

TI TMS320C55x DSP 在 TD-SCDMA 系统中的应用*

王敬东,申敏

(重庆邮电学院 移动通信工程研究中心,重庆 400065)

摘要:介绍了中国自己提出的第三代移动通信标准 TD-SCDMA,描述了该系统基于软件无线电的 DSP 硬件平台,具体介绍了在该平台上数字基带信号处理的过程与实现。利用 TI DSP 的强大功能将传统意义上由硬件来完成的功能尽可能多用软件来完成,可使系统的灵活性和可靠性得到较大的提高。

关键词:TD-SCDMA;软件无线电;TMS320C55x DSP;数字基带信号处理

中图分类号:TN929.533 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5694(2002)02-0022-04

The Application of TI TMS320C55x DSP in the TD-SCDMA System

WANG Jing-dong, SHEN Min

(Mobile Communication Research Center, CUPT, Chongqing 400065, China)

Abstract: This paper introduces TD-SCDMA, the third generation mobile communication standard proposed by China, then describes the hardware platform based on the software radio in TD-SCDMA user terminal and presents in detail the process and realization of the digital baseband signal processing technology on this DSP-based hardware platform. Taking advantage of the powerful function of TI and DSP, the traditional task completed by hardware is now performed by software, enabling the system to heighten its flexibility and reliability.

Key words: TD-SCDMA; software radio; TMS320C55x DSP; digital base band signal processing

0 引言

在国际电联(ITU)的组织下,全世界各国电信运营商,各大通信设备制造商均以非常高的热情投入到制定第三代移动通信标准(3G)的活动中。我国也历史上第一次积极参与了这个过程并取得了成功,提出了具有自主知识产权的 TD-SCDMA 标准。TD-SCDMA 系统采用 TDD(时分双工)方式,可灵活地使用不对称频率资源,特别适合不对称数据业务和高密度用户地区,可以从第二代 GSM 系统平滑过渡,从而降低投资成本。

在 TD-SCDMA 中采用了许多国际上先进的技术,如软件无线电技术,所有数字基带信号处理均用

软件在 DSP 上来实现,而不依赖 ASIC。此外,还采用同步 CDMA、智能天线、接力切换等新技术。TD-SCDMA 的主要技术指标为:

- 载波宽度: 1.6 MHz
- 码片速率: 1.28 Mcps
- 双工方式: TDD, 5 ms
- 多址方式: SDMA+CDMA+TDMA
- 时隙数目: 7
- 调制方式: QPSK
- 扩频系数: 1/2/4/8/16
- 基本数据速率: 1.2/2.4/4.8/9.6 kbit/s
- 话音数据速率: 8 kbit/s
- 最大数据速率: 对移动对称业务可达

* 收稿日期:2001-11-21

作者简介:王敬东(1976-),男,湖北荆州人,重庆邮电学院硕士研究生。主要研究方向为第三代移动通信。

384 kbit/s

对不对称数据业务可达

2 Mbit/s

本文将重点探讨 TD-SCDMA 终端中基于 TI TMS320C55x DSP 硬件平台的数字基带信号处理技术。

1 基于 TI DSP 的基带硬件平台

在介绍 TD-SCDMA 系统终端中的 DSP 硬件平台之前,有必要先简要介绍一下软件无线电技术。正是因为有了软件无线电的提出,才有可能在基带用软件来完成以前需要用模拟器件完成的功能。

软件无线电是近几年来提出的一种实现无线通信的新概念和新体制。它的核心是:将宽带 A/D 和 D/A 变换器尽可能地靠近射频或者是中频,把硬件作为无线通信的基本平台,并且尽可能多地采用软件来完成一些在传统意义上由射频及中频电路完成的功能,如系统的工作频段、调制方式由软件来定义,增加了系统的灵活性。

