

doi: 10.7690/bgzdh.2013.03.011

# 宽带无线通信系统

孔德强, 韩新文, 严立

(中国人民解放军 63893 部队, 河南 洛阳 471000)

**摘要:** 为了提高我军信息化战争的能力, 对军事宽带无线通信系统进行研究。在介绍宽带无线通信系统基本构成的基础上, 综合考虑外界因素确定了发射功率, 采用补码键控(complementary code keying, CCK)调制解调技术, 在高效率传输数据的同时有效地克服多径效应、频率选择性衰落和窄带干扰等带来的影响, 通信协议采用时分双工的时分多址方式, 帧结构采用 TDMA 组帧的设计。该系统可用于区域电子系统的超短波数据链, 实现战场综合信息的实时传输, 也可用于训练基地的综合业务数据无线接入和基地各阵地数据的无线传输。

**关键词:** 宽带无线通信; CCK; 帧结构; 功率

**中图分类号:** TJ03 **文献标志码:** A

## Broadband Wireless Communication System

Kong Deqiang, Han Xinwen, Yan Li

(No. 63893 Unit of PLA, Luoyang 471000, China)

**Abstract:** In order to improve the capacity of our military information warfare, study on military broadband wireless communication system. Based on the introduction of basic component of broadband wireless communication system and comprehensive consideration of external factors, determine the transmit power. Use complementary code keying modulation and demodulation techniques, effectively overcome the influence of the multi-path effect, frequency selective fading and narrowband interference. The communication protocols uses time division duplex time division multiple access, and the frame structure uses TDMA framing design. The system can be used in the ultra-short wave data link of the regional electronic systems to achieve real-time transmission of battlefield information, and also can be used for the training base for integrated services wireless data access and wireless transmission of position data of the base.

**Key words:** broadband wireless communications; CCK; frame structure; power

### 0 引言

宽带无线通信系统<sup>[1]</sup>可以提高我军的指挥控制能力, 提高传输的可靠性和保密性。该系统不仅能进行无线视频和数据的接入, 为部队提供战场动态监测和情报搜集, 提高部队打赢信息化战争的能力; 也可以用于对敏感目标和重要场所进行实时监控, 便于发现可疑目标, 从而充分确保重要设施的安全;

还可以对各单位野外训练和演习进行监控, 使指挥员能够实时地了解前方形势, 为部队演习效果的评估提供参考依据; 经改进后也可以用于民用场合, 如抗洪抢险、消防救灾, 突发事件的应急通信等。

### 1 宽带无线通信系统组成

一个完整的宽带无线通信系统基本构成框图如图 1 所示。

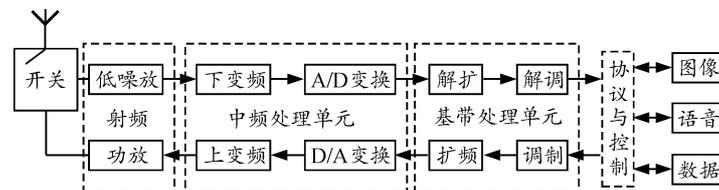


图 1 宽带无线通信系统基本构成框图

系统主要由基带处理单元, 中频处理单元, 射频单元, 协议与控制 4 大部分组成。1) 基带处理单元: 完成数据信道编码解码处理、CCK 调制解调、同步时钟提取, 系统同步控制与处理等。2) 中频处理单元: 通过上、下变频, 完成射频与中频的转换, 并完成数模及模数转换。3) 射频单元: 发送端将话

音、数据、图像信号调制在发射射频信号上, 经滤波、放大、功发送天线发射; 接收端接收射频信号, 经放大、滤波和变频后, 输出固定的中频信号到中频处理模块。4) 协议与控制单元: TDMA/TDD 协议控制、数据组帧与完整性检测处理, 提供图像, 语音, 数据等的接口, 以便进入处理单元。

