

dPMR 标准数字对讲机呼叫控制接口的设计

杨 震, 赵 祎, 林孝康

(清华大学深圳研究生院 深圳市信息科学与技术重点实验室, 广东 深圳 518055)

摘 要: 基于 dPMR 标准, 提出了一种呼叫控制层接口的设计方案, 介绍了 dPMR 标准和呼叫控制层的信令格式; 数字对讲机三种不同的工作状态并对三种工作状态对讲机的呼叫流程做了说明, 基于 FPGA 平台, 利用 Verilog HDL 语言, 对呼叫控制层接口进行了硬件实现, 并利用 Modelsim 进行了仿真验证。

关键词: dPMR; 呼叫控制层; 信令格式; FPGA

中图分类号: TN911

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)07-0047-05

Design of Digital Radio Call Control Interface Based on dPMR

YANG Zhen, ZHAO Yi, LIN Xiao-kang

(Shenzhen Key Laboratory of Information Science and Technology, Graduate School at Shenzhen,
Tsinghua University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: The scheme of the call control interface design is proposed based on the protocol of dPMR. The paper first introduces the protocol of dPMR and the signaling format of the call control interface. Then description of three different working status and the calling procedure under the above three working status is presented in detail. Finally, hardware implementation of the call control interface has been realized by Verilog HDL, and the simulation of the call control scheme has been verified by Modelsim.

Key words: dPMR; call control layer; signaling format; FPGA

1 引言

目前,我国面向公众市场的公共通信领域已经采用第三代、第四代移动通信技术,极大提高了人们的通信水平。但与此同时,面向行业市场的专网通信技术却仍停留在第二代移动通信技术的发展阶段。专网通信的差异化需求,决定了专网将独立于公网而长期存在。随着频谱资源的日益紧张和人们对通话质量要求的提升,对讲机的数字化已经迫在眉睫^[1]。

由于行业专网功能的特殊性,决定了将公网通信技术进行直接应用或改造移植于专网通信,往往达不到指挥调度、安全可控等管理方面的需求。本文设计的呼叫控制接口是基于 dPMR^[2] (digital Private Mobile Radio) 标准而设计的,该标准因实现简单、硬件成本低、频谱利用率高等特点在数字集群通信中被广泛使用。但 dPMR 标准仅是一框架性协

议,在很多技术细节方面并没有做详细的规定。本文在充分理解 dPMR 标准的基础上,提出了一种呼叫控制层接口的设计方案,并在 FPGA 平台上通过了仿真和验证。

2 dPMR 标准呼叫控制层信令简介

dPMR 标准采用半双工的工作方式,信道间隔为 6.25 kHz,支持语音通信与数据通信,数据传输率 4.8 kb/s,调制方式 4FSK, dPMR 标准自上而下分为呼叫控制层、数据链路层和物理层,利用头帧 (Header frame)、超帧 (Super frame) 和尾帧 (End frame) 来完成所有通信过程中的数据交换。在持续通信的过程中,传输的帧结构如图 1 所示。

2.1 dPMR 标准帧类型与格式

dPMR 标准帧类型分为三种:头帧、超帧和尾帧。头帧是通信开始的标志, dPMR 中所有的通信过

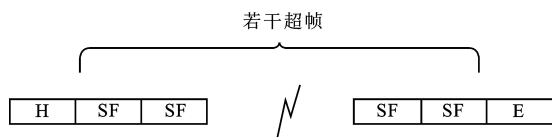


图1 持续通信的帧结构

程都是以头帧开始的,头帧共 384 bit,传输同步信息和必要的信令信息.头帧具体结构如图 2 所示.

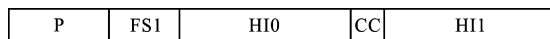


图2 dPMR 头帧结构

图中,P 为 72 bit 前同步码,FS1 是 48 bit 头帧的帧同步码,CC 为色码,头帧中呼叫控制信息主要存储在头帧的 HI0 和 HI1 两部分中,具体信息如表 1 所示.

