

LTE 系统中 RRC 消息编解码的研究与设计

李小文,肖应当,刘丽敏

(重庆邮电大学 重庆市移动通信技术重点实验室,重庆 400065)

摘要: RRC(无线资源控制)消息的编解码是 LTE(长期演进)协议栈软件的关键一步。基于 LTE 协议中 RRC 消息的抽象语法和传送语法,设计了 ASN(抽象语法标记)模块新的解决方案。该模块采用结构化编程理念,结构清晰,易于扩展。结合 OSS Nokalva 公司编解码工具的一致性测试表明,该模块能对 RRC 消息进行正确的编解码,完全能满足协议软件的要求。

关键词: 无线资源控制;抽象语法标记;非对齐紧缩编码规则;编解码

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

文章编号: 1005-8788(2012)04-0060-04

Research on and design of RRC message coding and decoding in LTE systems

Li Xiaowen, Xiao Yingdang, Liu Limin

(Chongqing Key Lab of Mobile Communication Technology, Chongqing University
of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: The encoding/decoding of Radio Resource Control (RRC) messages is one of the key steps of LTE protocol stack software. On the basis of the abstract syntax and transmission syntax in LTE protocol messages, a new solution scheme for Abstract Syntax Notation (ASN) module is designed. Adopting the idea of structured programming, this module is so structured that its content is more limpid and easier to be expanded. The module can realize the correct encoding/decoding of RRC messages in the conformance tests by the ASN.1 Tools of OSS Nokalva, and fully satisfies the requirements of the protocol stack software.

Key words: RRC; ASN; UPER; encoding/decoding

0 引言

为了实现开放系统内不同设备与网络环境之间应用数据的交换,ISO(国际标准化组织)于上世纪80年代制定了 ASN.1 标准。ASN.1 是一种用来描述结构化信息的标记语言,它广泛应用在通信协议的描述上,用它描述的信息独立于任何应用环境,不会引起二义性的解释^[1]。

ASN.1 在 LTE(长期演进)协议中被用来描述空中接口的 RRC(无线资源控制)层消息。目前 OSS Nokalva 公司已生产出了比较成熟的 ASN.1 编译器,但此类编译器价格昂贵,且通常采用传统的类型映射方式,针对性不强,产生的代码效率相对较低,可读性较差,后期的维护成本高^[2]。笔者针对 LTE 协议 RRC 层消息,设计了一种新的对其进行编解码的 ASN(抽象语法标记)模块,并对其进行了测试。

1 LTE 无线接口协议栈结构

如图1所示,LTE系统采用扁平化网络结构,其中,RRC层居于整个控制平面的最上层,负责对

RRC数据编码形成 RRC 消息,RRC 消息包含了所有 AS(接入层)承载上下文的配置信息;PDCP(分组数据汇聚协议)负责对 RRC 消息进行加密和完整性保护,形成 PDCP 包;RLC(无线链路控制)负责对 PDCP 包进行分割级联和按序可靠传输;MAC(媒体接入控制)负责将 RLC 数据映射到传输信道上;最后 PHY(物理层)将传输信道上的数据映射到物理信道上。

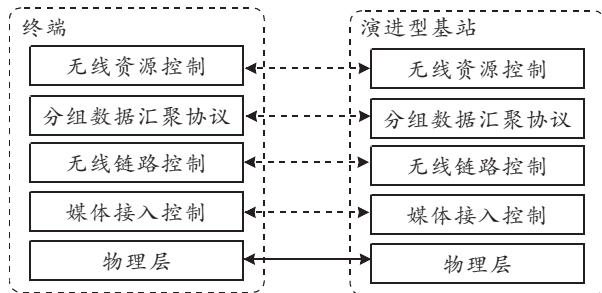
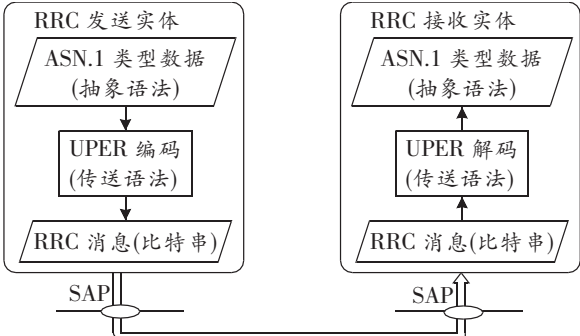