收稿日期: 2012-09-25; 修回日期: 2012-10-20

作者简介: 孔德强(1982—), 男, 河南人, 硕士, 工程师, 从事通信与通信对抗试验和训练研究。

### 2 宽带无线通信系统性能指标

该系统的目标是实现一个点对多点的集音频、视频及数据传输于一体的综合宽带无线通信系统。主要技术指标如下：1) 发射功率 33 dBm；2) 传输距离大于 20 km，接收机灵敏度-90 dBm；3) TDD/TDMA 多址方式；4) 至少提供 4 路视频数据和话音信号，视频数据的传输采用单工方式，话音数据的传输采用时分双工方式；5) 信道速率 11 Mbit/s，信道带宽 22 MHz。

系统中，基站使用的是七单元八木天线，该天线增益为 10 dB，外站使用三单元八木天线，该天线增益为 5 dB；因此，系统的天线增益为 15 dB。对于空间传播损耗，可近似认为是自由空间的传播损耗，自由空间损耗的计算公式为

$$L = 32.45 + 20\log f + 20\log d \tag{1}$$

式中： $f$  为频率，MHz； $d$  为距离，km。代入相关参数，计算得出自由空间传播损耗为 122.55 dB，所以发射机到接收机的功率损耗为 107.55 dB。由于接收机灵敏度-90 dBm，所以发射功率必须大于 17.55 dBm，综合考虑大气损耗、多径衰落、地形等各因素，并考虑留有一定的余量，最终确定发射功率为 33 dBm。

### 3 CCK 调制解调技术及其 FPGA 实现

为了实现宽带数据无线传输，提高频谱利用率并保证具有较强的抗干扰性能，系统采用补码键控 (complementary code keying, CCK) 调制解调技术<sup>[2]</sup>。CCK 调制解调技术能够在高效率传输数据的同时有效地克服多径效应、频率选择性衰落和窄带干扰等带来的影响，因此高速 CCK 的调制解调技术的实现是宽带无线通信系统设计的重要部分。

WLAN IEEE 802.11b 标准提供了 2 种不同速率的 CCK 调制模式<sup>[3-4]</sup>，分别为 5.5 Mbit/s 模式和 11 Mbit/s 模式。对于 5.5 Mbit/s 模式，每一个 CCK 码字中包含了 4 比特信息，这种模式被称为低速率模式，而在 11 Mbit/s 模式下每一个码字包含了 8 比特信息，这种模式被称为高速率模式。因为低速率模式是高速率模式的一种简化，所以笔者主要研究高速率模式下的 CCK 调制解调。

#### 3.1 CCK 调制与解调原理

高速率 CCK 调制<sup>[5-6]</sup>的原理框图如图 2 所示。

串行数据流为  $\{d_i\}(i=0,1,2,\dots)$ ，对待传输的数据流进行 1:8 串并转换，得到 8 位一组的并行数据，记为  $(d_0, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7)$ ，对其进行相位编

码。其中  $d_0d_1$  进行 DQPSK 编码得到相位  $\varphi_0$ ， $d_2\sim d_7$  每 2 比特为一组进行 QPSK 编码分别得到相应的相位  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ 。将  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  代入码字生成公式：

$$C = e^{j\varphi_0} \{e^{j(\varphi_1+\varphi_2+\varphi_3)}, e^{j(\varphi_2+\varphi_3)}, e^{j(\varphi_1+\varphi_3)}, -e^{j\varphi_3}, e^{j(\varphi_1+\varphi_2)}, e^{j\varphi_2}, -e^{j\varphi_1}, 1\} \tag{2}$$