表1 dPMR 头帧中 HI0/HI1 信息

	名称	比特数	前向纠错	实际比特数
HI0	HT 头帧类型	4		
	ID0 源地址 ID	24		
	ID1 目的地 ID	24	CRC 校验 + ham-	
	M 通信模式	3	ming 编码 + 交织	120
	F 通信格式	4	编码	
	RES 保留	2		
	CI 呼叫信息	11		
HI1	HI1=HI0	72		120

超帧用来承载语音和数据业务信息,每个超帧由 4 个负载帧(Payload frame)组成,每个负载帧长度为 384 bit,由帧同步码 FS2,色码 CC,控制子帧 CCH 和负载子帧 TCH 组成,CC 和 FS2 两者是交替编码的,具体结构如图 3 所示.



图3 dPMR 超帧结构

图中,FS2 是超帧的帧同步码,TCH 是负载子帧,用于存储用户数据.超帧中呼叫控制信息主要存储在控制子帧 CCH 中,具体信息如表 2 所示.

表2 dPMR 超帧中 CCH 信息

	名称	比特数	前向纠错	实际比特数
CCH	FN 负载帧编号	2		
	ID0 12 位地址(高/低)	12	CRC 校验	
	M 业务模式	3	+ hamming	72
	F 数据格式	4	编码+交织	
	RES 保留	2	编码	
	SLD 低速数据	18		
TCH	负载数据		无	72×4

尾帧是 dPMR 标准中绝大部分通信过程的结束标志,包括三部分:尾帧同步信息 FS3 和控制信

息 END0、END1,与头帧中的 HI0 与 HI1 类似,呼叫控制信息主要存储在 END0 与 END1 中,具体信息如表 3 所示.

表3 dPMR 尾帧中 END0/END1 信息

	名称	比特数	前向纠错	实际比特数
END0	ET 结束类型	2		
	ARQ ACK	2		
	WAIT 插入时间	4	CRC 校验 + hamming 编码	36
	STAT 通信状态	5		
	RES 保留	4		
END1	END1=END0			36

2.2 dPMR 标准信令组合

dPMR 标准数字对讲机的全部通信过程均由上节提到的 3 种帧组合而成.主要包括唤醒操作,呼叫连接请求,确认 ACK,普通语音或数据信息传输,断开连接请求等.这些通信过程全部以头帧开始,主要通过配置头帧中头帧类型字段 HT (Head Type)与呼叫信息字段 CI(Call Information)加以区分.

对讲机在不工作的状态下处于睡眠工作状态,在进行语音或数据通信前,需要首先进行唤醒操作.通信格式为连续 16 帧唤醒头帧.

呼叫连接请求在对讲机尝试与网内其他终端建立通话连接时发送.通信格式为头帧+尾帧.

在呼叫连接请求与数据通信中,需要接收端在接收数据后发送确认 ACK. ACK 通过一个单独头帧来实现.

建立连接后,对讲机利用超帧来传输语音或数据信息,通信格式是头帧+若干超帧+尾帧,如图 1 所示.

通信结束阶段,对讲机需要发送断开连接请求来释放信道,通信格式为连续两组头帧和尾帧.

3 工作状态及呼叫流程

3.1 dPMR 对讲机工作状态

在实现呼叫控制的系统设计中,考虑到节省功耗、人机交互等方面的因素,我们设计了睡眠工作状态,系统工作状态和语音(数据)通信状态三种工作状态.对讲机在开机后,不断在三种工作状态中转化以完成各种通信业务.

