



中国卫星通信行业的发展创新

吴波洋 中国通信学会卫星专业委员会委员

摘要

在通信卫星、轨位和频谱资源、地球站设备和卫星通信网等方面,对中国卫星通信行业的技术创新和行业发展,提出了一些策略性设想和具体化建议。

关键词

卫星通信,通信卫星,轨位和频谱资源,卫星通信网,地球站设备

Abstract: The paper discusses technical innovation and development of China satcom industry in terms of communication satellite, orbit and frequency spectrum resources, earth station equipment and satellite communication network. Then, it puts forward some strategic considerations and detailed suggestions.

卫星通信行业是个发展缓慢而又必不可少的行业。说它发展缓慢,是因为其技术手段与四十年前初创时没有根本上的变化,而其市场占有率也随有线和移动通信网的发展而节节败退。说它必不可少,是因为它以点到面的广播功能无可替代,对边远荒漠地区的覆盖也是独具一格。随着洲际和国内光缆干线的不断扩张,卫星通信已基本上撤出通信骨干网,而逐渐退居到拾遗补缺和灾害备份的地位。在此形势下,仍然举步艰难的中国卫星通信行业应该有所创新,研究和发展新技术,并且开辟新的运营空间。

一、创新才能发展

在过去几年中,处于困境之中的卫星通信行业虽然放慢了发展速度,但并未放弃对新技术的开发。美国仍在卫星和地面设备制造方面保持着领先优势,而欧亚各国也在坚持自己的技术创新与发展。欧洲看准并抓住了卫星数字广播业务大发展的时机,在建立 DVB 系列标准方面做了很多工作。日本利用因发射而未能正常入轨的 COMETS (Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite) 卫星,在 Ka 频段和毫米波频段的移动卫星通信广播以及轨道间通信(interorbit communications,在低轨对地观测卫星和地球站之间,通过地球同步卫星实现的中继通信)等方面积累了经验。日本还对大倾角同步卫星(HIGCO: Highly Inclined Geosynchronous Circular Orbit)卫星和高空通信平台(HAPS: High Altitude Platform Station)做了大量的研究工作。以色列 GILAT 公司的卫星通信设备以低成本高质量占据了相当的市场份额。泰国发射了采用蜂窝波束技术提供高容量 IP 业务的 iPSTAR 卫星。印度坚持自行研制多功能的通信和对地观测卫

星。中国也在通信和广播卫星的制造和销售等方面取得了进展。

中国在卫星通信方面的技术实力和赢利能力应能随着行业规模的扩大而得到发展。卫星通信在国内通信领域中所占的比重很小,研发队伍不够强大,力量比较分散,在资金方面也受到限制。考虑到低效率的重复投入难以取得全面突破,希望国内卫星通信行业的发展速度赶上国际同行的总体水平。为此,行业主管部门应该运用其影响力,尽可能集中方方面面的资源,力求在少数几个具有潜在经济效益的方向取得阶段性的创新成果,进而追赶世界先进水平。

1. 静止卫星

通信卫星是卫星通信行业的源头之水。中国研制的静止通信卫星已经获得非洲和拉美国家的订单。不过,原有的东三卫星的单位发射重量所能提供的直流功率和射频功率都低于同时代的通信卫星,其研制成本也较高。据统计,每过 8~10 年,具有同等功能和容量的通信卫星的重量将减轻一半。希望东三卫星的改进型号和新一代的东西卫星能够符合这一发展规律。

2. 大型卫星还是中型卫星

美欧的卫星制造商大多倾向于制造大型通信卫星。俄罗斯却根据自己的技术能力和发展中国家的市场情况,主张发展中型卫星。据称,中型卫星的单位转发器或单位直流功率的成本,可以做到接近大型卫星的水平。中小卫星的优点还在于设计生产周期短,投资运营成本低,并且可以分散发射风险。只生产中小型静止卫星的美国公司 Orbital Science Corporation 甚至提出,当用户需要一颗 10 kW 的大型卫星时,也应该考虑是否选用两个小一点的卫星。

中等卫星适用于发展中国家,因此有着更多的市场机会。印度自行生产的卫星是如此,中国将为尼日利亚和委内瑞拉制造的 24 转发器卫星也是如此。既然大型卫星的商业需求有限,倒不如集中力量,在可靠性、通信转发器的技术指标、转发器的多样化、单位发射重量的有效载荷功率以及降低研制

