

基于多载波调制的高速水声数据传输系统

李 斌 顾中国 周三文

(西北工业大学航海工程学院 23#信箱, 西安, 710072)

R S Bradbeer L F Yeung

(Department of Electronic Engineering, City University of Hong Kong, Hong Kong)

High speed underwater acoustic data transmission system based on multicarrier modulation

LI Bin GU Zhongguo Zhou Sanwen

(P.O. Box 23, College of Marine Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072)

1 引言

海洋声信道是一种非常复杂的信道,高噪声、强混响、信道带宽窄、多径效应的干扰严重,又是时、空、频变的信道,在这样的信道中进行高速率数据传输是十分困难的。其中,克服多径效应造成接收点信号严重起伏以及信号的时域扩展造成严重的码间干扰是最为关键的难题。多载波调制技术已广泛应用于电缆信道,在水声信道中使用还是一个尝试。

2 多载波调制高速水声数据传输系统原理

大约 40 年前在 Collins Kineplex 的系统中采用了将数据分割成若干个间隔的比特流,然后再用这些比特流去调制若干个载波的方法来传输数据的方法,该方法自此以后一直被人们所关注^[2]。人们称此方法为多载波调制(Multicarrier Modulation, MCM)技术。

高速水声数据传输系统采用多载波调制技术为其关键技术。其系统框图如图 1 所示。

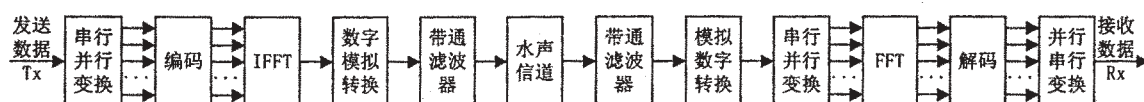


图 1 多载波调制高速水声数据传输系统系统框图

多载波高速水声通信系统以多载波调制技术为其关键技术,用数字信号处理器 TMS320C542 为其核心芯片,实现了单向的水声信道高速数据传输。其系统结构示意图如图 2 所示。该系统能够以 10 kbps 的速率在远到 1km 的距离上进行数据通信,所使用的载频范围为 43 kHz~53 kHz,载波数为 48 个。

多载波高速水声通信系统信号传输的帧格式如图 3 所示。每一帧由一个 5.12 ms 的从 43 kHz 到 53 kHz 的线性调频(LFM)信号开头,紧跟其后的是一个 5.12 ms 的零电平信号(GAP),接收机端利用这段时间完成同步。然后是八组自适应门限数据包(Adaptive Threshold Packets, ATP),接收机端利用这八组门限数据包解算出一个合适的判决门限。紧接着一串长达八百组的信息数据包(Information Data Packets, IDP)。每个数据包占用 5.12 ms 的时间,由可使用

频段内的 48 个载波频率分别代表 48 个并行传输的比特位。最后又是一个 5.12 ms 的零电平信号(GAP), 用这个 GAP 信号来消除多径延迟对同步头信号的影响。这样数据的每一帧将占用 4.15 s ($811 \times 5.12\text{ms}$) 的时间长度。

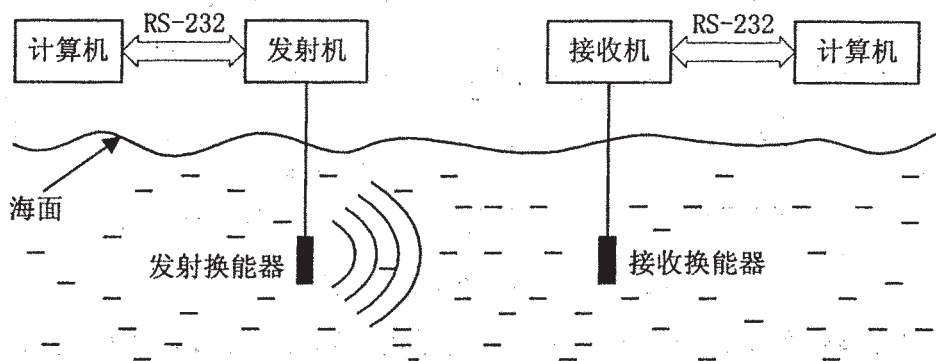


图 2 多载波高速水声通信系统结构示意图

多载波高速水声通信系统信号传输的帧格式如图 3 所示。每一帧由一个 5.12 ms 的从 43 kHz 到 53 kHz 的线性调频(LFM)信号开头, 紧跟其后的是一个 5.12 ms 的零电平信号(GAP), 接收机端利用这段时间完成同步。然后是八组自适应门限数据包 (Adaptive Threshold Packets, ATP), 接收机端利用这八组门限数据包解算出一个合适的判决门限。接下来是一串长达八百组的信息数据包 (Information Data Packets, IDP)。每个数据包占用 5.12 ms 的时间, 由可使用频段内的 48 个载波频率分别代表 48 个并行传输的比特位。最后又是一个 5.12 ms 的零电平信号(GAP), 用这个 GAP 信号来消除多径延迟对同步头信号的影响。这样数据的每一帧将占用 4.15 s ($811 \times 5.12\text{ms}$) 的时间长度。