睡眠工作状态是从节约功耗的角度出发而设计的,对讲机在开机和每轮通话结束后进入该工作状态.处于睡眠工作状态的对讲机并不是一直休眠,而是每隔一段时间对信道进行检测,如果检测到唤醒

请求的射频信号,对讲机会从睡眠工作状态转换为语音(数据)通信状态;另外,当按下工作键后,对讲机会从睡眠工作状态进入系统工作状态。

系统工作状态是对讲机进行人机交互操作的工作状态。在系统工作状态下,用户可以进行编辑电话本、查询通话记录、编辑短消息、设置对讲机参数等操作。如果对讲机在系统工作状态下进行了拨号操作或接收到呼叫请求,则进入语音(数据)通信状态,开始进行语音或数据的收发通信,否则系统工作完毕后,返回到睡眠工作状态。

语音(数据)通信状态是对讲机的核心工作状态,对讲机所有的语音和数据通信业务都是在这个工作状态下进行的。语音(数据)通信状态可以划分为接收态和发送态,在语音(数据)的通信过程中,对讲机通过在接收态和发送态之间相互转化,来完成通信双方的数据交换。

上述三种工作状态的状态转移图如图4所示。

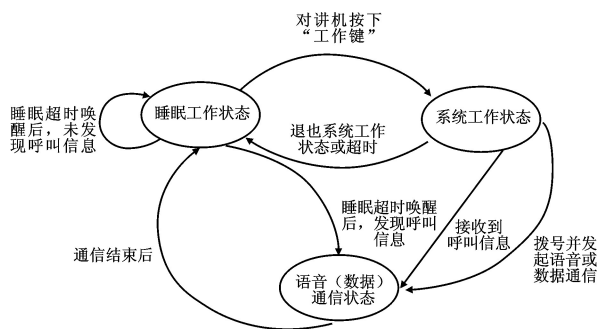


图4 dPMR对讲机三种工作状态转移图

3.2 dPMR对讲机呼叫流程设计

3.2.1 语音与数据通信业务

dPMR标准规定了数字对讲机包含语音通信业务和数据通信业务,其中语音通信业务又包括个呼、组呼和广播三种呼叫方式。

个呼是点对点通信,对讲机呼叫网络内的另一端,个呼通信收发双方工作示意图如图5所示。

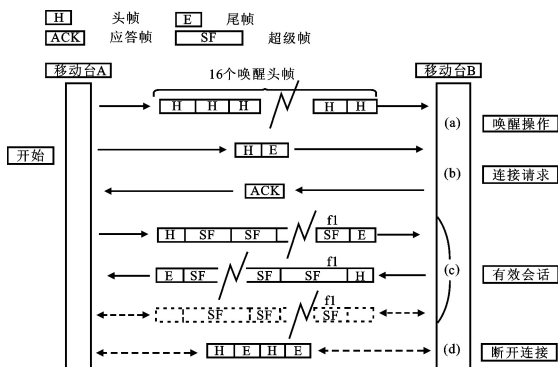


图5 典型个呼通信收发双方工作示意图

广播和组呼面向的通信对象是网络和小组内的复数或全部终端,利用通配符“*”来实现该功能,随着通配符数量的增加,广播和组呼的人数也在增加。与个呼相比,由于通信的对象是多个终端,因此在发送连接请求后无需等待ACK,直接发送语音信息,同时广播和组呼增加了一种插话的通信机制,利用尾帧中的Tx_wait选项来控制。

数据通信的流程与个呼通信基本相同,其中唤醒操作和呼叫连接请求的过程与个呼通信完全相同,由于数据通信并不要求实时性,为了兼顾通信的可靠性,dPMR标准规定接收端在数据通信中对于接收到的每组数据都需要进行ACK应答。

3.2.2 呼叫流程设计

从图5中,我们可以看到,一次完整的通信流程主要由唤醒操作、连接请求、有效会话和断开连接4个部分组成,下面以个呼为例对呼叫流程各个部分做详细的说明。

个呼通信发送端工作流程如下:

(1)在系统工作状态下,发送端拨打被呼者的号码后,按下拨号键,对讲机转入语音(数据)通信状态的发送态(以下简称发送态)。

(2)向接收端发送唤醒头帧和连接请求,之后对讲机转入语音(数据)通信的接收态(以下简称接收态),等待接收端响应连接请求。

(3)启动超时和重发计时器,超过300~500ms,若发送端未收到ACK,对讲机进行超时重发操作,重复(2)过程,重发的次数为4次。若在这4次重发过程中收到ACK,则转入(5)操作;若没有收到ACK,则转入d操作。