我们简单地比较一下使用了软件无线电技术的系统与传统设计的系统就可以看出:应用了软件无线电技术的系统成本低,升级换代方便,只需改写软件,不需做硬件的重新设计,系统就可重复性得到改善,还可通过相应软件设计就可以在同一硬件平台上完成多种标准、多种业务,特别适合当前 3G 多种标准不统一的情况;而没有使用软件无线电技术的系统成本高,大部分器件不可调,系统对硬件依赖大,器件稍微改动就将导致系统要重新设计,这样硬件结构不可更改,导致功能单一。由此可以明显看出,软件无线电技术是很先进的,但实现起来却并非易事。这是因为目前的半导体微电子技术水平有限,设计能直接对中频乃至射频信号采样的 A/D 转换器是十分困难的。当然,以目前 DSP 的商用水平和 A/D, D/A 器件性能的进一步提高,系统也可以从中频进行采样,但此时, DSP 和 A/D, D/A 器件很昂贵,导致系统成本很高,反而体现不出软件无线电的优势,将得不偿失。

在综合考虑了系统的灵活性要求和价格成本后, TD-SCDMA 系统在基带应用了软件无线电技术。与之相反的是,在第二代移动通信 GSM 手机

中,调制以及脉冲成形都是由硬件完成的。

TD-SCDMA 终端基带硬件平台选用的 DSP 为 TI 公司的 TMS320VC5510,属于 16 bit 定点 DSP,是 TI 5000 家族系列中的最新产品,它的功能模块图如图 1。

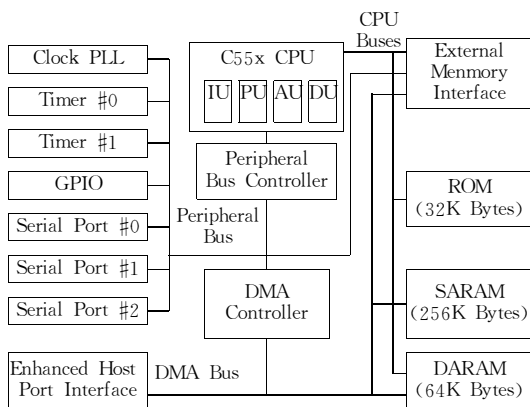


图1 TMS320VC5510的功能模块图

Fig. 1 TMS320VC5510 functional module

TMS320VC5510 模块与 5000 系列中的前期产品相比,5510 具有下面更为出色的功能。

- 时钟频率为 160/200 MHz,每条指令所花时间仅为 6.25/5 ns。
- 有增强的并行能力,D-unit 中提供了 2 个乘累加单元(MAC),使其理论上的运算能力达到 400 MIPS;此外,A-unit 和 D-unit 中均配有一个算术逻辑单元(ALU),也增强了并行运算能力。
- 有更为强大的指令集,能简洁、高效、易于使用,还提供一些特殊指令,便于完成常规的数字信号处理,如 FFT, FIR, LMS, Viterbi, Interleaving 等。
- 内部有 3 条读操作总线和 2 条写操作总线,并可以同时操作,意味着有极强的数据吞吐能力。
- 有更好的流水线机制,深度达 7 个 Cycle。
- 有丰富的外设,如 Timer, GPIO, McBSP, DMA, EHPI, EMIF 等,能更好地与外部系统通信。
- 改进了低功耗技术,更好地支持省电模式。

TD-SCDMA 终端 DSP 硬件平台主要由 DSP 和接口适配电路、主控制器 MCU, SRAM, FLASH 等构成。DSP 主要完成物理层的处理,包括信道编译码、数据成帧、脉冲成形滤波、调制解调、扩频解扩、话音编码译码、对射频电路的控制等。MCU 完成高层信令处理及人机接口、数据打包/拆包处理等功能。硬件基本结构如图 2 所示。

DSP 通过 EHPI 口和 McBSP 串口与主控 MCU 相连。其中, DSP 的上电自举是由 MCU 通过 EHPI 来控制的, McBSP 串口用于正常工作时在 DSP 与 MCU 之间传送话音数据和信令。

DSP 以中断的方式通过 EMIF 口向数据缓冲 Buffer 区中写入或者读取数据。射频前端的 I/Q 路数据通过 A/D 和 D/A 器件与接口适配器相连, 数据缓冲 Buffer 区与接口适配器通过数据总线互相通信。

