

信息技术

中国科技核心期刊

《CAJ-CD》规范执行优秀期刊

中国学术期刊(光盘版)入编期刊

万方数据-数字化期刊群入网期刊

《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊

《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊

Information
Technology

黑龙江省信息技术学会主办
中国电子信息产业发展研究院

2016年·第8期



信息技术

XINXI JISHU

胡启立

(月刊 1977 年创刊)

2016 年第 8 期 (8 月 25 日出版)

《信息技术》编委会

主任: 张显丰

副主任: 罗文 方安儒 毛春生 赵刚

委员: 陈德运 陈精民 程万君 郭黎利 黄绍滨

胡文 姜成志 姜士奇 雷国华 李金宝

李一兵 乔佩利 任建华 史春光 武英举

王希忠 王霓虹 王景洲 王学利 王宇

徐晓飞 徐树 谢子殿 杨芳 张国印

(以汉语拼音为序)

主管单位: 黑龙江省工业和信息化委员会

主办单位: 黑龙江省信息技术学会

中国电子信息产业发展研究院

中国信息产业部电子信息中心

协办单位: 中国移动通信集团黑龙江有限公司

黑龙江省诚信建设促进会

黑龙江省软件行业协会

黑龙江省农垦通信有限公司

总编: 史春光

副总编: 刘晓宇 武英举 王宇 王希忠 王学利

主编: 张丽丽

副主编: 陈精民 孙士忠

编辑出版: 《信息技术》编辑部

广告代理: 哈尔滨银海印刷有限公司

通讯地址: 哈尔滨市南岗区华山路 12 号

邮政编码: 150090

电话: 0451-87220301 82629512

网址: <http://www.hein.com.cn>

E-mail: hein@mail.hein.com.cn

印刷: 哈尔滨银海印刷有限公司

Information Technology

(Monthly, Started in 1977)

Aug. 2016 (8/25/2016)

Competent Authorities: Committee of Industry and Information Technology of Heilongjiang Province

Sponsored by: Information Technology Society of Heilongjiang Province

China Center for Information Industry Development

China Electronic Information Centre
Ministry of Information Industry

Co - Sponsored by: China Mobile Group Heilongjiang Co., Ltd.

Accelerating Association for Honesty and Credit Construction of Heilongjiang Province

Heilongjiang Software Trade Association

Heilongjiang Land Reclamation Communication Corporation

Editor in - Chief: SHI Chun-guang

Vice Editor in - Chief: LIU Xiao-yu, WU Ying-ju, WANG Yu, WANG Xi-zhong, WANG Xue-li

Chief Editor: ZHANG Li-li

Vice Chief Editor: CHEN Jing-min
SUN Shi-zhong

Edited & Published by: Editorial Board of Information Technology

Mailing Address: 12 Huashan Street Nangang District Harbin

刊号: ISSN 1009 - 2552
CN 23 - 1557/TN

邮发代号: 14 - 36

广告经营许可证: 2301004010066

每期定价: 16.00 元

MAIN CONTENTS

Natural image classification with improved SAE network	WANG Tian, et al (1)
MPPT system based on the improved perturb and observe (P&O) method for photovoltaic applications	CHEN Yuan, et al (5)
Research on time domain enhancement algorithm based on adaptive Kalman filter ...	ZHANG Jin-li, et al (9)
Huge amounts of particle swarm grouping collaborative algorithm	ZHU Si-zheng, et al (14)
Design and implementation of remote monitoring system for CNC machine tools based on B/S model	XU Zhen, et al (18)
Zero image watermarking algorithm based on Contourlet and Hadamard transform	ZHAO Jie (22)
Design of two-wheel car system based on microcontroller	SUN Chuan-kai, et al (25)
Simulation and application for SVPWM of PMSM based on DSP	KOU Heng (29)
Design of virtual instrument sensor measurement and control experiment platform based on USB bus	ZHAO Jing (32)
Iron loss calculation of a permanent magnet synchronous machine based on FEM	LIU Wen-sheng, et al (35)
Spectral correlation analysis for tidal gravity signal	ZHOU Wei, et al (39)
Bi-directional matching similarity algorithm for positions and resumes of recruitment website	XU Jin-yang, et al (43)
The wheel tread profile measurement method based on image processing	WANG Wei, et al (47)
Research and application on the fitting inspection algorithm based on image processing	XUE Yi-gui (52)
Design of motor controller based on FPGA	QI Jing-jing, et al (56)
XACML policy analysis based on instrumentation test	MAO Zhu-lin, et al (59)
Design and application of automobile ABS ECU test system	WANG Huan-yong, et al (63)
Algorithm of friend recommendation based on connectivity and random walk	ZHOU Zhi-min, et al (67)
Discussion on multi-domain collaborative space emergency communication system	JIANG Bin, et al (71)
Research and implementation of format document OFD electronic seal module	HU Rong-lei, et al (76)
A predictive model of Wechat public opinion heat on Markov chain	PENG Yi, et al (81)
Simulation research of BP neural network algorithm	CHEN Bin, et al (85)
Research on full-duplex communication system for single-chip microcomputer based on serial communication mode	WANG Yong-zhi, et al (89)
Study on SMP implementation in the transplant of embedded Linux system	JIN Gang, et al (93)
A system research on cyberspace situational awareness based upon traffic analysis	MA Long, et al (97)
Research on the detection and analysis method of network data flow	HU Chun-tian, et al (101)
Research on strong tone jamming suppression techniques in DSSS communication	LIU Hua, et al (106)
Time-frequency analysis of multi-dimensional non-stationary signals	YUAN Jia-ying, et al (110)
Study on code tracking error of DCEM signals used for COMPASS B2	WANG Qi-wei, et al (114)
Handwritten digits recognition approach research based on PCA	LIANG Zuo-tang, et al (121)
Research on performance optimization of docker virtualization technology based on RBD	ZHANG Han-bo, et al (125)

