

· 学术论文与技术报告 ·

适于电视广播的毫米波通信*

樊勇** 唐小宏 吴正德 殷世昌

(电子科技大学应用物理所 成都 610054)

【摘要】讨论了一种适于新闻报道、实况转播应用的新型毫米波图像传输技术。依据图像质量与图像信噪比之间的关系,对图像传输性能进行了理论计算,并采用低成本新技术完成了实验研究,同时对系统方案、系统中的关键技术等进行了分析,给出了毫米波振荡器、混频器、双工器和天线等毫米波元部件的电气技术指标。该系统成本低,使用方便、灵活,当图像传输质量为4.5级时,系统通信距离大于1 km。

关键词 毫米波; 毫米波通信; 彩色电视; 实况转播

中图分类号 TN015; TN925

毫米波通信是一种以毫米波作为信息传输的载体而进行的无线视距通信,是一种新型的通信手段。由于毫米波通信设备体积小、重量轻、使用方便、灵活,同时还具有保密、抗干扰、信息传输容量大、能够穿透烟雾和尘埃等特点,可实现全天候通信。在国外,毫米波通信已广泛用于军用和民用领域,如铁路、金融、新闻、交通以及政府等特殊部门通信,完成数据通信、场景监视、实况转播等^[1-5]。

本文针对新闻采访、实况转播为应用背景,对新闻采访现场摄像机至新闻采访车之间的Ka波段彩色电视图像传输技术进行了实验研究。它是一个三发一收图像传输系统,接收机可实现对三路图像(每个摄像机配备一个发射机)的同时处理,并在采访车内完成编辑、剪辑等工作,最终实现实况转播。发射和接收机体积均仅为300 mm×140 mm×150 mm,一节摄像机专用电池可保证系统连续工作3 h。

1 系统方案与系统设计

考虑适用和易于实现,Ka波段小型化图像传输系统采用模拟调频(FM)体制工作,其原理框图如图1所示。

根据图像质量等级 Q 与图像信噪比 S/N (不加权)之间的关系^[6]

$$S/N = 23 - Q + 1.1Q^2 \quad (1)$$

当 $Q=5$ 时, $S/N=45.5$ dB。其相应的接收机载噪比为

$$\frac{C}{N} = \frac{S}{N} - I - W \quad (2)$$

式中 I 为调频改善系数; W 为加重/去加重改善系数,取为2.5 dB。

对调频制系统,调频改善系数为

$$I = 1.5 \Delta f^2 B / f_m^3 \quad (3)$$

式中 B 为接收机带宽; Δf 为最大调制频偏; f_m 为图像信号最高频率。

2001年3月19日收稿

* 信息产业部预研基金资助项目

** 男 37岁 硕士 副教授

假设 $\Delta f=f_m=6$ MHz, $B=27$ MHz, 代入式(3), 计算可得 $I=8.29$ dB, 则 $C/N=34.71$ dB。此时, 系统接收电平衰落储备量为

$$F_d = \frac{G_T^2 P_T}{(C/N) N_F K T_o B L_c^2 L_s} \quad (4)$$

式中 G_T 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_o 为室温绝对温度; L_c 为连接损耗; L_s 为自由空间传播损耗, 而自由空间传播损耗为

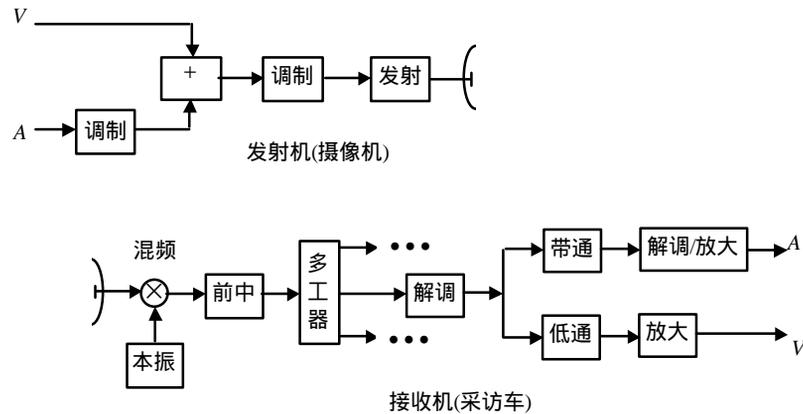


图1 系统工作原理框图

$$L_s = 92.44 + 20 \lg f + 20 \lg d \quad (5)$$

式中 f 为载波频率; d 为传播距离。

本系统采用的毫米波部件和系统参数为: $G_T=29$ dB, $P_T=100$ mW, $N_F=7.5$ dB, $L_c=0.3$ dB, $f=38$ GHz, $d=1$ km。

