系统,保障其稳定运行并为各作战单元提供所需的网络服务是战场空中通信节点的网络管理功能需要解决的一个关键问题。

不同数据链和网络系统的技术体制差异大,宽带窄带并存,此外还受到平台高机动和战场对抗环境的影响,网络质量不稳定、波动大。简单网络管理协议、基于策略的网络管理协议等传统网络管理策略的处理机制^[16]值得借鉴,但不完全适合。战场空中通信节点的网络运行管理策略的设计必须找到一种轻量级解决方案,与各数据链的特征紧密结合、具备较快响应速度、较低处理时延,并可根据作战任务需求、网络特性和资源条件进行快速调整,优先保障高优先级、高价值的通信需求^[17]。

6 结束语

美军战场通信节点在伊拉克、阿富汗等海外战

场上发挥了重要作用,为美军及其盟友提供了有效的通信及信息服务支撑。本文针对美军战场空中通信节点的应用需求、发展概况、功能、组成等进行了介绍,探讨了其后续的发展趋势,并针对系统设计的关键技术阐述了后续的主要研究方向和建议,期望对战场空中通信节点的研究和发展建设提供有价值的参考。

参考文献:

- [1] 焦广伦,孙治水. 一种数据链集成架构[J]. 电讯技术, 2013,53(11):1401-1405.
JIAO Guang-lun, SUN Zhi-shui. An architecture of data link integration [J]. Telecommunication Engineering, 2013,53(11):1401-1405. (in Chinese)
- [2] 于全. 战术通信理论与技术[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
YU Quan. Tactical Communication Theory and Technology [M]. Beijing:Electronic Industry Press,2009. (in Chinese)
- [3] Davis C R. Delivering Capabilities to the Tactical Networking Environment[C]//Proceedings of 2011 IEEE MILCOM. Boston:IEEE,2011:12-18.
- [4] Watts K. Modeling the Use of the AJCN in a Tactical Environment[D]. Monterey:Naval Postgraduate School,2005.
- [5] Hashem C. BACN OverView[C]//Proceedings of 2007 Tactical Data Links Conference. Prague:IDL Society, 2007:10-31.
- [6] Duchak G. Adaptive C4ISR Node[C]//Proceedings of 2002 Military Data Links Conference. Washington DC: DARPA,2002:120-127.
- [7] Anon. Adaptive Joint C4ISR Node[J]. Forecast International,2011,11(9):1-5.
- [8] Northrop Grumman Information Systems. Common Link Integration Processing [M]. San Diego: Northrop Grumman Information Systems,2012.
- [9] Northrop Grumman Information Systems. Battlefield Airborne Communications Node and Global Hawk [M]. San Diego:Northrop Grumman Information Systems,2012.

- [10] Kuhn D. Roll-On Beyond Line of Sight Enhancement [C]// Proceedings of 2007 Tactical Data Links Conference. Prague: IDL Society,2007:71-79.
- [11] Ultra Electronics. Joint Aerial Layered Network Tactical Communications System [M]. Austin:Ultra Electronics,2011.
- [12] Northrop Grumman Information Systems. Smart Node Pod, Multiplatform Airborne Gateway [M]. San Diego: Northrop Grumman Information Systems,2013.
- [13] Ultra Electronics. Provides Communications Payload on Global Observer Liquid Hydrogen-Powered Unmanned Aircraft System[M]. Austin:Ultra Electronics,2012.
- [14] JTRS Joint Program Office. Joint Tactical Radio System (JTRS) SCA Developer Guide [M]. Washington:JTRS Joint Program Office,2002.
- [15] 裴晓黎. 美军战场态势一致性对海战场态势图体系构建的启示[J]. 指挥控制与仿真,2012,34(3):67-71.
PEI Xiao-li. Inspiration From Battle-space Situation Consistency Technologies of American Army[J]. Command Control & Simulation, 2012, 34 (3): 67 - 71. (in Chinese)
- [16] Wolberg M. Using an Adaptive Management Plane for Policy-based Network Management Traffic in MANETs [C]//Proceedings of 2011 IEEE MILCOM. Boston: IEEE,2011:1133-1138.
- [17] Cheng Yu-Heng. Managing Network Security Policies in Tactical MANETs Using DRAMA [C]//Proceedings of 2010 IEEE MILCOM. Orlando:IEEE,2010:960-964.

作者简介:



于 耀(1972—),男,北京人,1994 年获自动控制专业学士学位,现为高级工程师,主要研究方向航空电子技术等。

YU Yao was born in Beijing, in 1979. He received the B. S. degree in 1994. He is now a senior engineer. His research concerns avionics system.

Email: timyuyao@126.com