多域协同空间应急通信网络体系探讨

姜 斌¹, 包建荣^{1,2}, 唐向宏¹, 许晓荣¹

(1. 杭州电子科技大学通信(信息)工程学院, 杭州 310018;

2. 东南大学移动通信国家重点实验室, 南京 210096)

摘要: 空间应急通信指出现突发性紧急情况时,综合利用各种空间通信资源,保障救援等紧急通信所需的暂时、快速的通信方法和手段。近年发生的重大灾害事故,也暴露出国内应急通信网络的薄弱环节,突显其对抗灾救险的重要性。空间应急通信核心是多域多模应急通信网络的快速可靠通信,并获最大可靠功率、频谱等空间无线传输效率及实现紧急状况下多模无线设备互通。文中介绍和分析了空间应急通信的现状和特点,提出了空地多域协同空间应急通信网络的体系结构、设计准则及关键技术,并探讨了其发展趋势。

关键词: 多域协同; 空间应急通信网络; 复杂通信拓扑; 多模通信互联

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A

Discussion on multi-domain collaborative space emergency communication system

JIANG Bin¹, BAO Jian-rong^{1,2}, TANG Xiang-hong¹, XU Xiao-rong¹

(1. School of Communication Engineering Hangzhou Dianzi University Hangzhou 310018, China;

2. National Mobile Communications Research Laboratory Southeast University Nanjing 210096, China)

Abstract: Space emergency communication refers to the temporary, fast communication methods and means for the emergency communication, such as the use of various kinds of space communication resources and the protection of emergency communication. A major disaster occurred in recent years, it exposed domestic emergency communications weak links, it is important for disaster recovery. Its core is the fast and reliable communication of multi-domain, multi-mode emergency communication network; it obtains the maximum reliable power, spectrum and other space wireless transmission efficiency under the emergency situation, it realizes multi-mode wireless device interoperability. This paper presents the status and characteristics of the space emergency communication, proposes the structure, design criteria and key technology for the multi-domain collaborative space emergency communication, discusses the development trend.

Key words: multi-domain collaborative; space emergency communication network; complex communication topology; multi-mode communication interoperability

0 引言

空间应急通信通常是指在出现自然灾害、人为的重大事件等突发性紧急情况下,有线通信资源不足或不可用时,综合利用各种现存空间通信资源,保障紧急救援的必要通信手段^[1-2]。它也是一种暂时应对自然或人为紧急情况,而提供特殊快速

可靠的通信机制。相对传统无线通信,它更突出

收稿日期: 2015-09-07

基金项目: 浙江省自然科学基金(LZ14F010003); 国家自然科学基金(61471152); 东南大学移动通信国家重点实验室开放研究基金(2014D02); 浙江省公益性技术应用研究计划项目(2015C31103)资助课题