将上述参数代入式(4)、(5), 计算可得 $F_d=10.89$ dB。

在1 km的通信距离上, 其衰落储备量足够承受天气条件的变化, 同时, 也使现场工作人员操作使用更为方便、灵活。

2 系统组成及关键技术

系统由三个发射机和一个接收机组成一套完备系统, 由图1可见, 在发射机中, 摄像机摄制的话音信号经伴音副载波调制后与视频信号混加, 直接进入调制驱动器对毫米波发射源进行频率调制, 经调制后的毫米波调频信号由发射天线发射。在接收机中, 接收天线收到已调信号后, 毫米波混频器直接将毫米波频率下变频至中频, 经低噪声放大后, 由中频多工器分离三路接收信号。每一路信号经中频解调器解调后, 由分路滤波电路完成视频信号与伴音副载波的分离, 视频信号放大后直接进入终端设备, 而话音信号经解调后放大输出。

与微波相比, 由于毫米波频率高出一个量级, 在振荡器具有相同频率稳定度的情况下, 毫米波源的绝对频率漂移更大, 因此, 高频率稳定度的毫米波发射、本振源是系统稳定、可靠工作的前提。系统中, 发射源和本振源均采用双金属温度补偿高 Q 腔稳频技术^[7], 振荡器的频率温度稳定系数优于0.3 MHz/°, 振荡器结构如图2所示。对毫米波发射源的调制(FM)则利用荡振器工作电压推频特性实现直接调制, 因此, 必须控制发射源的推频系数和推频线性度, 发射源的推频系数被控制在20 MHz/V左右, 推频线性度优于3%。Ka波段接收混频器应用毫米波微带集成电路技术研制^[8], 采用微带混合环结构, 利用两只MA40416梁式引线混频二极管实现平衡混频。变频损耗为5 dB, 其微带电路基片如图3所示。中频解调器采用卫星接收解调器, 其捕捉带宽为40 MHz, 跟踪

带宽可达70 MHz，解调门限6.5 dB，中频带宽27 MHz，视频带宽10 MHz。另外，在对视频信号的处理过程中，为克服调频制三角噪声的影响，提高图像传输质量，本系统还采用了加重/去加重技术来提高图像信噪比。

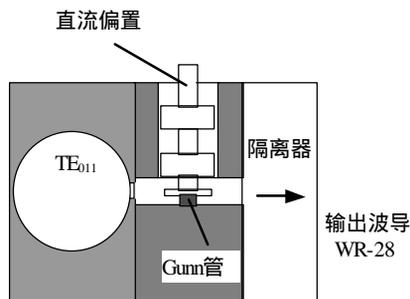


图2 Ka波段高Q腔振荡器结构示意图

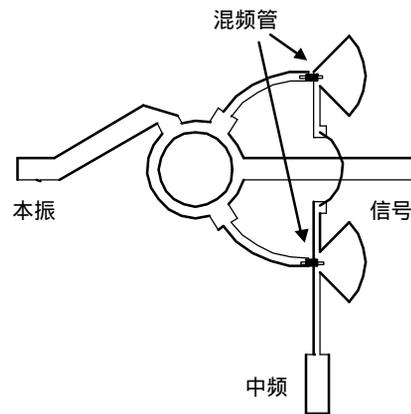


图3 Ka波段微带集成混频器电路基板

3 实验研究与性能测试

系统单机实物照片如图4所示。工作频率为38 GHz，收/发天线为 $f120$ mm卡塞格伦天线，发射功率大于100 mW，视频和伴音输入/输出为标准接口。在1 km传输距离上，图像传输质量主观评价为5级，话音清晰。为进一步评估系统图像传输质量，采用TSG-271视频信号发生器和VM-700A自动分析仪对系统性能进行了全面测试。在测试信号为100 kHz~5 MHz时，测试结果为： $S/N(\text{加权})=51.1$ dB， $\Delta t=70.1$ ns， $D_G=12.1\%$ ， $D_P=2.1^\circ$ ， $\Delta K=1.9\%$ 。

