

平流层信息平台

The Stratosphere Information Platform

童志鹏
(电力科学院, 中国工程院院士 北京 100846)
吴佑寿
(清华大学, 教授、中国工程院院士 北京 100084)

平流层静止平台是继光纤与卫星后又一个重大技术突破, 具有巨大军民应用前景。本文拟对平流层平台的发展、应用及其存在的难点, 做一简单介绍, 并对平流层信息平台的发展前景及其意义谈几点意见。

一、引 言

平流层信息平台是指在平流层高度(约 20 ~ 40 公里高空)能长驻空(5 ~ 10 年)、准静止、可装载一定规模有效载荷的高空平台(HAAP- High Altitude Aeronautical Platform)。这个平台与卫星平台和地面系统相比, 具有二者的长处, 又避免各自的短处, 拥有显著的优势。

(1) 平台与地面的距离只有卫星高度的 1/1 800(高轨)、1/ 400(中轨) 1/ 40(低轨), 自由空间衰减分别减少 65dB、52dB、32dB, 延迟减少到 0. 5ms, 有利于广域通信终端的小型化、宽带化和毫米波化, 特别是 40GH 以上的波段。

(2) 与地面平台相比, 平流层平台的作用距离远、覆盖区域大, 其无线信道衰落按 Ricean 特性(20dB/ 10 倍程), 而地面系统按 Rayleigh 衰落特性, 市区达 50dB/ 10 倍程。作为接力通信的一个中继接点, 距离可比地面系统增加 20 倍, 达 1 000km。作为独立移动通信基站, 覆盖范围可达 56 万 km², 通信容量可供 6 万个 64kb/ s 数字电信用户使用。作为探测平台, 对低空目标的探测距离比临空 10 000m 的机载雷达远 70%, 比系统气球雷达远 3 倍。

(3) 机动灵活, 既适用于城市, 也适用于山区、沙漠、海洋、还能迅速部署于自然灾害地区。

(4) 造价低, 通信资费便宜。平流层平台成本只有卫星平台的 1/ 10, 通信资费低, 一条 2Mb/ s 信道每分钟只有几个美分, 用户端机费 100 ~ 200 美元。

(5) 有利于环境保护, 不需要昂贵的火箭发射, 可以回收利用, 不会像卫星那样, 失效后变成轨道垃圾污染太空。

(6) 平台位于国境上空, 主权、管理权、使用权属于本国。平流层平台的开发与运用将使它成为 21 世纪的信息基础结构重要成员, 是继卫星和光纤后的又一重大突破。

二、国际发展情况

美国、以色列和日本是现今从事高空平台研究的 3 个国家。美国军方花大力气发展重于空气的高空平台, 著名的高空间谍飞机(U- 2, SR- 71) 都工作在平流层, 近年来在发展高空长航时无人机上取得重大进展。美预研局正在进行一项称为空载通信节点(ACN) 的计划。工作于 18Km 高空, 通信载荷 400Kg, 驻空时间 42 小时, 耗资 9 000 万美元, 计划在本世纪末完成。以色列正在从事一项称为旋星(Rotorstar) 的无人可控机计划。

对于轻于空气的高空平台, 最雄心勃勃的计划是美国 SSI 公司(Skystation International) 提出来的。SSI 公司是 1995 年由美前国务卿、喷气动力专家黑格将军发起成立的, 当时决定采用 1994 年洛杉矶加州大学等离子物理系的 Alfred wong 博士发明的电晕离子推进器(Coronalon Engine), 其推进效率为 10mN/ W(N 是牛顿, 力的单位)。SSI 设计的平台需要 100N 平均推力和 1 600N 的峰值推力以平衡风力的作用, 因此需要平均功率 10KW、峰值功率 160KW。目前太阳能电池效率为 200W/ kg, 因此, 用于推进器的太阳能电池板重量为 1 000kg, 约占有效载荷的 20%。太阳能电池每天有效工作时间为 8 小时, 其他 16 小时的电力供应一般通过储能装置/ 燃料电池来解决。SSI 公司的平台参数见表 1。

平流层稳定平台在空中要保持位置不随风飘

流摆动,需用推进器的推力抵消风力影响。在平流层高度 18 ~ 24km 内平均风速为 10m/s, 最大为 40m/s, 风向每年大部分时间不变, 每年仅发生西 → 东、东 → 西变化二次, 抵消风力对平台影响所需的推力为 $F = 1/2 C_p P A V^2$ (其中 P 为空气密度= 0.015 kg/m³, 是海平面空气密度的百分之几, C_p 为阻滞系数= 0.015, A 是截面积, V 是风速)。平台依靠由 GPS 支持的自控装置和推进器来保持平台位置固定, 三维空间的误差可保持在 40 米以内, 各方位天线偏差不大于 0.1 度。