作者简介: 姜斌(1980-),男,硕士,高级实验师,研究方向为空间通信、应急通信等。

“应急”内涵:面对自然灾害救助、救援及人为公共安全、重大集会、防恐等紧急事件处理的众多突发应急场合的无线通信活动,均可归属为空间应急通信。

针对空间应急通信场合的多样和复杂化及现代通信系统的高速发展,空间应急通信也紧跟无线通信发展最新趋势,如低功耗绿色通信^[3]、低信噪比空间通信^[4]、协同无线通信^[5-6]等,以保障其最低限度可靠通信要求,并提高整个系统的可靠性与有效性。本文在空间应急通信现状和特点的基础上,结合最新无线通信发展,提出了空地多域协同空间应急通信体系、设计准则和关键技术,特别是结合现代通信中协同等最新技术,较深入地分析其结构,并探讨了它们的发展趋势。

1 空间应急通信及网络技术现状及特点

空间应急通信主要具有随机性、不确定性、紧急性、灵活性、安全性等特点。目前,应急通信主要包含无线和有线混合型应急通信网的建设和信息交换中心可靠性改进。其内容主要有:应急卫星通信网建设和便携式地面站设计、抗毁蜂窝移动通信网、无人机系统类空中平台系统建设、应急通信电源设备设计;城市定位与地理信息系统应用等。国外典型方案主要有美国国家应急通信会议白皮书中有关突发事件应急法案、应急通信系统训练、建模、互操作、公众信息服务应急系统的实施^[7]。

应急通信手段主要有卫星、集群、短波无线、微波等通信方式^[8]。它们都具有采用无线、机动性好等特点,适合紧急通信要求。卫星通信具有覆盖面积大、无缝隙覆盖、不受地理环境限制等优势,适合需求,但容量有限,成本高^[9]。集群通信是多用户共用无线信道的专用移动通信技术。群组内用户共享前向信道,支持群组呼叫,适合调度类业务及专用系统。其结构分为单交换中心的单基地台和单交换中心网络结构,组网便捷、灵活,适用于应急指挥应用,但其覆盖有限。短波通信具有通信距离远、抗毁能力强、成本低等特点,利用地波和电离层传播,能满足中、长距离通信需求。且短波电台具有数字和小型化,便于机动,但其频率资源受限、受地形等影响大,通信质量很难保障。此外,还有必要建立一种适用于突发事件、便于部署、支持调度指挥的新型空间应急通信系统。该系统要求机动灵活,能适应各种复杂环境,在出现突发事件时,在其上空提供及时、有效的通信手段。如采用新型空中通信平台——浮空器,包括飞艇、气球等。它们可广泛用于探测和通信中继等领域。其具有独特优势:成本低、有效载重量大、空中姿态稳定可长期定点驻留,安全性好,部

署方便灵活等^[10-11]。

2 多域协同空间应急通信网络体系结构

因空间应急通信具有上述多模终端、随机通信等特点,使目前用于应急通信的传统无线通信结构存在以下缺陷^[12-13]:①传统无线通信未针对随机可变通信等应急通信需求而设计,其主要靠技术推动,且往往系统设计在先,需求考虑在后,不能适应应急通信需求;②传统无线通信网络系统的最优拓扑结构设计具有经验性,缺少理论基础,对其改进也往往是局部的,缺乏全局统筹,无法实现整个系统最优,故也无法满足灵活多变的应急通信需求。

2.1 空间应急通信网络体系结构的设计准则

基于上述因素,需从空间应急通信场合中通信用户和系统两个角度,对应急通信技术及其网络体系结构方案进行研究,设计满足应急通信所需的高效无线通信系统。该最优通信网络体系框架的设计方法以准全局优化为基础。其设计本质是应急无线通信系统的合理建模、优化求解与分析的系统建模与全局优化问题。基于优化的应急通信体系框架设计的核心思想如下:①系统设计本质为系统建模与模型优化问题;②兼顾公平性,最终达到整个应急通信的效率最高,即以网络吞吐量性能为全局最终的目标函数(加权的最优吞吐量、兼顾优先级低应急通信服务的公平性),实现系统加权最优化。具体理论研究可包括以下部分:首先,将应急通信网络系统设计描述为传输网络效用的最大化问题;然后,通过优化分解各子系统,将原问题分解为若干子问题,而每一子问题都对应系统设计中不同等级或优先级层次,简化优化方程求解。同时,设置优化变量及其函数,及其对应各层接口,满足不同需求应急通信服务要求(如视频、语音及最低限度通信数据等)。最后,可采用不同系统简化方法,对应不同网络结构分层设计,以适合不同体系结构及模式应急通信设备的高效互联互通。根据上述分析,需根据空间应急通信需求,建立以资源利用和效率最大化,兼顾通信公平的优化系统数学模型,即采用以下效应函数模型及优化处理方法:

效用函数(空间应急通信网络结构优化建模的目标函数)

效用指对所分配网络通信流量、通信业务等级、通信可靠性等资源的综合评价基准^[13]。当系统处于均衡状态时,资源配置将最优,此时系统总效用达到最大。类似,如将网络传输流量及服务等级服务看作商品,则用户所需不同等级网络服务可看成需求因子,而提供的服务量看作供应因子。通过对

供求双方交互和竞争的模型化,可建立合理空间应急通信及网络服务等级与数量的效用模型。而用效用函数量化目标函数计算有以下优点:①能以应急通信用户需求模型描述;②能采用统一评价资源分配有效和可靠性的近似、合理与公平衡量标准;③符合应急通信网反向设计结果,满足灵活和可变性,最大程度达到资源有效分配。因此,在实际空间应急通信网系统设计中,可设置相应效用函数自变量为网络通信数据的吞吐量、延时(实时性)、误比特率(可靠性)、有效数据率(有效性)、通信经济性(尽量少用高成本卫星通信等)等通信终端关心的变量及其对应频谱等资源。而效用函数选取可通过空间应急无线通信中的卫星、应急电台、热点等通信资源,采用反向或正向数学建模获得。最终,设计上述模型,并推导合适参量,针对需求服务等级、紧急程度(实时性)、成本高低(经济性)等参数,实现加权后效用函数模型,作为网络拓扑设计的衡量依据。最后,通过优化求解该模型,获得较好全局近似最优,又保障公平性的最优空间应急通信效果。

目前,空间网络结构主要有以下几种:链状、树状和梳齿状结构等。在链状结构中各节点设备相互串行连接,接入设备随机接入到链状结构中的最近通信节点设备,对于任意节点设备负载的概率大小相等;在树状结构中,接入设备接入到任意最近节点设备的概率相同。但该结构对接入节点设备,由于所处树状网络结构中位置的不同,其负载概率也有很大差异,适合选择合适接入节点,达到最好网络通信效果;梳齿状结构是链状结构的扩展。其中,梳齿状结构总链上的节点设备,类似于容量较大的骨干网结构,可与支链上各节点设备相连,从而延伸支链的链状结构,达到紧急通信路由走核心骨干网络,以获得最好的特别紧急的应急通信传输效果。因此,主要针对这些网络拓扑结构,建模后的网络传输效用函数,进行综合优化、分析与验证,达到近似最佳的应急通信传输效果。

2.2 异构应急无线网络的优先分级机制及高效互联结构

在应急场合,因原光纤等有线及移动基站尽受破坏,主要存在以下两类通信设施:功率不太受限的机载或车载通信收发站;功耗极其受限的手持无线通信终端设备。在正常情况下,既有采用强无线或有线联网的固定无线通信收发站,通过微波或卫星通信手段,建立它们与机载或车载强通信收发站的大型核心骨干大容量传输网,又有机载或车载通信设备所组成中型骨干网络,还有机载或车载通信设备与个人手持通信终端的小型网络。其它,还存在

不同模式极微弱型个人区域通信网络,如采用射频标签(RFID)、WIFI及ZigBee无线传感器网等方式接入的通信网络。

为保证整个异构网络系统性能,需对所提网络业务分级,按优先级传输。应急通信网络传输优先级数据包设定可根据传输数据属于控制或业务属性设定。因控制数据对整个网络业务服务支持的重要性,可将其分为N个优先级,并根据优先级高低,从高到低的顺序在网络传输控制协议。而且,因控制信息字段相对较短,又决定整个网效率,需尽可能安排其在核心和骨干网络的传输,并按中心服务器和客户端方式,由远处固定通讯站或车载等通讯设备给手持通信终端以广播发送,提高整个网络稳定性。此外,网络体系中分级各不同业务数据包的优先级非固定,需随待发数据包等待时间增加而逐渐增加,以增加网络数据传输公平性,避免低优先级业务数据永远无法获得网络传输的不足。另外,在应急网络通信时,如何在大量手持终端能量受限情况下,获得最大网络传输容量,还需采用更好网络传输路由实现。