图1 LTE 无线接口协议栈结构

2 RRC 消息设计

LTE 系统中 RRC 消息的数据类型使用 ASN.1 来描述。ASN.1 标准可分成两部分,一部分是抽象语法,另一部分是传送语法。数据类型的描述称为

抽象语法,对抽象语法的编码规则为传送语法。每个应用层协议中的抽象语法与一个相应传送语法的组合就构成了一个表示上下文。RRC 消息设计模型如图 2 所示。



UPER:非对齐紧缩编码规则; SAP:服务接入点
图 2 RRC 消息设计模型

2.1 ASN.1 抽象语法分析

RRC 数据选用 X.680^[2]中描述的 ASN.1 作为其消息的抽象语法,按照消息构成方式可分为简单类型和结构类型两种。具体如表 1 所示。

表 1 RRC 消息中的抽象数据类型

	类型名称	类型含义
简单类型	INTEGER	整数类型
	NULL	空类型,无意义
	BOOLEAN	布尔类型
	ENUMERATED	枚举类型
	BIT STRING	以比特为单位的串
结构类型	OCTET STRING	以字节为单位的串
	CHOICE	多个不同类型构成选择其一作为其值
	SEQUENCE	多个类型的有序集合
	SEQUENCE OF	多个单一类型的集合

简单类型又称原子类型,它是数据组成的最基本的元素。结构类型是由简单类型和其他结构类型组合而形成的复杂类型。任何形式的数据都可以用一种结构类型来表示。结构类型中有些成员是可选的;为了应对协议版本升级,在 SEQUENCE 和 CHOICE 类型中可能包含“...”成员,以实现新老版本协议的互通;显然,用 ASN.1 可以灵活地表示各种类型的信息。

数据 MasterInformationBlock^[1] 的抽象语法 ASN.1 描述如下:

```
MasterInformationBlock ::= SEQUENCE {  
  dl-Bandwidth ENUMERATED { n6, n15, n25,  
  n50, n75, n100},  
  phich-Config PHICH-Config,  
  systemFrameNumber STRING (SIZE (8)),  
  spare BIT STRING (SIZE (10))  
}
```

```
phich-Config ::= SEQUENCE {  
  phich-Duration ENUMERATED {normal, extended},  
  phich-Resource ENUMERATED {oneSixth, half,  
  one, two}  
}
```

2.2 UPER 传送语法分析

RRC 数据选用 X.691^[3]中描述的 UPER 作为其消息的传送语法。UPER 编码的结构采用“[P][L][C]”<Optional Preamble, Optional Length, Optional Contents>, [P][L][C] 的每个部分都是由比特串组成,并且都是可选的。相对于传统的编码方式 BER(基本编码规则),UPER 省略了编码过程中的那些无意义的冗余比特,编码效率提高了 30%~40%,这样能节省带宽,减少移动通信的信令时延。

因为 LTE 协议已经对 RRC 消息的抽象语法作了非常细致的规定,所以发送实体在编码过程中不用增加任何填充比特,而是直接按序以最精简的比特流来表示消息对象。很显然,UPER 能非常简洁、清楚地描述协议中要传送的所有信息。接收实体可直接根据抽象语法和传送语法按照解码规则将比特流解码成相应的 RRC 消息。

2.3 RRC 消息编解码设计

ASN.1 是信息的一种高度抽象的表示形式,在实际应用中必须将这些信息转换成相应的编程语言(C、C++等)^[4]。根据 LTE 协议栈软件需求,选择效率较高的 C 语言来实现。根据图 2 所示的模型,需要将 RRC 抽象语法转换成各种 C 数据类型,再设计一个按照 UPER 对这些 C 数据类型进行编解码的 ASN 模块。如图 3 所示。

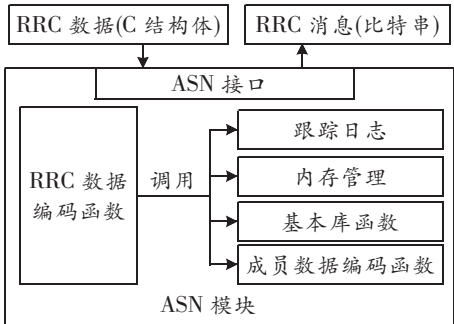


图 3 ASN 模块编码结构

由图 3 可以看出,ASN 模块编码部分的本质就是 RRC 数据编码函数。RRC 数据编码函数通过调

用成员数据编码函数、内存管理、跟踪日志和基本库函数组成。通过映射 RRC 数据的嵌套关系,采用结构化设计 ASN 模块的成员数据编解码函数,因此成员数据编码函数通过调用下一级成员数据编码函数、跟踪日志、内存管理和基本库函数构成,直到最后一级成员函数直接通过基本函数完成。这样组织使得整个编解码函数结构清晰,便于开发、扩展及维护。

