

Ka 波段数字通信技术¹

樊 勇 张永鸿 吴正德 唐小宏

(电子科技大学电子工程学院 成都 610054)

摘 要 该文简要阐述了用于无线接入的 Ka 波段数字通信系统的设计要点, 具体介绍了 Ka 波段 4×2048kb/s 数字通信系统的方案、关键技术及性能, 该系统通信距离大于 30km。

关键词 毫米波, 数字通信, 移频键控

中图分类号 TN911

1 引言

现代通信的发展已进入一个新的阶段, 它以个人移动通信、多媒体通信、无线局域网作为标志。计算机、通信和广播的结合, 对无线通信系统提出了更广泛的需求: 一方面, 要求通信系统通过无线网络连接, 并具有更大的容量和更高的数据率, 以提供数据、图像和语音等多媒体信息的传输; 另一方面, 由于电磁波谱的分配在毫米波频段以下已经被占满, 新的通信业务必须向毫米波频段发展。毫米波频段由于其具有更大的可用带宽、特殊的传播特性、更紧凑的元件、窄波束、高增益天线, 越来越受到通信业的重视, 毫米波通信技术发展迅速^[1-3]。

本文介绍的 Ka 波段 4 × 2048kb/s 数字通信系统输入 / 输出接口符合 CCITT G.703 建议, 能够非常方便、灵活地与 PCM 数字终端机、程控交换机、光端机及 34Mb/s 跳群数字光纤网连接和联网, 并完成了相应的联网实验; 同时, 还完成了移动通信基站间的数字信息传输与交换实验。该系统在 26km 的通信距离上, 比特误码率为 10⁻⁶ 时, 系统电平余量为 18.5dB。

2 系统方案与系统设计

按照最大似然准则设计通信系统时, BPSK 是最佳的信号形式, 但基于目前国内现有技术和器件条件, 对毫米波通信而言, 2FSK 为最有效的调制方式, 本系统采用的调制方式实为 CPFSK。调制指数的选择, 应充分考虑到毫米波的特点, 尽管调制指数 $h=0.5$ 时, 信号能量集中, 所需带宽也最小, 但为了避免毫米波源频率漂移带来的码间干扰, 应适当选择较大的调制指数, 即: $h \approx 1$ 。对 CPFSK 信号的解调有相干解调和非相干解调两种方式, 虽然前者比后者有明显的优越性, 但基于复杂程度和便于系统实现考虑, 选用了非相干锁相解调方式。

二元 FSK 非相干解调的误码率^[4]:

$$P_e = (1/2) \exp[-E_b/(2N_0)]$$

其中 E_b/N_0 为解调器输入信噪比, 当要求系统误码率为 $P_e = 10^{-6}$ 时, $E_b/N_0 = 14.19\text{dB}$ 。

考虑到电路不完善带来信噪比恶化和干扰储备, 解调器输入门限信噪比取为 $E_b/N_0 = 18\text{dB}$ 。

而系统通信电平余量:

$$F = G^2 P_T / [(E_b/N_0) N_F K T_0 f_b L_c^2 L_s]$$

其中 G 为系统收发天线增益; P_T 为发射功率; N_F 为接收机噪声系数; K 为波尔兹曼常数; T_0 为室温绝对温度; f_b 为基带信号最高频率; L_c 为连接损耗; L_s 为自由空间传播损耗。

本系统 $P_T=100\text{mW}$, $G=37\text{dB}$, $N_F=8.0\text{dB}$, $L_c=0.5\text{dB}$, $f(\text{载波频率})=38\text{GHz}$, $f_b=8.448\text{MHz}$, $d(\text{通信距离})=30\text{km}$ 。

¹ 2000-12-27 收到, 2001-07-18 定稿

代入上式,并用分贝表示,其计算结果为: $F=18.19\text{dB}$ 。这个值能够保证本系统在 30km 距离上的成功通信。

3 系统组成与系统关键技术

本系统由射频前端和信号处理机组成,射频前端和信号处理机由 50m 电缆连接。其系统原理框图如图 1 所示。射频前端包括毫米波收发前端、发射源 FM 驱动器、前中、中频解调等。信号处理机包括输入/输出接口电路、复/分接电路、加扰/解扰电路、位同步提取与取样判决电路、勤务话副载波调制/解调等。