适应空间应急通信组网的随机(Ad hoc)网络路由协议可分为先验式、反应式及前两者混合式路由协议^[14-15]。先验式路由协议通过表驱动路由方式实现。在该协议中,每个节点维护包含到达其它节点的路由信息表。一旦探测到网络拓扑结构变化时,网络节点即刻发送更新消息。收到更新消息节点则更新各自路由表,确保整个网络准确、一致和及时的路由信息更新。而路由表也可较准确地反映整个网络拓扑结构。在该协议框架下,源节点一旦需发送报文,即可获得到达目节点的路由信息,其时延较小,具有较高传输效率,但系统开销较大。反应式路由协议采用按需方式实现,即采用发送数据才查找路由的策略。在该协议中,节点无需准确、及时地维护路由表信息。源节点只有当发送数据到目的节点时,才查找网络路由。不同于先验式路由协议,其具有较小开销,但传输时延较大。故在应急通信中,只采用先验式或反应式路由协议都不能完美解决应急网络通信随机接入和路由问题。在不同高低速动态随机变化的应急随机网络通信中,使用先验式路由协议将产生大量通常无用的控制数据包,而极大浪费网络传输资源;而只采用反应式路由协议,需为每个数据包查找路由,也导致其效率低下,特别是向目的节点连续发送多个数据包等的场合。因此,如能较好联合先验式和反应式路由协议的优点,并克服其各自缺陷,就能构成较好混合式路由协议的折衷。因此,在整个空间应急通信网络中,具有较多网

络传输资源的局部范围可使用先验式路由协议。考虑到网络传输能力较弱的手持应急电台等无线通信设备,可维护节点路由较准确,但存储容量较小的路由信息,可缩小路由控制消息的传播范围,从而获得先验式路由的目的。当手持应急电台设备节点距目标节点较远时,则需通过请求功能更强车载电台路由查找功能等,查找更远一级路由,从而实现反应式路由功能。这样既可减少路由协议开销,也改善了时延特性。

对 Bellman-Ford 路由算法的改进,可获得高效实用序列距离矢量路由(DSDV)协议^[16]。在 DSDV 中,每个随机网络节点都需维护其路由表,表项包括目的节点及其序号和跳数等。其中,目的节点序号由目的节点分配,用于判别路由过时与否,并防止因路由由环路导致的传输路径重复而降低效率。每个节点周期性与邻节点交换路由信息,也可由路由表变化触发路由更新。路由表项更新有两种方式:①整体更新。即更新整个路由表的拓扑信息,适用于较快网络变化场合;②局部更新。更新消息仅包含变化的路由信息部分,适用较慢网络变化场合。DSDV 只采用序列号最高路由方案。如两个路由具有相同序列号,则选最优路由(如跳数最短等)。DSDV 路由协议策略如下^[16]:一未找到路由分组到达节点后先被缓存,由节点发送路由查询消息,直至接收到目的路由响应。当缓存溢出时,则丢弃新到达分组。分组到达目的节点后,由地址解复用器送至相应端口,再由这些端口将分组数据送到目的。而且,适用于拓扑变化较大的随机应急网络通信的无线自组网按需平面距离矢量路由(AODV)算法是 DSDV 算法的改进^[17]。区别在于它采用反应式路由协议。为了找出到达目的节点路由,由源端广播路由请求分组数据,而相邻节点依次广播该分组给周围节点,直至被送到目的节点路由信息的中间节点。同时,节点也丢弃重复收到的请求分组,并用序号区分和防止路由环路,以判断中间节点是否响应路由请求情况。当节点转发路由请求分组时,将其上游节点标志记入路由表,并建立从目的到源节点的反向路由。当源端移动时,路由发现算法将被重新执行:如中间节点移动时,与其相邻的节点会发现链路失效,并向其上游节点发送链路失效消息,且一直传到源节点。之后,源节点重新运行路由发现算法,直到网络拓扑路由表完成更新。

最后,在网络拓扑结构中的链状、树状、梳齿状等三种典型网络拓扑结构下,还需依据应急通信真实传输环境,仿真和分析网络吞吐量、时延与跳数、传输效率、综合效用之间的关系。首先,设定三种不

同网络拓扑结构;其次,根据不同传输手段设定网络节点设备属性,包括设置节点物理层、MAC 层及路由层等属性。最后,根据无线传输系统物理层和 MAC 层所采用的各类多模网络传输标准和路由层针对应急通信随机网络 AODV 协议,通过网络仿真和分析来评估多模应急通信传输最佳网络结构。