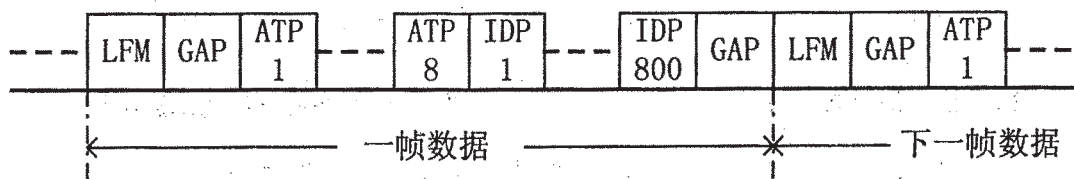


图 3 信号传输的帧格式

多径效应对传输信号的影响由于使用一个长达 5.12 ms 的码元时间而大为减小。

3 多载波高速水声通信系统试验

多载波高速水声通信系统在研制过程中及研制完成后在香港城市大学及香港近海进行了若干次的试验。

3.1 游泳池试验

游泳池试验布局示意图如图 4 所示。收发换能器入水均为 0.6 m。

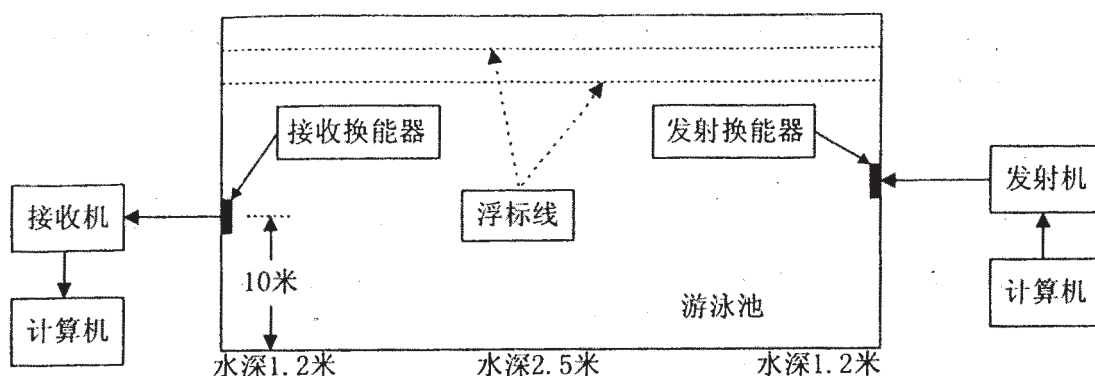


图4 游泳池试验布局示意图

图5给出了接收到的同步头信号，图6给出了匹配滤波器给出的滤波结果，由图6可以看出在这种试验条件下存在着非常强的多径干扰信号。图7为接收到的图像数据，其中第一幅图为原始数据，图像为 84×60 像素24比特的彩色图像。

