



机载公众移动通信技术及发展应用研究

杨 淼, 浦 星, 戴慧玲

(国家无线电监测中心 北京 100037)

摘 要: 针对机载公众移动通信这一近年来出现的无线电新应用, 分析其技术手段和主要特点, 对比了国内外应用情况, 同时指出了机载公众移动通信系统在用频、设台以及兼容共存方面需要注意的问题。

关键词: 机载公众移动通信; 卫星移动业务; 地空通信系统

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.03.011

Research on Key Technology and Application of Airborne Wireless Systems for Public Mobile Communication

Yang Miao, Pu Xing, Dai Huiling

(The State Radio Monitoring Center, Beijing 100037, China)

Abstract: The technologies and features of airborne wireless systems for public mobile communication were analyzed, applications in different states were compared. At last, the issues that need attention were indicated that frequency assignment and radio station using must coexist with other airborne systems, which could influence the safety of the aircraft.

Key words: airborne public mobile communication, mobile satellite service, air-to-ground station communication system

1 引言

世界上几乎任何时间和任何地点都实现了有线或无线等方式的网络连接。而民用航空具有特定的空间性、时间性和运输安全性,其网络连接和覆盖还未像地面一样普及。随着智能手机、平板电脑等便携终端以及无线接入网络的迅速发展及渗透,越来越多的人随身携带个性化的通信设备,人们对随时随地网络连接的需求越来越强烈,因此实现机载公众移动通信十分必要。机载公众移动通信将能为乘客提供与地面等等的实时互联网接入、邮件、短信以及网络电视广播等服务,各种新的业务应用也将随之陆续出现。

国外发达国家早已开展一系列研究与试验,并通过不

同的途径实现了飞机与地面之间的机载公众移动通信。国际电信联盟(ITU)等国际标准化组织也开始研究相关的系统和标准。目前,我国也正逐步展开地空基站方式和卫星中继方式的机载移动通信,并在民航飞机上试验成功。

2 机载公众移动通信的技术手段

2.1 组网架构

机载公众移动通信是通过卫星中继或地空基站等方式,实现飞机等航空器与公众电话交换网、互联网等地面网络的连接,并且该通信网络能够提供一定范围内连续的覆盖区域。机载公众移动通信网络主要由机上通信系统、地面与机上传输链路以及地面通信网络组成,如图1所示。

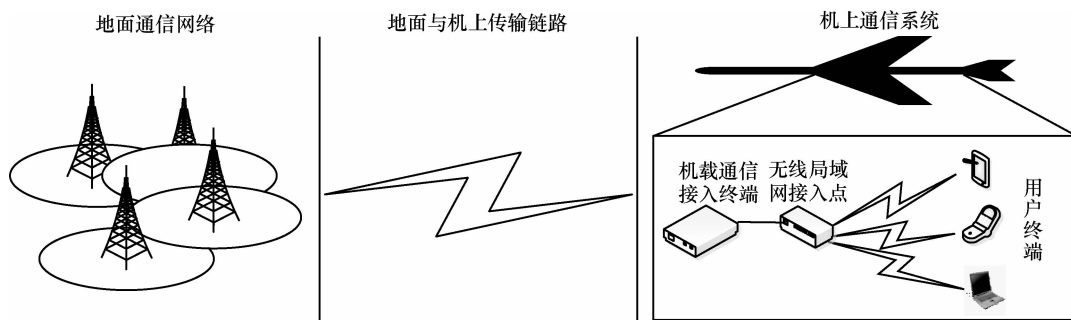


图 1 机载公众移动通信网络架构

机上用户终端通过无线或有线方式接入机上通信系统,机上通信系统再通过地面与机上传输链路接入地面通信系统,从而实现飞机乘客移动终端的语音、数据等业务。这里,地面与机上传输链路可以通过地空基站通信方式、卫星中继通信方式以及以上两种的混合方式实现。

目前实现机载公众移动通信主要通过两种方式:一种是在地面架设对天的超高功率基站,另一种是通过静止轨道卫星或低轨卫星完成通信中继。

2.2 地空基站通信方式

地空基站通信方式主要依靠特定的地空双向通信频段来组建专网,通过在飞行航线的范围内部署地面超高功率基站对飞机进行无线信号覆盖,机上乘客无线终端与机上基站连接,然后再通过机载基站与地面基站进行通信,完成飞机与地面网络的连接,并对机上通信的线路进行集中管理。其网络覆盖方式如图 2 所示。