2.3 基于智能中继的复杂应急无线通信环境自适应协同网络传输

协同通信是近年来通信领域研究热点。其思想是通信实体间通过信息交互,以对各自拥有的资源进行汇总和统一调度,高效协同地完成特定通信任务。该任务可能是参与协同各实体所共同面对的任务,也可能是各实体面对的具体任务之和,非常适合空间应急无线通信应用场合^[5]。通过协同处理,各实体可通过取长补短而提高整个系统资源利用率。

协同通信技术可应用于多种不同类型和模式的空间通信网络。如有通信基础设施的地面蜂窝网络、无基础设施的 Ad hoc 网络及混合型网格网络(如 Mesh WLAN 等网络)。基于该原理的协同多输入多输出(Collaborative MIMO, Co-MIMO)和移动多跳中继(Mobile Multihop Relay)已被 IEEE802.16 系列标准建议。该两项技术主要研究基础设施(如通信基站,小区域网络等)间的协同,但针对复杂多模应急通信场合,还需要研究用户无线终端与车载临时基站及用户无线终端间的协同,以适合空间应急通信应用。

基于智能中继的协同空间通信网络技术。协同通信理论基础是中继信道的信道容量。该问题最早可追溯到 Cover 等人的开拓性工作^[18]。Cover 等人主要研究了由一个信源节点 S、一个中继节点 R 和一个宿节点 D 组成的三节点网络的容量问题。该网络可分解为广播和多址接入信道的组合,如图 1 所示。

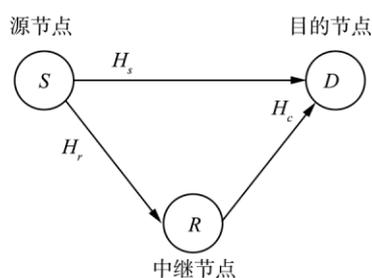


图 1 中继信道示意图

目前,中继信道的信道容量问题尚未得到解决,仅有退化中继信道的信道容量。而多址接入信道容量已得以解决。在多址接入信道模型中,各信源输出是彼此独立的,故多址接入信道容量域的上界通常不是多址接入信道输入输出间的最大互信息。中继信道可作为相关信源输入下的多址接入信道。由

于信号输入概率分布范围变大(不限于各输入信息间彼此独立),则输入信号集的联合概率分布与信道转移概率间可达到更好匹配,从而使多址接入信道可达速率增大,解决了多中继多模应急通信的传输效率最优化问题。

但中继通信只是协同通信特例。中继节点唯一的任务是协助信源节点向信宿节点传输有效信息。而协同通信中每个节点都能成为信源节点,有各自所需的传输信息。下文以中继协同通信一种单信源多中继节点向同一信宿节点传输信息的简单实例,来分析高效协同通信传输过程^[19]。如图2所示,多个中继节点通过协同形成伙伴关系,每个节点不仅传输自己的信息,还传输伙伴节点信息。

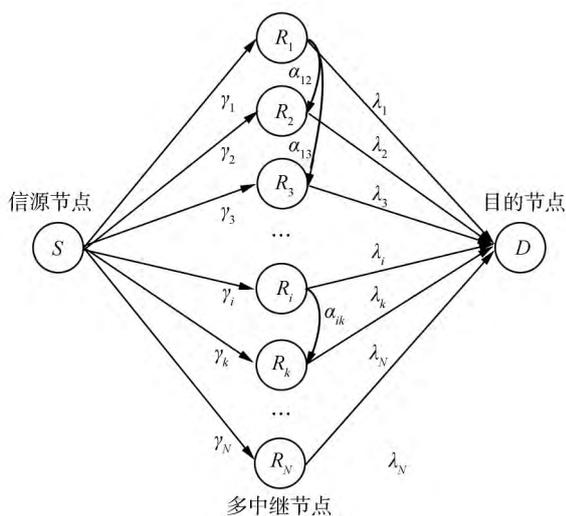


图2 多中继协同通信示意图

在图2中, γ_i 表示信源和第*i*个中继间的信道增益, λ_i 表示第*i*个中继与目的端间的信道增益, α_{ik} 表示第*i*和第*k*个中继间的信道增益。信源通过*N*个并行中继实现与目的端的通信。设信源与目的端不能直接通信,信源与中继及中继与目的端通信都采用喷泉码,所有中继都工作在半双工模式,信源和所有中继发射功率相同,所有节点间信道都采用准静态瑞利衰落模型,信道状态信息在接收方已知,而发送方未知。