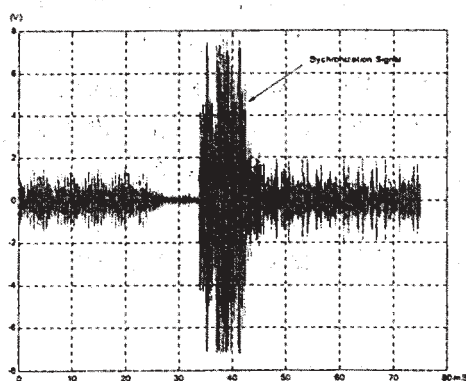


图5 接收到的同步头信号

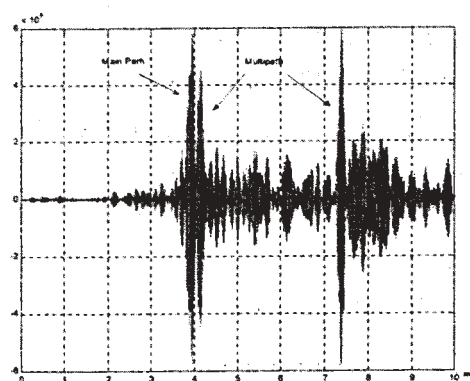


图6 匹配滤波器后的滤波结果

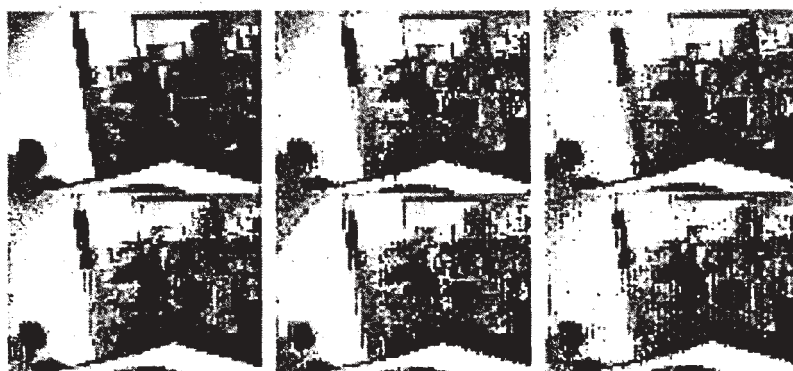


图7 游泳池试验接收到的图像数据，其中第一幅图像为原始图像

3.2 海上试验

海上试验是在一个叫做大尾督的海湾进行试验。试验海区的地理环境图如图8所示。测试当天的温度、湿度变化情况见图9。

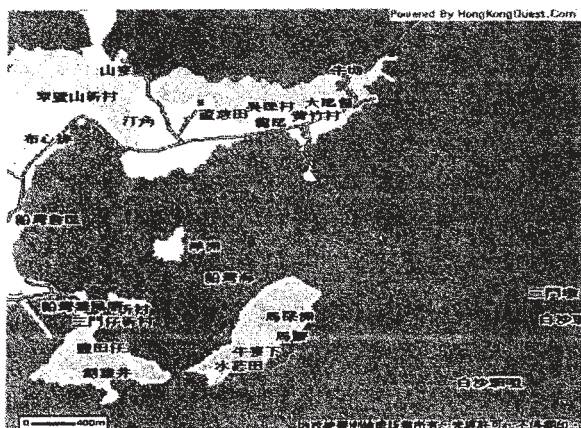


图8 试验海区的地理环境图

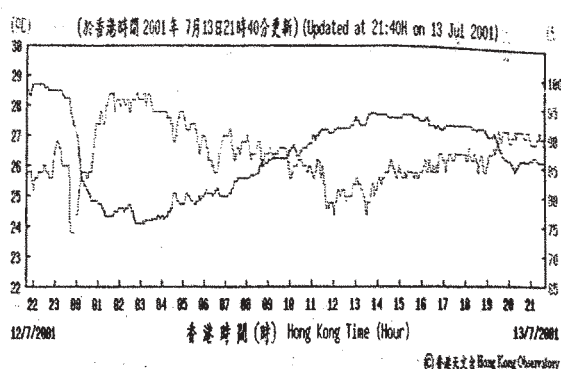


图9 第二次试验时的温度、湿度变化情况

试验时接收机在船坞上,发射机在小船上,接收机和发射机之间的距离约为 820 m (0.51 mile, 由 GPS 测得)。船坞处的水深为 5.6 m, 小船处的水深为 8 m, 发射换能器和接收换能器均布放在约 4 m 深处。由于水流的影响,小船摇摆得比较厉害,所以发射换能器不能稳固地布放,它随着小船在晃动。

试验结果:图 10 给出接收到的图像数据,其中第一幅图像为原始图像,经分析其误比特率小于 5%。

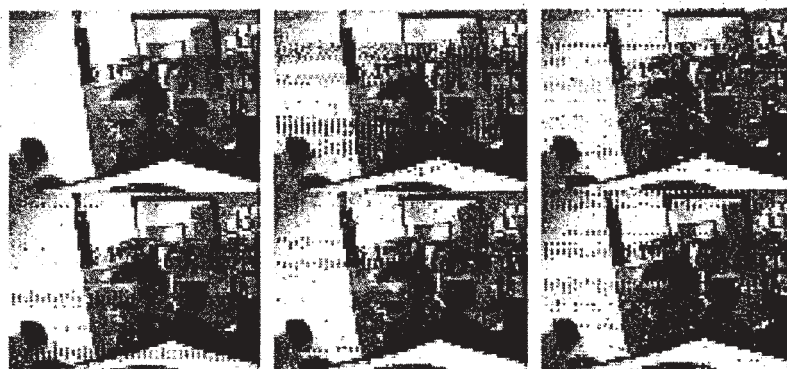


图10 海试接收到的图像数据,其中第一幅图像为原始图像

4 结论

通过试验可以看出,该系统在未采用信道均衡和空间分集的条件下,在浅海达到了误比特率小于 5%,说明多载波技术在高速水声通信系统中使用是可行的。

参考文献

略

作者简介:李斌,男,1964年1月生于陕西西安。现为西北工业大学副教授。
e-mail: libinxian@yahoo.com