可以得到高速率模式下的 CCK 码字，然后利用  $\varphi_0$  对整个码字进行相位调整，从 I、Q 两路输出。

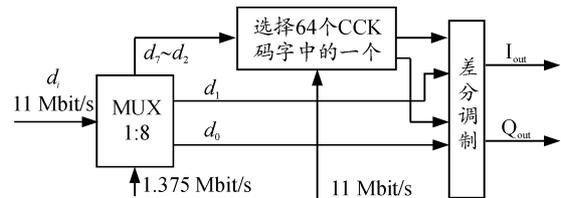


图 2 高速率 CCK 调制框图

高速率 CCK 解调的原理框图如图 3 所示。

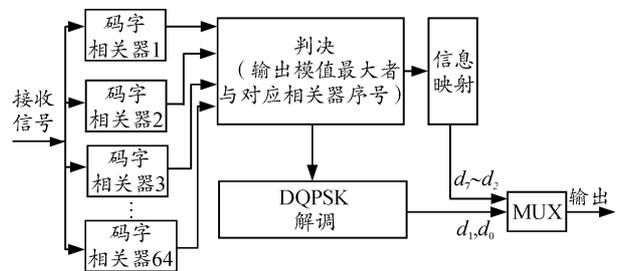


图 3 高速率 CCK 解调框图

图 3 所示高速率 CCK 解调框图的解调方式是通过最基本的相关器组的方式，其基本原理是将接收的信号与所有可能的码字进行相关运算，当此码字与接收信号匹配时，相关器的输出最大，这样就可以确定接收信号所对应的码字。

#### 3.2 CCK 调制与解调的 FPGA 实现

对于 CCK 调制解调系统的 FPGA 实现<sup>[7]</sup>，芯片是实现的基础，系统选用了 Altera 公司的 Stratix 系列芯片。调制部分实现框图如图 4 所示。

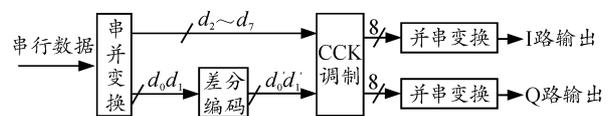


图 4 CCK 调制系统实现框图

通过在顶层文件中映射各分模块，并进行相应的时钟生成选择和延迟控制，就可以实现整个调制过程。模块的仿真是通过在模块的输入端增加一个 256×8 的 ROM 表，表内存储的是 256 个所有的 8 比特数的组合，把这个作为调制模块的输入，就可以保证测试的完整性。调制模块的仿真波形如图 5。图 5 中 data\_temp 为 ROM 表中输出的数据，经过串并变换，到达 CCK 调制模块，即图 5 中的 data\_in，rom\_realoutst 和 rom\_imagoutst 分别为 I 路和 Q 路的

8 比特输出, data\_realtst 和 data\_imagetst 分别为 I 路和 Q 路的串行输出。

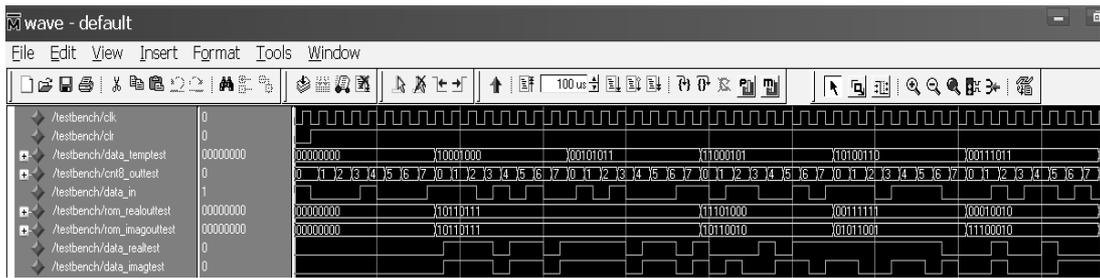


图5 调制模块仿真波形

解调部分实现框图如图6所示。



图6 CCK解调实现框图

解调模块的仿真波形如图7所示, data\_itest 和 data\_qtest 分别为 I 路和 Q 路的输入, 这个输入数据是根据调制的输出而提供的, routtest 为解调数据的并行输出, routs 为解调数据的串行输出, 经过和调制端的数据相对比, 解调出的数据完全正确。