成本等方面提高中型卫星的性能,使其具备国际竞争力。

3. Ka 频段与多点波束

据不完全统计,在最近 3 年内发射的 40 多颗商用静止通信广播卫星中,约有 10 颗载有 Ka 频段转发器。由此可见,Ka 频段卫星应用已日渐普及。中国也需要有自己的 Ka 频段通信卫星资源。如果在制造和发射整星上有困难,应该考虑在购买卫星时搭载少量 Ka 频段的试验转发器。例如,用一个大约 1 m 口径的星上天线产生 3 个点波束,分别覆盖北京、上海以及成都、重庆的周边地区,为运营试验和设备研制提供方便,并且保护轨位和频谱资源。

谈起宽带卫星,似乎离不开可以提高通信容量和效率的星上交换结合多点波束技术。由于上行和下行载波是分别进行调制的,星上交换还能提高卫星信道的抗干扰和抗雨衰能力。这类先进的卫星通信系统对卫星上的 ATM 交换机、多点波束天线和射频分系统等的设计性能和可靠性要求都很高,发达国家仍处于试验阶段,近年内投入使用的可能性不大。与此相对比,泰国卫星公司 (Shin Satellite) 的 iPSTAR 则利用现有的透明信道方式结合密集点波束技术,对频率资源进行高密度开发。据称,该卫星的带宽据称相当于一千多个采用传统调制编码方式的 36 MHz 转发器,是现有大型卫星的 20 多倍。此外,iPSTAR 的地球站设备和信道成本也都比较低,iPSTAR 若能获得成功应用,将是利用现有的可靠技术手段建立高效率、大容量卫星通信系统的一个典范。

4. 展开式超大口径天线与移动卫星业务

发达国家都将移动卫星业务视为发展重点。不过,相关业务在中国的应用将受到轨位和频率资源、市场消费前景以及技术开发难度等方面的限制。

口径为 10 数米的展开式天线通常用于 L 频段和 S 频段的卫星通信和广播业务。曾有官方人士介绍说,在条件许可时也打算研制相关技术。由于地面设备多采用波束较宽的低增益天线,相关业务对邻星干扰协调的要求比较高,使用机会并不多,因此市

场前景有限。再加上这种天线的技术要求比较高,展开机构很难在地面重力条件下进行试验。为了避免卫星在做轨位控制时产生的发动机推力影响大口径天线结构,卫星平台还需采用推力小而持久的离子发动机,立项容易做起来难,投入巨资的研究成果还可能没有用武之地。由此看来,还不如把相应的研究经费投在更容易创造实际用途和经济效益的课题上。

5. 低速数据与 GPS 相关业务

固定和移动设备的短信、监控和跟踪业务,适合采用 GPS 结合 GPRS 的解决方案,在地面移动通信系统的服务区之外,可以利用卫星通信技术。在中国,已有 GPS 结合 Ku 频段卫星通信以及北斗导航系统结合 L 频段卫星通信的两套实用系统,这些现有系统都利用 GEO 卫星,终端设备和通信费用比较高。

静止卫星不能覆盖两极周围的高纬度地区。而 OrbComm 等 LEO Micro satellite 星座则可以通过合理的轨道设计做到全球覆盖。小卫星的传输距离短,只需较小的发射功率。VHF 频段的天线结构简单,系统设计又偏重于短信息业务。因此,小卫星系统用户的设备成本和通信费用都远低于基于 GEO 卫星的相关系统。

中国的小卫星计划也正在研制开发中,希望该系统能够尽早进入实用阶段,并且与北斗导航系统相结合。在车船货物的调度管理、远端设备的遥测遥控以及荒野山区的短信息等方面,低速数据小卫星结合定位导航系统将会得到大量应用。

GPS 系统除了定位功能外,还能接收接收设备提供廉价和高精度的频率基准信号。国内已有不少进口卫星通信设备利用 GPS 提供低成本的高精度频率源。由于 GPS 毕竟属于美国军方系统,其民用业务有可能被中断,一旦发生类似情况,用其作为标准频率的设备性能将随之下降。对卫星通信系统依赖程度比较高的用户应对规避相关风险预做准备。其实,这也提供了一个商机,若开发基于北斗系统的 5 MHz 或 10 MHz 标准频率源,则可为各种设备提供

精度不低于 1×10^{-10} 的标准频率。

二、卫星通信技术的扩展与延伸

在技术和经济实力不足以全面抗衡时,新兴力量可以另辟蹊径,走技术创新之路。另辟蹊径需要以技术前瞻为支撑,仅以现有技术水平简单化地仿造一个先进系统,在市场竞争中是没有生命力的。另辟蹊径也可能需要相关的频谱资源,主管部门应与研制单位通力合作,在 ITU 等场合为国家争取权益。日本在倾斜轨道同步卫星(HIGCOS)和高空通信平台(HAPS)等领域扩展了卫星通信技术,美国也有多个有关 HAPS 的商业研制计划。中国曾有学者做过 HAPS 的研究工作,在 HIGCOS 方面则鲜见论文发表。