根据国家“彩色电视图像传输标准”，图像质量等级

$$Y = 1.982 + 0.535 \times 10^{-1} x_1 - 0.254 \times 10^{-4} x_2 - 0.6 \times 10^{-2} x_3 - 0.346 \times 10^{-2} x_4 - 0.326 \times 10^{-1} x_5 \quad (6)$$

式中 x_1 为 $S/N(\text{dB})$ ，统一加权值； x_2 为 $\Delta t(\text{ns})$ ； x_3 为 $D_G(\%)$ ； x_4 为 $D_P(^\circ)$ ； x_5 为 $\Delta K(\%)$ 。

将测试结果代入式(6)，计算得到系统图像传输质量达到4.57级。

该系统还可根据用户使用需要，非常方便地更换系统收发天线。如果仅将发射机的天线更换为一个方位 360° 、俯仰 30° 的全向天线(其增益为3 dB，如图5所示)，而接收机天线不变($f120$ mm口径)。在相同图像传输质量等级情况下，系统传输距离大于200 m，此时，该系统更便于现场新闻采访应用。



图4 系统单机实物照片

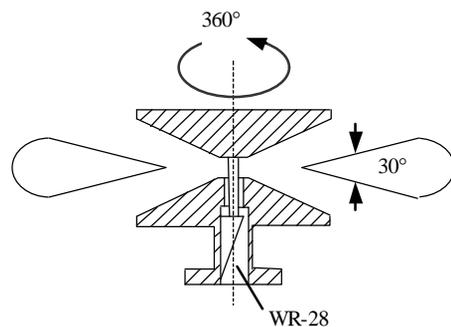


图5 Ka波段全向天线结构示意图

4 结束语

随着图像信号数字处理技术的迅速发展,将图像压缩编码技术与毫米波通信技术结合,利用本系统的单个毫米波信道即可完成多路彩电图像的传输,不仅极大地提高系统通信容量,而且图像质量仍可达到广播级要求。这项技术在近年内将得到迅速发展,可为广播电视网的建设提供一种崭新的手段。

参 考 文 献

- 1 Pilgrim Mike, Roger P Searle. Mm-wave direct-to-home multichannel TV delivery system. IEEE MTT-S Dig, 1989: 1 095~1 098
- 2 Ogawa K, Lshizoki T, Hashimoto K. A 50 GHz compact communication system for video link fabricated on MIC. IEEE MTT-S Dig, 1988: 1 023~1 026
- 3 Carver Richard D. Millimeter-wave radio for broadband local access. ICC, 91: 1 187~1 190
- 4 Zhang Yonghong, Wu Zhengde, Tang Xiaohong, *et al.* Phase-locked W-band oscillator. Journal of Electronic Science and Technology of China, 1999, 28(4): 353~356[张永鸿, 吴正德, 唐小宏,等. W波段小型化锁相源. 电子科技大学学报, 1999, 28(4):353~356]
- 5 Fan Yong, Wu Zhengde, Tang Xiaohong, *et al.* Investigation of analogue communication at W-band. Journal of Electronic Science and Technology of China, 2001, 30(4): 371~374[樊 勇, 吴正德, 唐小宏,等. W波段模拟通信研究. 电子科技大学学报, 2001, 30(4):371~374]
- 6 吴诗其. 通信系统. 成都: 电子科技大学出版社, 1996
- 7 唐小宏, 吴正德, 张永鸿, 等. 基波锁相3mm谐波振荡器研究. 第二届全国毫米波亚毫米波学术会议, 乌鲁木齐, 1996: 92~95
- 8 何 於. Ka波段微带集成平衡混频器的研究: [学位论文]. 成都: 电子科技大学, 1998

Mm-wave Communication Suited for TV Broadcast

Fan Yong Tang Xiaohong Wu Zhende Yin Shichang

(Inst. of Applial Physic, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract A Ka-band color-TV delivery technique is introduced, which is suited for news reports or live program. Based on the equation of image quality and its signal-to-noise ratio, the fading margin of system is calculated theoretically. System scheme and key technology are recommended. Using state-of-the-art technologies, the demonstrator with low cost is developed, and its behavior is evaluated. Millimeter-wave components applied to this system are described, including oscillator, mixer, antenna and duplexer et al. This demonstrator is low cost, easy to install and convenient to use. The system communication distance exceeds 1 km with image quality of 4.5-class.

Key words mm-wave; mm-wave; communication; color-TV; live program