

激光深空通讯的可能性在增长

B. Miller

在深空通讯中用激光完成高信息率的可能性看来在增长，它与微波技术不一样，后者已接近它们的性能极限。

一九六六年二月二日在洛杉矶国际旅馆开幕的宇宙空间和电子系统的冬季会议将讨论和估计未来十年中影响在星际距离上与空间飞船通讯的各种考虑。

预计将来的深空任务，即使对近距离行星，也要求数量级为每秒百万比特的信息率，以便传送飞船收集到的逐渐增多的科学和工程信息量。这与最近传送回火星电视图象的水手4号飞船通讯系统仅有的8比特/秒的信息率比较起来，相差五个数量级。

信 息 率

许多通讯工作者认为，光学和激光通讯系统，由于具有与信息率直接有关的固有的较高带宽，可能证明是获得这些高信息率的较好的方法。

根据斯托克斯(L. S. Stokes)和他的合作者布林克曼(K. L. Brinkman)的一篇有关微波和激光的系统比较报告，在现阶段它们各自的发展，以微波和激光通讯技术来对待深空通讯指定的要求，是可以粗略地相比较的。

他们研究的结果部分地摘录为激光和微波的比较，示于图1。

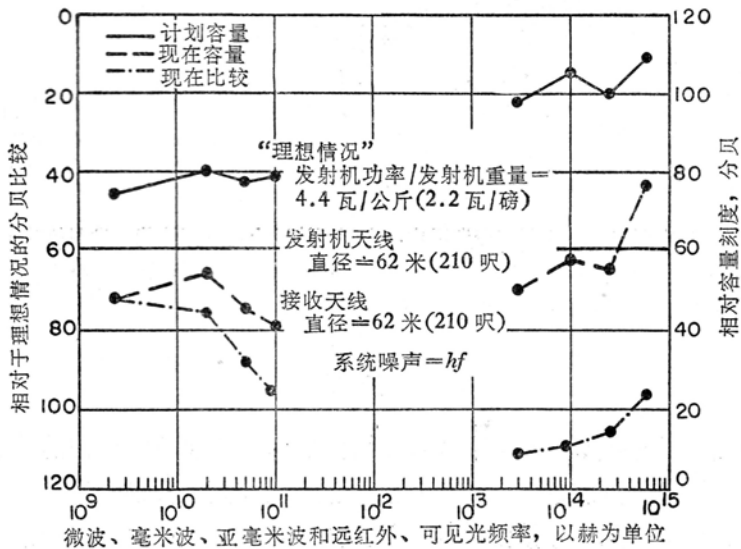


图1 休斯飞机公司制造的微波和光(激光)深空通讯系统的比较图表指出，两者目前的容量可以粗略相比(右面纵座标)。与理想系统的比较(左面纵座标)表明，微波系统正接近它们的全部可能性。和技术水平的改进联系起来，计划容量(右面纵座标)提出深空通讯的光学系统的最终的优势。

性能极限

目前工艺和“理想”系统相比较的曲线表明，微波通讯技术比激光更接近它们的性能极限。斯托克斯认为，经进一步研究和发展之后，激光可能提供比微波通讯多100倍的容量。两种方法的计划都是以飞船上的发射机功率密度(以单位重量的功率表示)、接收机噪声密度以及发射机和接收机天线增益的预期改进为依据的。

然而，在比较里没有表示出为了克服由于大气吸收、光能的起伏、狭窄的激光束准确瞄准的困难所引起的可能限制所需要付出的经济代价。

一个绕地球轨道运行的人造卫星可以接收来自深空探测体的调制光的传输，然后变换为微波频率，接力传送到地面接收端。这是克服地面大气对激光有害的影响的一种方法。

如果这类地球卫星在地极轨道上，一次可以保持看到空间探测体几个月。如果要有完全的空间对地面的光讯道，就需要几个分散的地面接收站，以保证一条直视的无云的光路。

斯托克斯建议，在微波-毫米波频谱范围内，研究和发展的最聪明的投资是改进飞船的发射天线，可能是发展大型不折迭的或展开的天线。根据作者估计，在光频范围的投资随使用的波长而有更多的改变，但是，在任何有意识的研究和发展中，激光发射天线的改进仍应该占一重要的部分(图2)。