1. 倾斜轨道同步卫星

倾斜轨道同步卫星的轨道高度和运行周期均与地球同步卫星相同。由于轨道平面与赤道平面有夹角,其星下点轨迹为中心在赤道上的 8 字型,因此也被称为 8 字型卫星(the figure-8 satellite)。8 字型轨迹在南北方向上的顶点的纬度与轨道倾角相同。大倾角倾斜卫星在一天的大部分时间中远离赤道平面,既不会对地球同步卫星产生干扰,又可以高仰角为中高纬度地区提供卫星通信和广播业务,因此日本又称其为准天顶卫星(quasi-zenithal satellite)。通过轨道设计,可使三颗倾斜轨道同步卫星在时间上等间隔地运行在同一个 8 字型星下点轨迹上。具有自动跟踪能力的地球站可以 8 小时为周期,轮流工作在这三颗卫星上。

倾斜轨道同步卫星通信系统可以使用带自动跟踪功能的地面天线,也可以使用大致指向天顶的低增益天线。日本科研人员曾用 S-band 圆锥形微带天线做过测试。当指向天顶的峰值增益为 11 dBi 时,对于北纬 $30^\circ \sim 40^\circ$ 之间的日本用户而言,指向准天顶卫星的仰角约为 70° ,天线增益可达 7 dBi,而指向地球同步轨道卫星的仰角低于 45° ,天线增益仅为 1 dBi。测试结果表明,即便使用不带跟踪功能的低增益天线,在倾斜轨道卫星和同步卫星之间仍然存

在着一定的干扰隔离度。

2. 高空通信平台

高空通信平台是利用飞艇或飞机作为载体,在海拔 20 km 高度的平流层中,以相对于地球表面比较固定的位置工作的无线通信平台。通信平台可以是无线城域网的空中交换中心,也可作为 IMT-2000 的空中基站。必要时,平台上还可搭载遥感遥测设备。

高空平台通信系统的地面天线指向相对稳定,仰角较高。从地面站到高空平台的通信距离、传输衰减和传输时延也都远低于卫星通信。

3. 工作频段

倾斜卫星在平台技术和通信手段上均与通信卫星相似。日本学者对频谱资源的干扰分析参考了 LEO 对 GEO 的相关方法。认为在 Ka 和 Ku 频段均可使用非自动跟踪天线和 CDMA 扩频技术,开展广播和通信业务。

高空通信平台的平台技术尚未成熟,目前由 ITU 给定的可用工作频率也过高,不利于在强降雨地区的应用。

从有效利用频谱资源的角度出发,笔者曾建议让倾斜卫星系统工作于 C 频段,并让高空平台系统工作于上行 4 GHz、下行 6 GHz 的反向 C 频段(reversed C-band)。如果能通过有效的国际合作,完成新系统在 ITU 的频率申报程序,我国完全有条件利用现有的技术手段,自行或者通过国际合作,研究这两类与卫星通信技术相近的 C 频段系统,追近起步不久的国际水平。

4. 频谱与轨位资源

要发射通信和广播卫星,必须拥有轨位和频谱资源。我国所拥有的轨位和频谱资源并不够用,但在实际上我国对现有资源的利用又并不充分。因此,行业主管部门和卫星公司都应该在申报和保护资源以及充分利用资源上,付出更多的努力。

国内卫星公司所用的轨位资源得来不易,用时应精心规划。使用权仅限于工作频段,使用年限可能只及卫星寿命,这也削弱了使用者追求长远利益

的动力,影响到协调资料的适时修改和补充。按照市场经济的规则,轨位资源的使用者应为此付出合理的代价。资源的分配可采用拍卖方式,也可采用选美方式,通过选美方式得到资源者也应支付租金,以避免资源滥用。

5. 固定卫星业务

由于卫星进口限制和发射失败等原因,115.5E 和 125E 这两个中国传统轨位已闲置多年。由于新近购买的卫星将在若干年后发射,为了避免失去轨位使用权,需要利用退役卫星临时占用相关轨位。

采用波束隔离的方法,可以重复使用有限的频谱资源。因此,常见一颗欧美卫星安装三、四十个 Ku 频段转发器。中国卫星则多采用大服务区设计,C 频段通常覆盖星上可见的所有陆地,而 Ku 频段通常覆盖全国。实际上,中国国内也有很多地区性业务,例如新疆和西藏的区内电话和数据网,以及民族语言的电视广播业务。通过市场调查,适当设计一些区域波束,既可节省卫星的功率资源,又可提高频谱资源的利用率。卫星天线的口径通常只有 2 m 多,功率放大器的输出只有 100 W 多考虑,Ka 频段卫星无法为中国波束提供足够好的转发器参数,其天线只适合于采用多点波束或蜂窝波束。