跟踪日志构成了 ASN 模块的辅助部分,负责对程序进行跟踪,将程序运行情况输出到日志文件中。因为编解码函数嵌套关系复杂,代码庞大,如果调试过程中出现错误很难找到。跟踪日志能有效地解决这个问题,所有正常情况和异常情况都会在跟踪日志中留下记录,从而可以确认程序结构是否符合设计要求,并快速准确地定位异常代码的位置,提高代码开发的效率。

ASN 模块中采用自定义的内存管理。因为 RRC 数据很多成员是可选的,并且其长度不定,在解码中我们需要频繁地分配内存。如果调用系统的内存分配函数,则容易产生大量碎片,不便于管理。而自定义内存管理有利于减少内存开销。

基本库函数是 ASN 模块中最基本的编解码函数。其本质是针对 ASN.1 中各种简单数据类型设计的编解码函数。由 2.2 节可知,UPER 处理的基本对象是比特串,因此这些库函数主要使用位运算实现,并将所有繁杂运算都封装在库函数内。各种 RRC 结构类型函数实现的核心代码仅仅是不断调用这些库函数。

根据 ASN 模块的设计思想,将 2.1 节中的 Master Information Block 编码函数结构设计为如图 4 所示的树形结构,其中叶子节点均可直接调用基本库函数来处理。加上辅助的内存管理和跟踪日志部分,则整个编码函数就完成了。根据 Real View 软件对编码函数所消耗时间进行统计,结果显示传统的编码方式编码 Master Information Block 消息耗时 3 684 个 cycle(周期),而新的 ASN 模块只需要 2 211 个 cycle,效率提高了近 40%。如果 Master Information Block 内部某个部分由于协议版本升级而发生改变,只需改变树形图中对应的某些节点就能完成。这样设计使得整个模块函数的结构与该 ASN.1 抽象语法标准制定思维完全一致,各个成员的编码函数独立调用执行,并且没有复杂的位运算等操作,因为那些运算都通过参数传递到库函数内执行。编写各种结构数据编解码函数的开

发人员不再需要关心各种比特处理的具体实现,而只要知道各成员需要调用哪个对应的库函数,传递什么参数就可以。

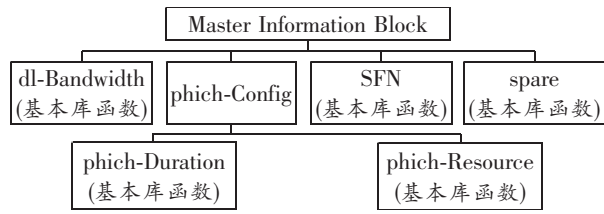


图 4 编码函数树形结构图

3 测 试

由于 ASN 模块采用结构化设计,编解码函数通过多层函数嵌套调用构成,因此对 ASN 模块的测试应尽量覆盖编解码函数的每条语句,判定每条分支路径,来测试该模块编解码是否完全符合 X.691 中定义的 UPER。OSS ASN.1 Tools 是由 OSS Nokalva 公司推出的,是目前 ASN.1 领域比较成熟的商用软件之一,利用它可以测试 ASN 模块对 RRC 抽象语法的转换准确性。白盒测试是按照程序内部的结构测试程序,通过测试来检测产品内部动作是否按照设计规格说明书的规定正常进行,检验程序中的每条通路是否都能按预定要求正确工作。所以借助 OSS ASN.1 Tools 选择白盒测试的方法来测试 2.3 节中设计的 ASN 模块就能基本满足 ASN 模块测试的要求。

测试流程如图 5 所示。先通过 OSS ASN.1 Tools 产生一个 RRC PDU(协议数据单元)数据 D1 的二进制编码 bits1(即一个测试用例);然后通过