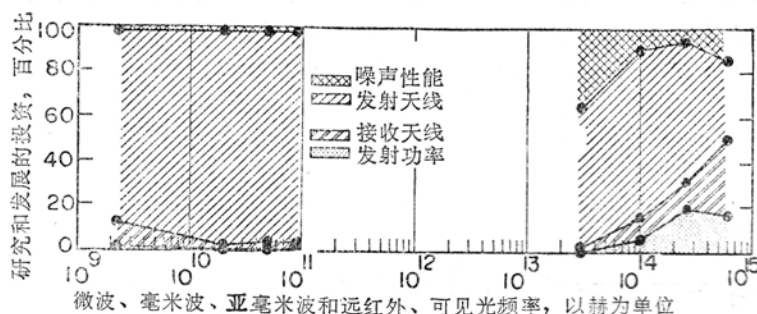


图2 在深空通讯的研究和发展中，在不同波段上，噪声性能、发射机功率以及发射和接收天线的投资分配情况。休斯的制表者建议，在此领域内的大量微波研究和发展，应该是改进飞船的发射天线。

需要的改进

美国无线电公司的佩顿(W. T. Patton)和格伦(A. B. Glenn)在他们的关于微波深空通讯系统的部件问题报告中，列表说明了微波深空通讯系统需要提高的方面(表1)。他们以他们定义的性能指标，比较了几个早期的和计划的空间任务中，飞船对地面通讯的性能。指标以分贝表示，它等于飞船发射功率、飞船天线增益和接收孔径的面积之和减去接收噪声温度。将来的任务中的性能指标数值，粗略地相当于对火星通讯任务中每秒百万比特的信息率。

根据作者意见，微波领域中需要改进的包括这些方面：

表 1 微波空对地通讯系统的性能指标典型数据

计 划	指 标 [*] M分贝	Pt		Gt 分 贝	Ar		Te		f 兆 赫
		瓦	分贝		米 ²	分贝	K	分贝	
1959 先锋 4 号	-10.2	0.27	-5.7	2.5	290	24.6	1,450	31.6	960
1962 水手 2 号	+24.4	3	+4.8	19	290	24.6	250	24	960
1965 水手 4 号	41.2	10	10	24	290	24.6	55	17.4	2,290
1973 航 海 者	69.5	50	17	34	1,770	32.5	25	14	2,290
将 来	90	10	10	45	63,000	48	20	13	
将 来	90	100	20	40	20,000	43	20	13	

三个以前的和三个将来的深空任务中的微波通讯性能指标指出了要满足更大信息容量的要求须改进的方面。以分贝表示的指标是飞船发射机功率、发射天线增益与接收孔径的面积的和与系统噪声性能之差。

* 原文中此列数据有错误，现已改正——译者注。

发射功率——提高射频**功率的质量而不是数量，特别着重在发射频率稳定性和相位相干性，尤其是对于外围行星的低信息的任务，电子管的高效率都是必要的。空间使用性能所规定的行波管在 S 波段可以产生 100 瓦，效率为 50%，美国无线电公司正在研制，一九七〇年应该可以用上。据佩顿说，超过这个效率的在实验室内已实现。

低噪声接收机——好的微波激励器的工作物质、加工技术、轻便的和效率更高的自循环致冷器、效率更高的激励源和系统中使元件隔热的更好的技术，都是重要的。如果使用多孔径接收天线阵，每个接收站就需要更多的低噪声接收机。