Ka 频段的带宽远大于 C 和 Ku 频段,是新一代大容量通信卫星的首选频段。为了适应宽带应用的需求,地面终端应该减小其天线口径和设备成本,空间端应该提高其功率密度和信道费用。WAC-2000 为利用多点波束实现高密度频率复用的 HD-FSS 系统,标定了 Ka 频段上行两段共 1 000 MHz、下行 500 MHz 的频率范围。实际上,泰国新发射的 iPSTAR 卫星就是一种终端工作在 Ku 频段、关口站工作在 Ka 频段的 HD-FSS 系统。Ka 频段在中国的应用几近于无。尽管国内在 Ka 频段的设备条件和技术经验都不足,我国东南部经济和人口密度重心也因处于高降雨区而使 Ka 频段的卫星应用受到限制。但为确保潜在的发展资源,主管部门和卫星运营商应适时修改和补充在 WRC-97 会议前登注的一批 Ka 轨位的协调文件,做好协调工作,并且尽早发射含 Ka 频段

转发器的通信卫星,占领和保护轨位资源。

6. 广播卫星业务

在中国的 BSS (Broadcast Satellite Service) 计划中,为了提高系统的可靠性,拟用两颗同轨卫星提供 1:1 的热备份,这种方式过于奢侈而低效率。建议有关部门考虑让两颗卫星分别在不同的轨位提供服务,必要时才将备用星飘移去主用轨位的可能性。当然,为此需要估算备用卫星的飘移时间和燃料消耗、以及天线指向和波束覆盖在不同轨位的兼容问题。

7. 非静止卫星业务

与中低轨卫星星座相似,倾斜轨道同步卫星和高空通信平台也可在地球同步轨道以外的空间开发和利用有限的频谱资源。新系统在 ITU 的频率申报程序复杂而困难,为此需要加强国际合作。

C 频段的电波传播不受雨衰影响,国内现有的技术手段也相对成熟,分别工作于 C 频段和反向 C 频段的倾斜卫星通信系统和高空平台通信系统或许是可行的选择。这两类系统的通信平台与静止卫星之间的相互干扰并不严重,需做深入分析计算的主要是反向 C 频段高空平台系统地面站与 C 频段卫星地球站之间的相互干扰。此外,与 C 频段固定卫星业务相似,倾斜卫星和高空平台通信系统也都与地面微波通信系统存在相互干扰。后一互扰的协调范围主要在国内,而且有望随着数字微波被光缆所取代而得到解决。

三、卫星通信网和地球站设备

除了天线外,国内的卫星通信地球站设备市场几乎成了所有进口设备商的试验场,在政策引导和扶持下,我们也应转入卫星通信地球站的设备研制。

1. 地球站设备

国内在 VSAT 设备和系统的研发上有过技术投入和经验积累。卫星通信行业可能因市场小而较为闭塞,技术人员与外界的交流不够,行业主管部门应向业内的创新企业提供政策倾斜和资金扶持,并且引导相邻行业的专业力量关心和加盟卫星通信设备

的研制和开发。设备研发单位应该重视和参与 ITU-R 相关专业研究组的活动,因为了解和熟悉行业标准的制定和修改过程,有助于后来者追近世界先进水平,而参与行业标准的修改和制订,也有助于研发者维护自己的技术和经济利益。

目前,国内还有许多 PSK/FEC 调制解调器,只能收发低效率的预分配 SCPC 载波。这些调制解调器都 MAC 口,可供计算机遥测遥控。如果设计相应的网管和控制软件,将点对点 SCPC 改造为出向 TDM 和入向 SCPC/DAMA 的星状网,就可以发挥卫星通信在多播和广播上的优势,从而实现节省带宽和降低信道成本的目的。这样,用户可以由原先的按带宽计费方式改为按信息流量计费,系统运营商可以减少转发器的带宽成本,卫星通信的竞争力也可得到提高。

2. 卫星广播接收设备

在欧洲,卫星直播(DTH, Direct to Home)业务的收入约占整个民用卫星行业的一半。欧洲的设备生产商也在销售 DVB-S、DVB-RCS、和 DVB-S2 等的标准和设备上获利颇丰。中国的直播星计划也将在近年内激活接收机市场。