地空基站不同于地面移动通信基站,需要考虑以下几个方面。

(1) 大的多普勒频移

飞机飞行速度比地面蜂窝网内终端的移动速度快得多,因此多普勒频偏也会相对增大。多普勒频移计算公式如下:

$$f_d = \frac{f}{c} \times v \times \cos \theta \quad (1)$$

其中, f_d 为多普勒频偏, f 为载波频率, v 是移动台运动速度, c 为电磁波传播速度, $c=3 \times 10^8$ m/s。当载波为 1 800 MHz 时,飞机速度为 340 m/s,此时的最大多普勒频移为 2 040 MHz。因此,地面基站在搜索接入信号时应考虑到多普勒频移效应,当飞机从一个基站的扇区切换到另一个基站的某个扇区时,也应考虑多普勒频偏的差异。

(2) 大的小区半径

地面基站的小区半径一般为 10 km 以下,对于密集城区,单个基站的半径一般为 200~500 m。而地空基站的覆盖范围一般在 200 km 以上,因此需要对地空基站的空口进行专门设计。

对于地面地空基站,由于小区半径增大,在多径条件下,其时延也相对较大,接入信道多径搜索时间变长。另外,小区半径变大,接入信道搜索窗口宽度也应随之变大。单小区内,两架飞机最大可能的时间到达差(以码片计算)如式(2)所示:

$$\Delta = 2\sqrt{R^2 + h^2} \times \frac{Rc}{c} \quad (2)$$

其中, R 为小区半径, h 为飞机与地面基站之间的垂直

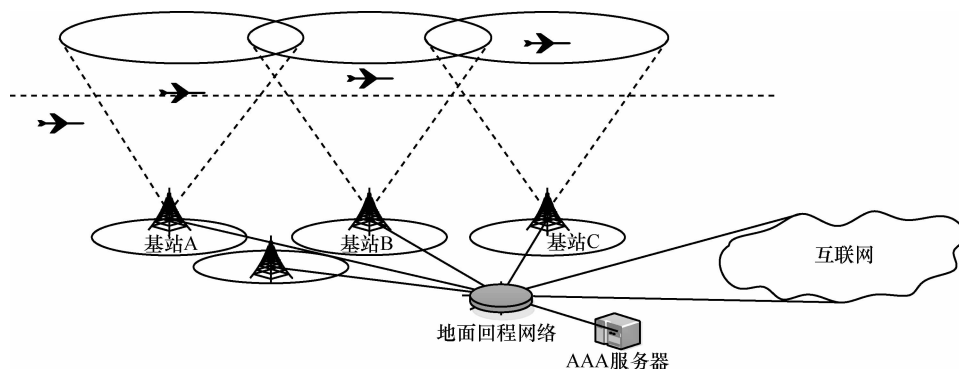


图 2 地空基站覆盖方式示意



高度, R_c 为码片速率, c 为电磁波传播速度。以 CDMA 系统为例, 其典型码片速率为 1.228 8 Mchip/s, 当小区半径为 400 km、飞机与地面基站间的垂直距离为 1 km 时, 接入信道搜索窗口宽度不能小于 3 277 个码片。

对于飞机上的机载接入终端, 由于小区半径的增大, 同样需要增加邻接搜索窗口的长度。此外, 对于数据速率控制信息的交互也需要根据小区半径的增大而进行调整和设计。

(3) 天线

地面地空基站天线需要设计独特的上倾天线, 上倾角为 $11^\circ \sim 13^\circ$ 并具有良好的旁瓣抑制能力, 可减少对其他地面系统的干扰。另外, 机载天线还要考虑重量和体积以及安装问题。机载天线可使用 MIMO 技术和自适应技术来获得分集增益, 提高系统性能。

地空基站方式的机载公众移动通信与卫星移动方式相比, 可以获得足够的带宽和通信能力, 保证机上语音、数据、多媒体等多种应用的使用, 并且成本相对较低。该方式的缺点是需要重新建立地面基站覆盖系统, 局限于航线经过的陆地区域, 在海洋区域则不易进行基站的架设。对于国际航线来说, 则需要建立相关国际标准, 并且航线途经国家也采用同样的覆盖方式才可实现跨国漫游。