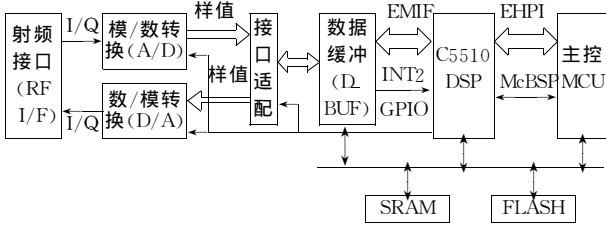


图2 TD-SCDMA终端DSP硬件平台

Fig. 2 TD-SCDMA terminal DSP hardware platform

通过软件编程在 DSP 上完成了几乎所有的基带信号处理, 另外, 根据接收到信号的特性, 在 DSP 中还得出对前端射频模块的控制值, 如 AGC, APC, AFC, Timing 调整量等。可以说, DSP 在基带硬件平台, 乃至整个终端中都起着核心作用。

TD-SCDMA 系统终端中接近完美的硬件平台有助于数字基带信号处理软件的实现, 从而有效地保证了整个系统的性能。在第 2 节就具体描述 DSP 平台上的数字信号处理。

2 基于 TI DSP 的数字基带信号处理

如上所述, 在 DSP 平台上完成了数字基带信号处理。从射频前端接收过来的 I 和 Q 两路模拟信号, 首先经过 4 倍速 A/D 采样, 得到 I 和 Q 两路数字信号, 再经过接口适配器, 把数据送入数据缓冲 Buffer 区中, 通知 DSP 读取。下面列出了 DSP 上要实现的数字基带信号处理过程。按功能模块可分为:

- 小区初搜;
- 联合检测(JD)算法;
- 发送/接收成形滤波;
- 扩频调制解调;
- 上、下行同步;
- QPSK 调制解调;

- 信道编解码
- 交织去交织;
- 业务数据与信令数据复接;
- 射频控制;
- L1 层信令处理;

为了更好地描述基带信号处理过程, 在图 3 中给出了 TD-SCDMA 的帧结构。

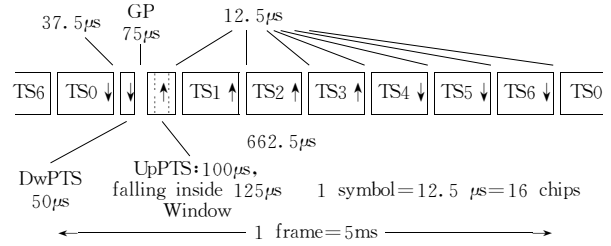


图3 TD-SCDMA帧结构

Fig. 3 TD-SCDMA frame structure

从图 3 中, 可以看到, 时长为 5 ms 的帧由 7 个主时隙和 3 个特殊时隙 DwPTS, GP, UpPTS 构成, 7 个主时隙中除了 TS0 始终用于下行、TS1 始终用于上行外, 其它 5 个时隙可根据业务的需要动态分配为上行或者是下行。

DwPTS 时隙主要用于终端快速地进行小区初搜和同步, 其结构如图 4 所示。

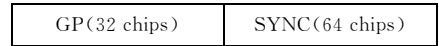


图4 DwPTS 的时隙结构

Fig. 4 DwPTS time slot structure

在整个一帧数据中, 通过每个 SYNC 码与接收的 DwPTS 信号进行相关计算, 使终端能确定帧同步时间, 使终端与基站同步。

需要指出的是, 由于刚开机时, 终端并不知道自己在小区所使用的频点, 因此它要对所有频点都进行上述过程。由于本小区所使用的频点必然对应于所有相关功率的最大值, 于是最终终端能够确定自己应该锁定的频点。事实上, 由于多普勒效应以及晶振的频率漂移, 终端还必须不断地调整自己的频率。当频率偏差在一定范围内时, 可将其转换为相位误差, 按照一定的公式在 DSP 上通过软件编程求出, 生成射频控制字, 去控制射频频率, 达到对频率的跟踪和调整, 保证接收的正确性。