广电行业的官方人士曾经介绍,计划中的卫星直播系统将全面采用条件接收(CA, Conditioning Access)技术,为了让国内企业也有参与机会,有关方面应该提前公布招标要求。实际上,卫星广播应该区分免费和收费节目,部分用户可能只打算接收免费节目,系统设计时应考虑让他们选用不含条件接收模块、或者关闭条件接收功能的通用接收机,以降低设备成本和售价。

3. 卫星通信网

卫星通信受限于轨位和频谱资源,卫星通信网必须提高带宽利用率。尽可能合理地提高网络效率,诸如采用网状拓扑结构使信息一跳到位、以及采用按需分配方式有效利用带宽资源,可能比减少数据包中的地址码等报头信息的长度、以及采用高效率的调制编码方式提高传输效率更为重要。

现有的几种常用卫星通信组网方式的带宽利用

率都不高。星型网中的小站互联要双跳,纯 TDMA 网络难免在报头和同步上浪费资源,窄带 SCPC 话路即使采用 DAMA 方式,其带宽利用率也远低于 IDR。其实,为数据包加上含有地址信息的报头,供接收站点选择接收的 ATM,也是一种灵活高效的组网方式。

卫星 ATM 可以不采用星上交换方式,当网内几个地球站所需传输的信息速率各自相对固定时,每个站点可以只发送一个上行载波,但用多路下行解调设备接收其他站点的下行载波。发送给不同站点的数用报头中的地址信息进行区分。对所收到的各路下行载波中的每个 ATM 数据包,都根据报头中的地址信息,做接收转发、或者舍弃处理。这样,任何站点只要发送一个载波,就可与网内的所有其他站点通信。

四、系统运营与资源整合

中国通信卫星运营商的规模小、数量多,难以形成规模效益。国际运营商在过去几年有过几次企业兼并。SES Global 通过收购合并 AmeriCom 等公司,使旗下的通信卫星数量增加到 40 颗。Intelsat 在与 PanAmSat 合并后,卫星队伍更是增加到 53 颗。最近又传出消息,SES Global 已同意购买拥有 5 颗在轨卫星和 1 颗待发射卫星的 New Skies。相比之下,中国现有四家通信卫星公司的在轨卫星总数仅为 8 颗(其中还包括也被统计在 SES Global 旗下的亚洲卫星公司的 3 颗卫星)。小型卫星公司的平均运营成本较高,公司间的竞争将压低转发器价格,使公司的赢利能力和竞争力都受到不利影响。由此看来,公司之间合作与兼并有助于共同发展壮大。

国内的卫星通信网还存在着网络数量多、规模小、运营效率低等问题。在边远贫困地区的普遍服务和扶贫项目方面,如果邮电、广电、远程教育、远程医疗等都自成系统,在每个山村都架起多个卫星天线,既不利于管理,也浪费资源。这类政府主导的项目应该通过协调,实现对系统设备和网络资源的综合利用。如果能够解决通信网络的信息安全问题,将

现有的各个专用网改造为某个通用大平台中的虚拟专用网,应能提高带宽资源的利用率,降低网络的运营成本。网络运营商也应该通过兼并或合作方式,把通信平台做大,从而提高效率,增加盈利。

卫星运营商要通过兼并而完成资源整合,理想化的运作结构可以是:由一家专业的通信服务提供商管理一个多功能的卫星通信平台,由多家工程服务商分别负责各地区的建站和维修等任务,IP 接入、远程教育和远程医疗等内容服务商以及部门和企业的内部网络都以虚拟专用网的形式,租用公用平台的部分系统资源和通信容量。为更多的用户提供大型平台和信道资源,使通信服务商降低通信成本。由工程服务商分片包干,可使建站施工服务专业化,同时降低差旅成本。内容服务商脱离网络管理和建站维护工作后,可将工作重点集中在发展客户和提供服务上。

五、结 语

卫星通信的设备投资和使用成本都较高,在带宽容量和传输质量方面不如光通信,在普及率和便携性方面不如移动通信。另一方面,卫星通信具有广播优势,它的大波束覆盖可以为边远地区提供普遍服务,它也因为不受地面条件影响而在灾害和应急通信中起到不可替代的作用。只要坚持技术创新以跟上市场变化,有效利用资源以降低成本,卫星通信行业还将随着人们对信息服务的需求增加而继续得到发展。与发达国家相比,国内的卫星通信行业在技术上相对落后,在资源上也受限制。在技术创新和资源开发方面,应该把有限的力量投放在可以得到技术突破和商业应用的项目上,争取逐渐提高国产卫星和系统设备的市场份额,从而加快中国卫星通信行业的发展速度。

MSTT

收稿日期:2006-01-12