2.3 卫星中继通信方式

卫星中继通信方式是由机载通信系统利用相应的卫星频段对卫星建立通信链路连接, 再由卫星连接到地面关口站(地球站), 通过其提供卫星网络与地面互联网、蜂窝移动网等的数据交换, 从而完成飞机与地面的通信, 如图3所示。

该方式的关键技术之一是机载卫星天线的设计与安

装。机载卫星通信系统属于高速移动通信, 因此需要保证机载天线始终对准中继卫星, 并且在信号丢失后能快速捕获卫星。在机载卫星通信中, 可采用 GPS 引导天线快速捕获并跟踪卫星, 或采用单脉冲跟踪技术来精确跟踪卫星, 这就需要机载卫星通信天线具有自适应选择方向的功能, 保证天线始终朝向中继卫星。卫星天线的种类和大小, 不但和卫星通信系统的传输要求有关, 而且还与飞机的型号和大小有关。一般来讲, 卫星系统的传输速率越高, 需要的机载卫星天线的尺寸越大。而由于飞机承载能力和飞行阻力的限制, 机载天线的体积和重量都不宜过大, 天线外部需加装整流罩, 减少阻力。

卫星中继方式也存在多普勒频移效应, 需要增加捕获带宽来消除频差的影响。另外, 在满足一定技术指标的同时, 需要注意机载通信设备的小型化; 在做链路计算和估计时, 根据不同的频率和带宽, 还需要注意云衰、雨衰等特性的影响。

卫星中继方式的优点是不需要重新建立中继传输系统, 覆盖区域较广, 可实现跨国、跨洲和跨洋的覆盖。在境外可以通过与外国航空公司签约的运营商完成卫星和地面网络的漫游通信。该技术方式的缺点是目前卫星通信系统传输信道较少, 不能满足机上任意的通信需求, 另外卫星中继传输的成本也较高。

不论使用上述哪种方式都应保证机载公众通信终端设备与机上其他无线或有线电子系统及设备的电磁兼容性。机载无线电设备除了航空移动业务系统中的设备之外, 还包括无线电导航业务和无线电定位业务的无线电系统, 例如, 仪表着陆系统中的高度表、罗盘、空管雷达应答器等, 这些系统使用的工作频段包括 HF、UHF、VHF、L、S、

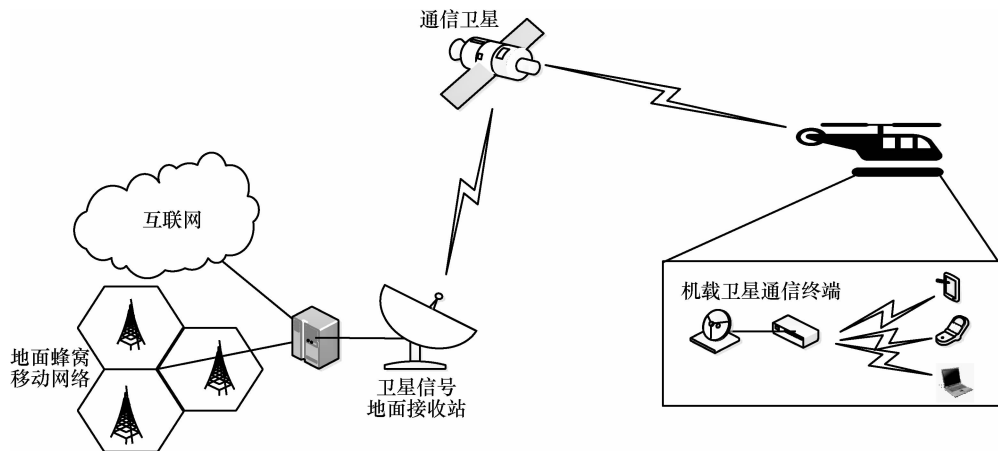


图3 卫星中继通信方式示意

C等。如果不对机载公众移动通信系统进行充分的电磁兼容分析,就会影响上述系统的正常工作,从而导致飞机飞行安全问题。

此外,由于移动通信系统的不断演进以及各个国家和地区间的移动通信标准的不统一,导致现存的移动通信制式多种多样。因此要实现机上不同制式的设备终端通信,就需要进行多制式信号覆盖。目前,机上覆盖主要以WLAN技术为主,不论是哪种制式的通信终端都配有Wi-Fi,用户通过无线局域网实现数据和VoIP的语音服务。