当采用准同步协议时,在第一阶段,信源采用喷泉编码对信息编码,然后发送出去。此时所有中继处于监听状态,一旦中继收到足够信息能实现可靠译码,中继向信源反馈译码成功的确认信号,当信源获得*L*个确认信号后,信源停止传输。同时,中继由接收状态转入发送状态。在第二阶段,成功译码的中继开始与目的端通信,此时采用两种传输策略,一是所有传输中继都使用相同喷泉码,使目的端在接收时实现能量累积;改进是每个中继采用单一喷泉

码,使目的端在接收时实现互信息累积。当目的端收到足够信息能成功译码后,向中继发确认信号终止传输。在准同步协议中,中继只能从信源获得信息,但通过喷泉码中继网络可实现中继间相互消息传递,加速整个信息传输过程。在该协议基础上,还可对其改进实现异步协议。信源和每个中继使用不同喷泉码,信源采用喷泉编码传输信息,当中继收到足够信息成功译码后,立即转入传输状态,同时向目的端和未译码成功中继节点传输信息。

从信息论角度研究各类协同空间应急通信中继网络容量问题构成了其重点。在实现中,寻找性能优良分布式智能网络传输及应急无线资源分配方案是两个主要研究方向。对于各种具体网络协同协议,需分析和求解各种信道下的中断概率、误码率等传输可靠性与有效性。具体应根据复杂空间应急通信传输的实际应用场景(如水灾、火灾、地震等),分别探讨协同通信网络体系结构和服务方法。在IEEE802.16j标准所提移动多跳中继MMR应用场景中,已设想了一种为Ad Hoc网络提供多跳中继服务的架构。同时,还需以网络编码理论为基础,充分利用现有无反馈喷泉码机制,结合多中继传输结构,对所需传输相同数据,采用网络点到点(P2P)方式共享转发传输,让共同传输数据经相同网络路由(即相同网络传输链路)传输,减少不必要的网络传输带宽占用。

最后,综合上述协同应急无线网络传输方案,通过分析不同组网拓扑结构下的时延、丢包率与业务流间的关系,构建最佳空间应急通信网络结构。首先,可分别设置三种不同网络拓扑结构;其次,根据不同传输手段设定网络节点设备属性,具体包括设置节点的物理、MAC及路由层等属性;然后,根据网络中业务流个数及种类、及用户数据优先级的不同,分别设置效用函数;最后,在网络仿真软件中对随机应急无线网络传输场景仿真,获取合适仿真数据,并分析其结果,使空间应急通信网络传输最优化,作为空地一体多域协同应急通信网络结构的参考方案。

3 结束语

本文根据空间应急通信系统中体系构架和多域协同空间通信技术的发展历程,紧跟未来空间通信行业的发展趋势,基于功率效率优先,同时兼顾频谱效率的折中要求,初步探讨与分析了基于多域协同空间应急通信网络体系框架,为我国发展具有自主创新、符合未来绿色、低信噪比抗恶劣传输环境等要求的空间应急通信系统体系构架理论提出了建议,并对其中若干关键技术作了较深入的分析。

(下转第80页)

测试文件

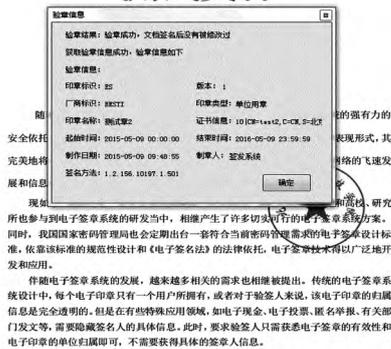


图 10 签章 OFD 文件的验签结果

4 结束语

本文设计并实现了对国家版式文档 OFD 的签章模块, 结合“技术规范”最新版本的内容解决了签章系统中签章格式不统一的问题。文中电子印章与电子签章的设计和使用的完全符合“技术规范”的要求, 电子印章数据的验证流程充分考虑了各种安全问题, 电子签章数据的生成和验证以电子印章数据的验证为基础, 采用将逻辑结构中所有签名信息进行签名的方法保证其真实性、完整性和不可否认性。

本文将版式文档 OFD 的数字签名模块、XML Signature 和 USBKEY 技术结合, 通过 ASN.1 对二进制数据的打包存储技术实现了 OFD 文件的签名与验签功能, 测试表明, 该模块功能稳定。版式文档

(上接第 75 页)

参考文献:

- [1] 王海涛. 应急通信发展现状和技术手段分析[J]. 电力系统通信 2011, 32(2): 1-6.
- [2] 张雪丽. 应急通信的不同场景和技术需求[J]. 电信科学 2007, 23(2): 56-58.
- [3] 陶晓明, 肖潇, 陆建华. 基于多域协同的绿色无线通信系统体系构架[J]. 电信科学 2011, 27(3): 54-59.
- [4] 姜斌, 包建荣. 深空探测低信噪比通信研究[J]. 空间科学学报, 2012, 32(4): 575-584.
- [5] 薛世华. 空时协同分集通信及其最新进展[J]. 电讯技术, 2004(6): 21-24.
- [6] 霍辰杰, 陈树新, 吴昊, 等. 基于协作分集的 HAPS 应急通信系统性能研究[J]. 电视技术 2013, 37(7): 91-93.
- [7] 崔中礼, 周侨, 周建军. 美国 NCEC《应急通信白皮书》议案综述[J]. 现代电子工程 2008(2): 22-26.
- [8] 朱杰. 应急通信技术特点及发展趋势分析[J]. 无线互联科技, 2013, 34(6): 32-39.
- [9] 王晓辉. 卫星应急通信与应急指挥系统对解决广域应急通信的作用[J]. 无线互联科技 2013, 34(2): 36-38.
- [10] 费东年, 赵攀峰. 基于浮空器的新型应急通信监测系统[J]. 航天控制 2012, 30(1): 23-28.

OFD 签章的实现, 使得电子签章系统可以对所有常用的编辑类、技术类和阅读类文档进行签验章操作, 该模块的实现, 对于版式文档 OFD 的普及和反馈升级具有重要作用, 同时, 其对于我国电子政务相关的国产化建设也具有重要意义。

参考文献:

- [1] 王少康. OFD 标准应用为王[J]. 信息技术与标准化, 2012(9): 19-20.
- [2] 王聪, 李海波, 丛培勇, 等. 国家版式文档格式规范(OFD)中的技术方案[J]. 信息技术与标准化, 2012(9): 19-22.
- [3] 宋利康, 庄海军, 周儒荣. 电子签章系统的研究与实现[J]. 机械科学与技术, 2008, 27(1): 102-105.
- [4] 吴米兰. 基于电子签章的公文流转系统[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [5] 冯辉. OFD 与 PDF 的关联和差异[J]. 信息技术与标准化, 2012(11): 44-48.
- [6] Eastlake D, Reagle J, Solo D. Xml - signature syntax and processing. W3C Recommendation [J]. W3c Recommendation, 2002: 115-146.
- [7] 郭竞乐, 赵正德, 于清华, 等. XML 数字签名技术的研究与实现[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(5): 1211-1213.
- [8] 张栋, 王昭顺. 基于 USBKEY 的 CSP 与 PKCS#11 互通的实现方法[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(16): 3829-3831.
- [9] 李宁, 田英爱, 侯霞, 等. 办公文档与固定版式文档格式关系探讨[J]. 电子学报, 2008(S1): 128-132.
- [10] 朱一群, 张全海, 李建华. 基于 XML 安全的电子公文系统研究与设计[J]. 计算机工程, 2006, 32(9): 131-132.

责任编辑: 薛慧心

- [11] 莫思特, 李碧雄. 从汶川地震通信问题谈平层应急通信的应用[J]. 电讯技术 2009, 49(5): 29-32.
- [12] 陈如明. 未来应急通信发展策略再思考[J]. 四川省通信学会学术年会 2008, 1(12): 138-141.
- [13] 郑祖辉. 应急通信无线专用网络的探讨[J]. 移动通信, 2010, 34(22): 8-11.
- [14] Jayakumar G, Gopinath G. Ad hoc mobile wireless networks routing protocols a review [J]. Journal of Computer Science, 2007, 3(8): 574-582.
- [15] Perkins C E et al. Ad-hoc on-demand distance vector routing [J]. Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1999, 1(1): 1232-1238.
- [16] 王海涛, 郝少仁. 移动 Ad hoc 网络路由协议及其性能比较[J]. 重庆邮电学院学报: 自然科学版 2002, 14(4): 73-77.
- [17] Perkins C E et al. Ad-hoc on-demand distance vector routing [J]. Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1999, 1(1): 1-7.
- [18] Cover T M, Gamal A E. Capacity theorems for the relay channel [J]. IEEE Trans. Inform. Theory, 1979, 25(5): 1-15.
- [19] Molisch A F, Neelesh B, Yedidia J S, et al. Cooperative relay networks using fountain codes [J]. San Francisco USA: Proc. Global Telecommun. Conf 2006, 1(1): 1-12. 责任编辑: 么丽苹

216



ISSN 1009-2552