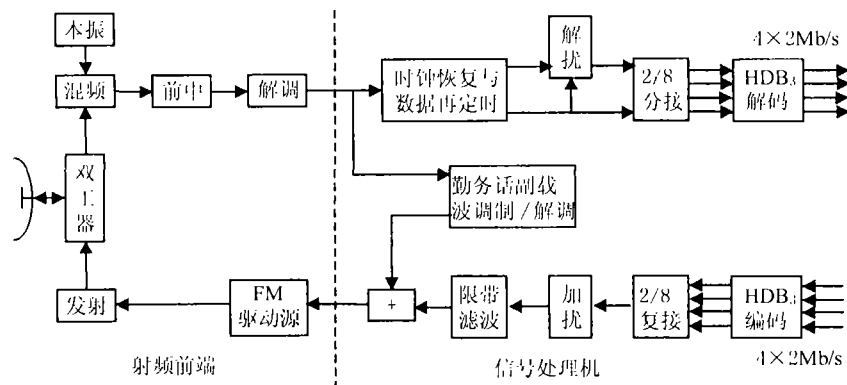


图 1 系统原理框图

在射频前端中,毫米波源的频率稳定性是系统成功通信的保证。本系统中的毫米波源均采用了先进的毫米波数字双环锁相技术,其频率容差为 $\pm 1\text{ppm}$,远远高于通信系统标准对频率容差的要求。对毫米波发射源而言,为了完成数字信息对发射源的调制,本系统采用了控制锁相环环路带宽的方法来实现对发射源的直接数字调制,其环路带宽由所传输的基带信号最低频率决定^[5,6],发射源调频线性度优于 3%。收发双工器采用波导 E 面金属膜片滤波器结构,收发隔离达到 70dB。毫米波直接接收混频器则采用毫米波微带集成电路技术研制,变频损耗 5.5dB,中频频率 1.5GHz。中频解调器采用卫星接收解调器,捕捉带宽可达 40MHz,跟踪带宽大于 75MHz,解调门限 6.5dB,带宽为 27MHz。

由于 2Mb/s 接口是 CCITT G.703 规定的国际通用接口,为使本系统与其他数字终端实现灵活组网,信号处理机的输入/输出均采用 HDB₃ 码,并由码型转换电路将其转换成系统内部码——NRZ 码。为便于位同步提取,系统采用了扰码技术。为保证位同步有足够的同步范围,系统还采用了数字式时钟恢复及数据再定时电路。从便于使用人员通信联络考虑,系统备有勤务电话,并采用副载波调频方式传送,其副载波频率为 10.7MHz。

4 系统实验

该系统采用异频双工工作方式,工作频率为 38.5/37GHz,天线尺寸 $\Phi 300\text{mm}$,接收灵敏度优于 -75dBm ,发射功率大于 100mW。在 26km 外场通信距离上,采用 JH522x 误码仪测试,在误码率为 1×10^{-6} 时,系统电平余量分别达到 18dB 和 18.5dB,实验测试结果与理论分析较吻合,再次验证了系统方案和系统设计的有效性。系统实物照片如图 2 所示。

5 结束语

Ka 波段数字通信系统的成功研制,与各种类型的数字终端机联网及数据交换实验的成功,表明我国毫米波小容量数字通信关键技术已全面突破,为毫米波大容量数字通信系统的研制奠定了良好基础。

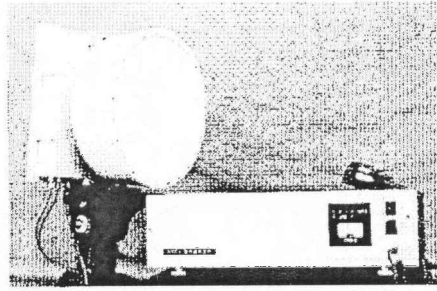


图 2 系统实物照片

本系统经改进或辅以外部配套电路, 还可用于经图像压缩处理后的数字图像、计算机数据传输。毫米波通信技术的进一步研究开发, 有着广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] H. Meinel, *et al.*, A 40GHz railway communication system, IEEE J. on Selected Areas on Com., 1983, 1(4), 615-622.
- [2] Ri. D. Carver, Millimeter-wave radio for broadband local access, ICC'91, Denver, Colorado, 1991, 1187-1190.
- [3] H. H. Meinel, Recent advances on millimeter-wave PCN system development in Europe, IEEE MTT-s Dig., 1995, 2, 401-404.
- [4] 吴诗其, 通信系统, 成都, 电子科技大学出版社, 1996 年, 第三章.
- [5] R. G. Davis, M. J. Lazarus, Phase locking of mm-wave two-port Gunn oscillator by bias tuning, Microwave Journal, 1986, 29(6), 103-107.
- [6] 张永鸿, 樊勇, 吴正德, 唐小宏, Ka 波段直接数字调频锁相源, 通信学报, 2000, 21(11), 91-94.

DIGITAL COMMUNICATION TECHNIQUE AT Ka-BAND

Fan Yong Zhang Yonghong Wu Zhengde Tang Xiaohong

(Univ. of Electron. Sci. and Tech. of China, Chengdu 610054, China)

Abstract The design keys of digital communication system are introduced briefly, which has been used for radio link at Ka-band. The system scheme, key technique and behaviour are recommended in detail. The communication distance exceeds 30km. The bit rate is $4 \times 2048 \text{kb/s}$.

Key words mm-Wave, Digital communication, FSK

- 樊 勇: 男, 1963 年生, 副教授, 硕士, 现从事电磁场理论与微波毫米波技术领域的教学和科研工作, 主要研究方向为毫米波通信和毫米波雷达。相关成果四次获得部省级科技进步奖励, 公开发表学术论文 30 余篇。
- 张永鸿: 男, 1970 年生, 讲师, 在职博士生, 主要从事电磁场理论与微波毫米波技术领域的科研与教学工作, 主要研究方向为毫米波雷达、通信, 公开发表学术论文 20 余篇。
- 吴正德: 男, 1945 年生, 教授, 博士生导师, 1981 年和 1984 年获硕士和博士学位。1991 年被授予“做出突出贡献的中国博士学位获得者”称号, 多年来致力于电磁场理论与微波毫米波技术领域的科研与教学工作, 相关成果十次获得部省级及国家级科技进步奖励, 公开发表学术论文 50 余篇。
- 唐小宏: 男, 1962 年生, 教授, 博士, 现从事电磁场理论与微波毫米波技术领域的研究工作, 主要研究方向为毫米波雷达、通信。相关成果八次获得部省级及国家级科技进步奖励, 公开发表学术论文 40 余篇。