3 机载公众移动通信的国内外应用情况

3.1 国外应用情况

国外在机载公众移动通信方面的研究较早,目前,欧洲、美洲和亚洲等地的几十家航空公司已经安装了机载移动通信系统,并且均成立了专门的运营公司正式进入商业化运作。

(1) 美国

美国联邦通信委员会(FCC)在美国联邦法规(CFR)第22.925章节中明确规定,飞行中的航空器上禁止使用移动电话机,主要是担心手机对地蜂窝信号传输有可能对其他航空移动业务产生潜在干扰。但随着国际上各大航空公司大力推进机载无线通信方面的工作,美国各大航空公司也开展了相关测试或项目,美国联邦航空局(FAA)和联邦通信委员会也认可了试航和试运行测试。目前,美国大部分的航空公司都能提供飞机上网服务,主要的机载移动通信服务商有AirCell和Row44等。

AirCell公司能够提供两种不同方式的机载移动通信服务,其中Gogo系统是基于ATG(air to ground)的机载移动通信技术,支持cdma2000和Wi-Fi。该系统共建有约300个蜂窝基站,每个蜂窝基站覆盖半径为140英里,覆盖范围不仅包括美国本土和阿拉斯加的部分地区,还扩展到墨西哥和加拿大的部分地区。该系统地对空频段为849~850.5 MHz,速率为3.1 Mbit/s,空对地频段为894~895.5 MHz,速率为1.8 Mbit/s。在飞机起飞和降落过程中,为防止影响飞机电子设备的正常工作,需关闭该服务,只有当飞机达到巡航高度才可开启该服务。除此之外,AirCell也能通过铱星和国际海事卫星(INMARSAT)系统提供机上通信服务。AirCell已于2013年在第一颗第五代海事卫星上开展全球Xpress卫星服务机上测试,并计划于2015年第一季度提供Ka频段机载卫星航空通信服务。基

于Ka频段海事卫星机载航空通信将从覆盖、容量和花费等方面全面提升机载航空通信服务的性能。

Row44公司与全球最大的卫星通信公司休斯公司(Hughes)进行合作,使用机载卫星移动通信技术,在Ku频段上提供机上Wi-Fi网络服务。未来,Row44将对其进行技术升级,利用Ka频段进行机载卫星移动通信。Row44系统有两条独立的数据流:一个用于宽带数据;另外一个用于网络电视(IPTV),其机载最大的带宽能达到28 Mbit/s。

(2) 欧洲

欧洲民航界也是机载公众通信的积极倡导者。欧盟委员会在2008年4月已经出台规定允许乘客在欧盟境内飞行途中打电话、发短信。欧洲电信标准协会(ETSI)也对地空基站方式的机载公众移动通信系统制定了一系列标准。欧洲提供机上移动通信服务公司主要有瑞士的OnAir公司和英国的AeroMobile公司。

OnAir公司开发的机载通信系统称为旅客空中通信系统,该系统是基于卫星中继和GSM网络实现的。该系统利用海事卫星的宽带全球互连网络(BGAN)开展机舱GSM和Wi-Fi业务。移动电话与机载设备之间的通信频率使用1 800 MHz制式机载设备,机载设备与海事卫星通信采用L频段(接收频段为1 525~1 559 MHz,发射频段为1 626.5~1 660.5 MHz)。该系统机载通信系统集成了安全功能,在飞机起飞和着陆期间将关闭系统,不允许使用手机等无线终端设备。目前OnAir提供的最高速率为864 kbit/s。预计到2015年,将会采用海事卫星Ka频段的Global Xpress系统,届时速率将达到50 Mbit/s。到2013年3月,OnAir公司为16家航空公司提供机上通信服务,覆盖50多个国家,跨越了五大洲。

英国AeroMobile公司推出的机载卫星移动通信服务主要基于Ku频段和第四代INMARSAT系统L频段。与OnAir公司的服务相同,支持GSM网络、GPRS网络以及Wi-Fi无线网络服务。该系统作为松下集团全球通信套件,可以在飞机制造时直接安装,也可以在飞机出厂后安装在空客或波音机型上。当飞机飞在6 000 m以上高空时,可以使用该网络,在飞机起飞降落时不可用。表1为国外服务提供商的情况比较。

总体来讲,在欧洲,由于各国领土面积较小且彼此相邻,飞机航线一般多为国际航线,机上移动通信主要以卫星中继的方式为主。在美国,由于其地域比较宽广,国内航线较多,机载移动通信以地空基站通信方式为主,而国际