表 1 SSI 公司的平台参数

工作高度	23km
工作高度上浮力	62g/ m ³
飞艇容积	170 000m ³
工作高度上的总浮力	12. 5T
飞艇最大直径	50m
飞艇最大长度	150m
飞艇表面积	22 260m ²
蒙皮重量	5. 628T
有效载荷	4. 912T
离子推进器效率	10mN/W
工作频率	47. 2 ~ 47. 5GHz(下行) 47. 9 ~ 48. 2GHz(上行)

平台使用无源及有源两种热控制,使平台内部温度变化可保持在几度以内,可为负荷提供一个保护环境。考虑到长期使用可能造成储气舱的破损、太阳能板的效率下降以及平台结构疲劳等,平流层通信平台的寿命预期约可超过 10 年。平台可以落地回收,检修后再利用,不会造成空间垃圾。

平台采用多气囊结构,防止因局部破损而造成飞艇迅速减压。支持系统可防止发生不可控制的下降。所有平流层平台的使用均需经特定的航空机构认可。

除美国外,日本邮电省也正在从事一项高空平台计划(高度 20Km,以太阳能/ 燃料电池为能源),计划 2003 年完成。

三、应 用

1. 高空平台具有广泛的应用前景

(1) 民用

通信: 固定与移动通信; 动视频电话; 高速数据通信, 因特网。

电视: 广播电视, 远程诊断, 远程教育, 视频会

议。

监视: 森林火警; 200 哩岸域渔区; 走私贩毒拦截; 海洋、大气污染监督; 灾害监测。

科学试验: 大气与气候研究。

(2) 军用

军用通信: 野战通信, 海面通信, 边境通信, 战区通信。

远程侦察: 合成空径雷达, 逆合成空径雷达, 光电、红外侦察。

情报: 电子情报、通信情报。

导航: 定位、空中交通管制。

预警: 巡航导弹、弹道导弹预警。

电子战。

2. SSI 公司设计的平流层通信系统(STS)

Sky Station 公司设计的 STS 是一种可提供 64kb/ S 至 155Mb/ s 全数字双工传输信道, 可供因特网组网之用, 构成一种空中因特网。该公司副总裁 Rothblatt 认为: 这是一种 “Killer Application ” (杀手铜), 市场需求旺盛, 也可作为发展中国家建立公共交换电话网的骨干网, 是填平发展中国家与先进国家电信设施鸿沟的价廉物美的电信系统。

表 2 是 STS 可提供的各种业务简表。

表 2 STS 的各种业务

数字电话传真和电子邮件	64kb/ s
动视频电话业务	256kb/ s
高速 Web Surfing, Web TV 和文件转移	512kb/ s~ 1. 5Mb/ s
EI, OC3 局域网、城域网和广域网	2. 048Mb/ s ~ 155Mb/ s

通过平流层中继站可以和地面移动电话或膝上 PC 直接收发信息, 也可通过网关地面站和公共交换电话网(PSTN) 连接到蜂窝或台式电话机和数据库, 或世界各地的 WWW 网。STS 的移动电话和膝上 PC 只需 100mw 的发射功率。这样 STS 可能成为一种低成本、高速率的数字接入系统。

一个高度为 23km 的平流层中继平台可以覆盖半径为 550km 的地面区域, 覆盖面积达 95 万 km²。STS 把它分成 3 个覆盖区, 如表 3 所示, 每年覆盖区各划分为 700 蜂窝, 总共有 2 100 个六边形蜂窝, 频率再用率为 300。按 0.1 爱尔兰设计, 可供约 600 万个 64kb/ s 用户, 或约 18 万个 EI 用户使用。

将若干个 STS 互相联结, 还可以构成类似于地面微波接力通信的空中接力体系。SSI 公司认为: 在全世界建立 250 个 STS 中继平台, 就可以构成环绕全球的 STS 网。计划中的第一个 STS 将于 1999 年建于纽约, 然后以每周 1 个 STS 的速度逐步扩展, 构成全球的 STS 空中通信骨干网, 预计 2005 年完成。

表3 地面区域参数表

区 域	地缘半径	每个蜂窝 小区面积	用户终端 天线增益	边参仰角
城市覆盖区(UAC)	40km	7.2km ²	3kBi	30°
市郊覆盖区(SAC)	125km	63km ²	23dBi	10°
乡村覆盖区(RAC)	546km	130km ²	36dBi	0°

四、难点与风险

高空平台的概念并不是最近提出来的,早在1972年,美国就在军事项目进行概念探索,洛克希德公司于1982年完成可行性研究,平台试验飞行一直在进行中,但是迄今尚无一个可演示的平台出现,这是什么原因呢?