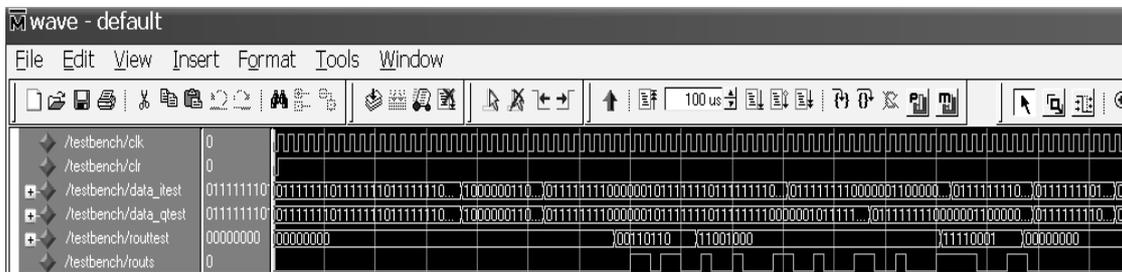


图7 解调模块仿真波形

4 协议的设计

系统通信协议及帧结构的设计对数据传输的可靠性有着重要的影响, 因此需要进行科学设计。该系统采用时分双工的时分多址方式<sup>[8]</sup>, TDMA 组帧的结构如图8所示。

TS0	T	TS1	T	TS2	T	TS3	T	TS4	T	TS5	T
XX ms	G										

图8 TDMA组帧结构示意图

图8所示每帧由6个时隙即子帧组成。TS0为基站时隙, TS1为中继站时隙, TS2~TS5分别对应外站1~4。TG(time guard)为子帧间的保护时间。

在帧结构中, 保护时间、子帧周期和帧周期这些主要技术参数的确定都是通过计算和设计, 使得实际实现的情况和指标的需求相吻合, 并且最大程度降低系统的复杂度, 下面就这3个方面对帧结构中的参数进行设计:

1) 保护时间  $T_G$ 。保护时间的目的就是防止时隙相邻的两站之间的帧尾和帧头在接收站发生冲突。假设子帧长度为  $S$  秒, 基站距 A、B 站单程传播时延为  $a$ 、 $b$  秒, A、B 站的处理时延均为  $P$  秒, 同时假设 A、B 站收到基站下行帧头立即取得时间同步信息。

从基站广播发送下行帧到收到 A 站帧尾的时间

表示为

$$T_A = a + S_{中} + P_A + a + S_A \quad (3)$$

从基站广播发送下行帧到收到 B 站帧头的时间为

$$T_B = b + S_{基} + P_B + S_A + T_G + b \quad (4)$$

如果不发生碰撞应有  $T_A < T_B$ , 即:

$$T_B - T_A = 2(b - a) + T_G > 0 \quad (5)$$

当  $a \leq b$  时, 不会发生冲突, 当  $a > b$  时, 如果 A 子帧后不加入保护时间, 将会发生冲突, 因此应有  $T_G > 2(a - b)$ 。

当  $a \rightarrow \max$ ,  $b \rightarrow 0$  时,  $T_G$  达到最大值  $2a$ 。

根据系统最大通信距离为  $X(\text{km})$ , 则有:

$$T_G > (2 \times X \times 10^3) / (3 \times 10^8) = 6.7 X \mu\text{s} \quad (6)$$

2) 子帧周期。子帧周期的确定主要考虑下列因素: 子帧要传输的数据量、同步时间、信道编码的数据块的大小。

3) 帧周期。帧周期的确定主要考虑下列因素: 帧效率、传输时延、子帧间的保护。系统开机时, 外站处于接收状态, 基站按照 TDMA 周期在相应的时隙发送数据。正常工作下, 外站接收到基站的同步字时, 使自己的时钟与基站同步, 按照 TDMA 周期进行工作; 若没收到基站的同步字, (下转第 46 页)