表 1 国外服务提供商的情况比较

地区	厂商	解决方案	支持网络	合作航空公司/个	最大速率	覆盖范围
美洲	AirCell	地空基站(850 MHz) 海事卫星(L,Ka) 铱星(L)	GSM cdma2000 Wi-Fi	9	3.1 Mbit/s 864 kbit/s 864 kbit/s	美洲
	Row44	国际通信卫星(Ku)	IPTV Wi-Fi	7	28 Mbit/s	北美
欧洲	OnAir	海事卫星(L,Ka)	GSM Wi-Fi	16	864 kbit/s	欧洲、中东、东南亚、澳洲
	AreoMobile	海事卫星(L) Ku 频段卫星	GSM Wi-Fi	9	1 Mbit/s	欧洲、中东、澳洲

航线则以卫星中继方式为主。从卫星中继解决方案看,目前机上通信使用的卫星可分为同步地球轨道卫星和低轨道卫星两种,具体包括海事卫星、美国卫讯卫星、欧洲通信卫星、国际通信卫星和铱星等,采用的频段主要有 L、Ku、Ka 等频段。

3.2 国内现状

出于对安全的考虑,我国严格禁止飞机上使用手机等无线电子设备。然而,随着机载移动通信技术和国外飞机上网业务的发展,一方面,国外航空公司已提出利用中国卫星及地面网络为其进入中国领空的飞机提供机载卫星移动通信的要求;另一方面,工业和信息化部也立项对我国开展民用航空机载公众移动通信的可行性进行研究,结果表明,飞机上打电话、上网的技术条件基本成熟,具有一定的可行性。因此,国内的机载移动通信产业也开始发展。

在地空基站通信方面,民航地空宽带通信系统关键技术研究已被科技部确认为 2012 年国家科技支撑计划“航空信息系统关键技术研究与应用示范”的“新一代空地宽带无线航空通信系统关键技术和系统”子项。该项目采用专门的 FDD-LTE 宏蜂窝网络结构,沿飞行航路架设地面基站,向在不同高度层中飞行的飞机提供 30~60 Mbit/s 的宽带无线数据传输通道,试验频率为 962~975 MHz 频段(基站接收)及 1 037~1 057 MHz 频段(基站发射)。该频段在中国内地的划分是:主要划分为航空无线电导航业务,次要划分为沿航线的航空移动业务。而航空移动业务对该频段的使用,根据《无线电规则》脚注 5.327A,仅限于根据公认国际航空标准运行的系统。由于工作在 UHF 频段,每个基站的覆盖可达 200 km,约用 300 个基站就可以覆盖全部国内航线。

目前,民航地空宽带通信系统前期研制工作已基本完

成,并于 2011~2012 年,在国航的波音 737-800 客机上成功完成了绵阳—广汉—南充及成都—西安航线飞行试验,实现了机上通信、上网、视频等功能,且效果良好。国航也成为了该系统国内首家获得民航总局运营许可的航空公司,并将逐步在全机队推广机上无线局域网。

在卫星中继方面,2013 年 7 月,中国国际航空从北京飞往成都的 CA4109 航班进行了我国首次全球卫星通信互联网航班体验飞行活动。国航采用海事卫星,通过机上的无线装置传输到卫星,再从卫星传输到地面的接收站,并接入互联网。这一技术的最大优势是覆盖面广,不过带宽较窄,只有 864 kbit/s,属于窄带通信。除了国际的通信卫星之外,还可以使用中国的卫星资源,如中国卫通的 Ku 波段卫星(FSS 业务,10.7 GHz/14.5 GHz)来完成机载公众移动通信的卫星中继。

总体来看,我国的民用航空机载移动通信刚刚起步,两种主要的技术手段(地空基站方式和卫星中继方式)都处于试验阶段,还未大规模应用。我国作为一个幅员辽阔、民用航空发达的国家,此业务的需求非常巨大。截至 2012 年年底,我国共有定期航班航线 2 457 条,全行业在册运输飞机 1 800 余架。如果能够使公众移动通信与民用航空相结合,将能形成包括生产和运营等方面的产业链条,具有一定的社会效益。

4 结束语

机载公众移动通信是近年来逐步兴起的一种无线电新应用。它实现了乘客在飞机上的通信。目前,机载公众移动通信主要通过地空基站和卫星中继两种方式实现。这两种方式各有优缺点,并形成一定的互补。较早推出飞机上网服务的是美国,随后欧洲也开始兴起。美国同时采用地空基站和卫星中继两种方式,而欧洲主要采用卫星中继方