(4)若超过3s(T_{ack} :ACK响应时间),仍未收到ACK,则认为接收端未开机或不在服务区内,放弃本次通话,给出提示并返回睡眠工作状态。

(5)收到ACK后,对讲机屏幕上给予连接成功的提示语和提示音。

(6)按下PTT按钮,开始发送语音通信组帧(头帧+若干超帧+尾帧),注意每次通话时长不要超过180s。发送完毕后,松开PTT,对讲机转入接收态,等待从接收端接收语音信息。

(7)启动超时重发计时器,若超过180s未接收到语音信息,则发送断开连接请求,释放信道,返回睡眠工作状态;若收到语音信息,则开始接收。

(8)重复(6)和(7)过程直到收发双方有一方发送断开连接请求,发送端返回睡眠工作状态。

个呼通信接收端工作流程如下:

表 4 所示.

表 4 FPGA 资源占用情况			
资源	使用量	总量	占用比例
Slice Flip Flops	803	301 440	1%
occupied Slices	1 827	150 720	1%
4 input LUTs	2 872	26 624	10%
bondedIOBs	58	600	10%

5 结束语

本文设计了一种基于 dPMR 标准数字对讲机的呼叫控制层接口,利用 Verilog HDL 语言进行了硬件实现,并通过了 FPGA 的综合验证.最后,利用 Modelsim 软件进行了仿真验证,仿真结果证明硬件实现满足设计的呼叫控制流程,对于实现具有自主知识产权的数字对讲机的 SoC 设计具有一定的参考价值.

参考文献:

[1] 中博报告. 中国对讲机行业分析报告[EB/OL]. (2011-08-27). [2013-04-10]. <http://www.cniir.com/a/>

20110827/23760.html.

[2] ETSI. TS 102 490 V1. 4. 1 (2008-07). Peer-to-Peer digital private mobile radio using FDMA with a channel spacing of 6.25 kHz with e. r. p of up to 500 mW [S]. Electro -magneticcompatibility and Radio spectrum Matters (ERM), Sophia Antipolis Cedex: ETSI, 2008.

[3] 田耘,徐文波,张延伟. 无线通信 FPGA 设计[M]. 北京:电子工业出版社,2008.

[4] 张超,林孝康. 数字对讲机基带 SoC 中央处理模块的设计[J]. 电声技术,2012(1):26-28.

[5] 陈海飞,陈曦,林孝康. dPMR 标准调制解调器设计[J]. 电声技术,2013(2):30-32.

[6] 陈曦,陈海飞,林孝康. 基于 FPGA 的 dPMR 标准信道编码的设计与实现[J]. 电声技术,2011(10):65-67.

作者简介:

杨震男,(1988-),硕士研究生. 研究方向为数字对讲机呼叫控制及基频调制.

赵玮女,(1991-),硕士研究生. 研究方向为数字对讲机语音编码.

林孝康男,(1947-),教授,博士生导师. 研究方向为移动通信.

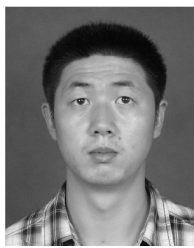
(上接第 46 页)

[3] Chi Yat Leung, Mok P K T, Ka Nang Leung. A 1-V integrated current-mode boost converter in standard 3.3/5-V CMOS technologies[J]. IEEE Trans on Solid - State Circuits, 2005,40(11): 2265-2274.

[4] 程梦璋,凌朝东,李国刚. 升压型 DC-DC 转换器的设计与研究[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(7):99-102.

[5] Hong Seokin, Han Jinwook, Kim Dooghee, et al. A double-loop control LED backlight driver IC for medium-sized LCDs[C]//Solid-state Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC). San Francisco, 2010: 116-117.

作者简介:



刘振男,(1987-),硕士研究生. 研究方向为 WLED 驱动电路设计.

邵志标男,(1941-),教授,博士生导师. 研究方向为模拟集成电路.