1. 平流层大气环境数据需要进一步收集、充实、细化和补充

国际上对平流层的大气环境已经进行了相当久的研究、积累了大量数据,但对阵风数据,如延续数分钟至数小时的数据尚不足,因此存在着导致瞬时信息流中断的风险。

我国上空的数据基本空白,如风场、大气密度分析、臭氧层和紫外线辐射参数、电磁波,尤其是47GHz与激光传输衰落特性等。

2. 平流层平台的囊体材料、太阳能电池基板材料及飞艇结构材料性能等有待提高与突破

这些材料要求做到强度高、漏氢率低、质量轻(250g/m²),抗紫外线、高能粒子辐射,抗迎光面与背光面的巨大温差引起的热疲劳与老化,有利于解决太阳能电池板的超轻、超薄、高强度焊接与散热问题。

3. 高效、可靠、长驻空的储能装置尚未解决

平台需要储存几百千瓦的电能供日蚀与晚间使用。目前比能最高的燃料电池(1kw·hr/kg)尚不能长时可靠工作;可长期多次充放电的锂离子电池

虽能满足长时可靠工作需要,但比能较低(100~150W·hr/kg),重量过大,也难以满足需要。

4. 平台的位置保持、姿态稳定与推进技术尚待开发

平台是一个庞大、柔性、漂浮的钝体,工作在低密度空气环境中,其位置保持、姿态稳定与推进技术不能直接移用航天、航空的成熟技术,必须依照载荷需求,研究开发相应的优化技术。

5. 开发与高空平台环境相匹配的任务电子系统

平台的有效载荷是任务电子系统的设施,必须与平台的能源、动力、温度、压力、保稳等支持系统相适应,必须与地面系统以及其他如卫星系统相兼容,从而构成能互连互操作的综合信息基础结构,以完成使命与任何要求。解决以上难点,大多需要从基础性研究着手,我国应积极安排有关科研院所、学校开展有关的研究与论证,包括民用与军用各方面的应用研究。同时也应充分利用我国改革开放环境,与外商和国外研究机构接触,探讨技术合作与引进的可能性。

五、小 结

平流层平台概念的新生是信息革命继续深入的结果,一方面信息基础设施的发展要求扩大无线宽带容量,以满足容纳2003年可能的3亿因特网用户及其高速万维网的冲浪要求,另一方面又要填平发达国家与发展中国家的信息鸿沟,提供性能价格比可承受的服务。平流层平台技术构想一经提出,就受到各方面的热烈欢迎。信息技术、材料技术、能源技术、推进技术、控制技术等的进步与汇聚为平台的实现打下了基础。尽管当前还存在这个问题,但可以相信,这些问题都将得到克服,一颗可与卫星和光纤相比拟的高技术新星将在地平线上升起。
(责任编辑 蔡德诚)

(上接第7页)

将广泛应用于生理学及电化学方面的研究。

4. 微量稀土元素在植物生理作用中的电化学分析研究方面 开展了模拟生物膜双层类脂膜和酶催化反应研究,用叶绿素水溶液电化学分析法,从稀土-β二酮一半花青嵌入膜中得到了目前最大的光电效应及最大的光电流;用计时法测出了谷氨酸脱氢酶的活性和动力学参数,说明当稀土浓度小于10⁻⁶mol/l时有促活作用;用微分脉冲、循环伏安法测得稀土对乳酸脱氢酶有抑制作用。

5. 几类传感器的基础及应用研究方法 研制成功限域晶体电传感器、单晶压电传感器和超高频液声传感

器,将电压晶体用于血液流变学研究。进行了压电微生物传感器和生物免疫压电传感器的研究,建立了多种医学微生物和工业微生物压电传感技术新方法。在光导纤维传感器和光导纤维生物传感器的研究中,建立和发展了若干光纤化学和生物传感器新的分子识别体系,合成了一种新的癌细胞标记物,是细胞免疫分析的一大突破。

4年来,该项研究共发表论文516篇,其中在国际学术期刊上发表251篇;出版专著2本;获得部委(省)级一等奖2项,二等奖1项,三等奖2项;培养博士后12人,博士49人,硕士77人。(国家自然科学基金委供稿)