式。我国目前也在积极开展机载公众移动通信的试验。我国环境类似于美国,地域广阔,在国内航线部分,由于国内航线比较集中,适合以成本较低的架设地空基站通信的方式为主;在国际航线部分,由于地空基站的局限性,可以采用卫星中继通信的方式。

从无线电台(站)的设置看,地空基站属于基站,机载地空通信终端设备属于航空器电台,而机载卫星移动通信终端属于航空器地球站。在我国,涉及上述电台设置的法律法规主要有《中华人民共和国无线电管理条例》、《中国民用航空无线电管理规定》和《无线电台执照管理规定》等。若设置机上卫星固定业务的航空器地球站,还要遵行工业和信息化部《建立卫星通信网和设置使用地球站管理规定》和《卫星固定业务通信网内设置使用移动平台地球站管理暂行办法》。

从机载公众移动通信的频率使用来看,卫星中继方式一般使用国际上划分的卫星移动业务频段。地空通信方式在国际上还没有统一的频率划分,美国使用 850 MHz 频段,日本则使用 40 GHz 频段进行试验,我国目前的试验频段处于 960~1 164 MHz 频段,而该频段沿航线的航空移动业务属于次要划分。

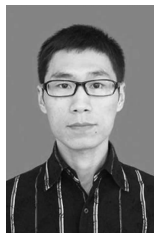
随着我国民用航空的快速发展,民航飞机数量、航线里程以及乘客数量都将增加,飞机上网的需求也会激增,发展机载公众移动通信业务会带来巨大收益。而在发展机载公众移动通信系统的同时,也需要对该系统在用频段和设台等方面做充分考虑,进行系统间和系统级的兼容共存研究,制定详细的标准和法规,以确保航空飞行的安全。

参考文献

- 1 柴勇. 卫星通信应用新领域——机载卫星宽带多媒体通信系统应用介绍. 第八届卫星通信学术年会,北京,中国,2012:19~21
- 2 王家庚. 民用航空机载公众移动通信系统的可行性研究. 北京邮电大学硕士学位论文,2011
- 3 王非,吕召彪. 机载移动通信技术及其应用研究. 全国无线及移动通信学术大会论文集,2011:297~300
- 4 杨威. 机载卫星通信技术发展及应用分析. 卫星应用,2003,11(6):30~35
- 5 美国联邦通信法令第 47 章 22 节 925 节. <http://www.fcc.gov>
- 6 工业和信息化部无线电管理局(国家无线电办公室). 中华人民共和国频率划分规定. 北京:人民邮电出版社,2010
- 7 International Telecommunication Union. Radio Regulations,2012

- 8 ITU-R Working Party 5A. System for Public Mobile Communications with Aircraft,2013
- 9 Spiridonov V V. INMARSAT systems and services. Satellite Communications, 1994(1)
- 10 Wang J L, Liu C S. Development and application of INMARSAT satellite communication system. Proceedings of First International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control, Beijing, China, 2011: 619~621
- 11 张威,张更新,尹冉冉. 基于卫星星历的多普勒频移研究. 军事通信技术,2011(3)
- 12 马丁·凯夫,克里斯·多伊尔,威廉·韦伯. 现代频谱管理精要. 丁家昕,李英华,魏梅英等译. 北京:人民邮电出版社,2012
- 13 田斌,朱岱寅,朱兆达. 一种快速自适应角度—多普勒补偿算法. 航空学报,2011(9)
- 14 刘志俭,刘毅,王跃科. 基于频域的软件接收机多普勒补偿算法. 航天控制,2007(2)
- 15 <http://www.gogoair.com>,2013
- 16 <http://www.aeromobile.net>,2013
- 17 <http://new.row44.com/faq>,2013
- 18 <http://www.onair.aero>,2013

[作者简介]



杨森,男,博士,国家无线电监测中心工程师,主要研究方向为无线电新技术、无线频谱资源管理和卫星网络等。



浦星,男,博士,国家无线电监测中心工程师,主要研究方向为云计算、系统虚拟化、SOA 体系架构、存储备份和 Web Services 等。



戴慧玲,女,国家无线电监测中心助理工程师,主要研究方向为无线电新应用、空间通信技术、TD-LTE 等。

(收稿日期:2013-12-30)