发射天线增益——极轻的天线、更有效地利用较大的天线表面公差、用射频传感和天线射束瞄准技术来掌握一度或小于一度的束宽、以及用单讯道射频误差传感技术来消除附加的传感接收讯道，都应该是研究和发展的目标。积分发射天线、射频和最好的功率源以及冷却结构，将会减轻重量，有助于改善稳定性。

地面天线——在飞船对地面的通讯中，很多改进可在地面完成，在地面上重量和功率的限制都是不苛刻的。大型天线元的相位列阵通过锁相环路将收集的能量迭加起来，可以提供增加有效接收孔径的令人注意的方法。作者说，将来研究的目标，应该是地面噪声约为 4°K 的大型延时准直多孔径天线。对于这些技术，必须使旁瓣保证比主波束低 40 分贝。

电光系统公司的克拉克(G. L. Clark)、欧韦(D. D. Erway)、弗莱彻(P. Fletcher)以及怀特(G. R. White)将讨论在完成系统方面需要进一步发展的某些问题，他们将其看做是极远距离通讯的唯一实际方法。

他们考虑与传播、调制和控制有关的技术和元件将落后于发展，因为在瞄准激光束和获得最佳束宽上，这些都是重要的。

用电光调制器，在信息循码过程中波束受到相干。同样，在穿透地面大气时失去相干。他

** 指微波——译注。

们建议在一个合适的天线阵中采用低频光补偿器，作为避开大气起伏的一个方法。

这个方法包括大量平行讯道，每一讯道接上一个收集透镜，同时还包含一个电光移相器。假定来自飞船的光波是平面波，移相器将补偿接收讯号被大气抖动引入的相位变化，讯号就能相干地相加起来。这个技术可能很有效地帮助改进信息率和空间对地面光通讯系统的特性。

国家航空与宇宙航行局兰利(Langley)研究中心的西姆斯(T. E. Sims)将讨论正在研究中的各种技术，以便解决由于等离子体包围再入地面的空间飞船而导致的通讯中断问题。

据西姆斯说，一种方法是选用远高于等离子体谐振频率的通讯频率，象水星-双子座计划使用的一样。另一种方法是用空气动力成形来减小讯号衰减，或向流场喷射物质来减低谐振的等离子体频率，使其达到一个合理的可以用的频率。根据西姆斯的意见，虽然烧蚀产物对于激光束的影响以及大气的影响还不知道，但是激光的可能应用正在考虑中。空军正在进行着某些工作，他们应用低温*磁铁产生具有小功率源的强磁场。

载原 AW & ST, 1966, 84, №5, 71~77 (范果健译)

激光地形回避传感器的研究

航空电子公司正开始发展第二代空携激光雷达的概念，特别着重将其作为回避地形或障碍物的传感器。

初步注意力似乎集中在将激光作为一种传感器，以补充现有的地形回避和地形跟踪微波雷达，去判别电线、杆、高塔或其他对飞机的低空飞行有危险的障碍物。激光极窄的光束，证明它能够分辨出那些在微波雷达的混淆背景中发现不了的障碍物。

另外，在天气相当晴朗时，传感器适用于没有装置前向搜索雷达、但要求执行低高度任务的普通轻型观察机和直升飞机。

探索工作

到目前为止，这方面的多数工作属于探索和开始阶段，它远不如所谓的第一代激光空携雷达或测距仪在目前所处的略为先进的状况(即将装到军用飞机上)。

目前空军正在估计工业方面建议的一个项目的价值，其目的是在地形跟踪与地形回避雷达中，使微波与激光技术结合起来。按照这种概念，激光束可以在方位角及俯仰角两个方面扫描；返回的光束呈现为地形的图样，并配合与之相比较的微波雷达的显示。昂勒威耳公司在单独为轻型观察机研制激光障碍物检测器，这项工作是根据陆军电子学司令部的合同进行的。

从事激光障碍回避研究的组织机构包括康乃耳航空试验室、通用电气公司、休斯飞机公司、李尔·西格勒公司、联合飞机公司诺登分部以及雷瑟恩公司。

* 指超导——译注。