在建立了同步和确定了本小区系统帧信号后, 终端就可以通过 TS0, 读取广播信道, 获取本小区相

关信息,这样就可以接收寻呼或者是发起呼叫。

由以上叙述可看出,在这一阶段,数据处理量是非常大的。但是完全可以利用TI DSP提供的强大功能,如:双MAC、高效的并行指令集和灵活的片内外设等,达到实时处理的要求。

建立起通信连接后,在上行方向,MCU把经过A/D采样的话音数据或其它数据业务数据送入DSP中,完成相应的信道编码,信道编码可采用1/2或1/3卷积编码,对高速数据流可以采用Turbo编码。处理过程中还需要进行速率适配(打孔或重复)、交织、复接,QPSK调制或8PSK调制,扩频和加扰,形成突发(Burst)结构。将要发射出去的突发数据,在DSP中通过由软件方式实现的发送滤波器完成脉冲成形滤波,并经过D/A变换,最后将变换后的信号送入射频/中频前端,上变频变换后由天线发射出去。

在下行方向,经过A/D变换的I/Q路数据被送入DSP,通过接收滤波器后(接收滤波与发送滤波器一样,也是通过软件编程来实现的),完成联合检测。在联合检测过程中,通过对已知的训练序列(Midamble)进行信道估计,实现对同一时隙中多码道信号进行联合处理。由于把所有码道的信号都当作有用信号而不是干扰信号来处理,充分利用了用户码元、幅度、定时、相位等信息,从而获得最佳的检测效果。

经过联合检测解调的数据在DSP中还要完成去交织,速率适配反变换,再经过Viterbi译码或Turbo译码,数据与信令的分离,就得到了原始发送信息。

在整个通信过程中,由于位置的改变,多径信道的影 响,在DSP中还必须根据接收到的信号强度不断去调整射频前端通路的增益,完成自动增益控制(AGC)。同时,为了减小对本小区其它用户的干扰,节约能量,终端还要根据开环和闭环功率控制指示,不断调整自己的发射功率。另外,由于TD-SCDMA是基于时分的,为了正确接收和发送,基带要准确地设置射频通路、A/D、D/A打开和关闭的时间。所有这些控制都类似于对射频频率的跟踪,由DSP根据

接收信号的变化以及相应器件的特性,生成对应的控制字,送往需要调整的相应器件,达到控制目的。

此外,DSP还要根据接收到的信号完成一些测量,如误码率、误帧率、信噪比、干扰信号、相邻小区信号强度等,把结果以测量报告的形式传给基站,以便系统对该终端进行切换、动态信道分配等控制。

3 小 结

通过上面的介绍,可以看到,TD-SCDMA终端在搭建系统硬件平台时,充分利用了TI DSP的强大功能,将软件无线电的思想融于其中,并将传统意义上由硬件来完成的功能尽可能多用软件来完成,使系统的灵活性和可靠性得到了较大的提高;同时,在基带软件的设计上,充分考虑了基带信号处理的特点,软件结构采用模块化设计的思想,便于软件的实现和修改。

TD-SCDMA系统还采用了其它大量先进技术,如上行同步,智能天线、接力切换等,可以说,该系统反映了现代无线通信技术的最新成果,对今后无线通信的发展将起到重要的推动作用。

参 考 文 献

- [1] 申敏,邓矣兵. DSP原理及其在移动通信中的应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
- [2] 李世鹤,李军. TD-SCDMA系统综述[J]. 中国移动通信,2000,(1):25-29
- [3] MITOLA Joe. Software radios and the software radios architecture[J]. IEEE Communications Magazine,1995,33(5):242-248.
- [4] JOSEPH Kennedy, MARK Sullivan C. Direction finding and 'Smart Antennas' using software radios architecture[J]. IEEE Communications Magazine,1995,33(5):62-68.
- [5] RUPERT Baines. The DSP Bottleneck[J]. IEEE Communications Magazine,1995,33(5)46-54.

(编辑:龙能芬)