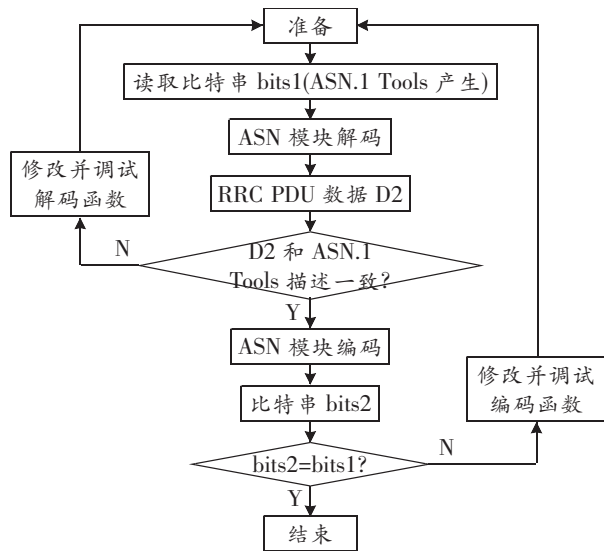


图 5 测试流程

ASN 模块解码得到 RRC PDU 数据 D2;通过跟踪文件对比 D2 和 D1 是否一致可以测试 ASN 模块抽象语法和解码函数的一致性;如果 D2 和 D1 一致,则用 ASN 模块对 D2 进行编码,得到比特串 bits2,否则修改解码函数再调试;比较 bits2 和 bits1 是否一致可以测试 ASN 编码函数的一致性。

根据 RRC 协议中 ASN.1 抽象语法的 8 种 RRC PDU 数据类型,分别构造 RRC PDU 数据 D1,得到若干测试用例,在 Visual C++6.0 环境下均成功通过了以上测试。图 6 显示了 RRC Connection Request 测试用例成功通过的输出结果。

```
----- stream bits1 stream -----
0x59 0xd3 0x40 0x16 0xf5
0xa8 0xff 0xff 0xff 0xff
decode RRCConnectionRequest success .
encode RRCConnectionRequest success .
----- stream bits2 stream -----
0x59 0xd3 0x40 0x16 0xf5
0xa8 0xff 0xff 0xff 0xff

bits2 equals to bits1 !
The test is successful !
```

图 6 ASN 模块编解码测试结果

4 结束语

实现 RRC 消息的编解码是 LTE 协议栈软件的关键部分,文中所设计的 ASN 模块采用结构化编程理念,相对于传统的编解码模块有效率高、兼容性强等优点。该模块已经正常运行于 LTE 协议栈软件,具有可观的实用前景。同时,该模块所采用的结构化编程思想在其他领域也具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 3GPP TS36.331 V10.2.0-2011, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Radio Resource Control (RRC) [S].
[2] ITU-T Recommendation X.680-2002, Information Technology - Abstract Syntax Notation One (ASN.1): Specification of basic notation [S].
[3] ITU-T Recommendation X.691-2002, Information Technology - ASN.1 encoding rules: Specification of Packed Encoding Rules (PER) [S].
[4] 李小文,王宁. TD-SCDMA 系统中 ASN.1 编译码器的设计和实现 [J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版),2009,21(3):358-361.

~~~~~  
(上接第 28 页)

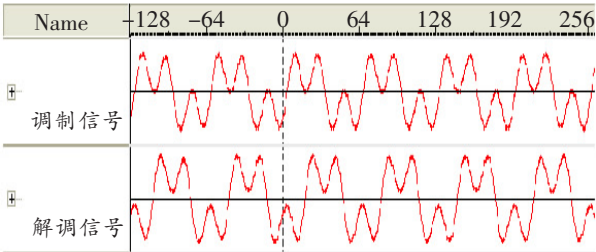


图 7 调制信号与解调信号比较图

5 结束语

本文首先分析了文献[3]中采用的数字化解调前端处理方法,指出了其解调结果中含有直流分量和占用资源多的缺点,改用基于多相滤波的数字正交变换;针对叉积鉴频法的缺点,采用了一种改进算法,通过改变对 I 路和 Q 路信号的叉积处理方法,克服了其占用资源多、精度低和只适用于窄带信号解调的缺点;此改进的解调算法在 FPGA 芯片中得

到了验证。

参考文献:

[1] 李海滨,房建成,魏彤. 基于 FPGA 的一种新型数字鉴相器的设计 [J]. 微电机,2011,44(3):84-88.  
[2] 卢辉斌,张月强,杨雪峰. 一种新型 PID 控制的全数字锁相环的设计与实现 [J]. 电子技术应用,2010,36(11):56-58.  
[3] 何晓华,郭洪志,李式巨. 基于叉积鉴频器的 FM 信号数字化解调实现 [J]. 计算机仿真,2010,27(3):353-356.  
[4] 徐以涛,李浩,王金龙,等. 软件无线电中调频波的正交解调 [J]. 解放军理工大学学报,2006,7(4):312-315.  
[5] 吕幼新,郑立岗,王丽华. 基于多相滤波的宽带接收机技术 [J]. 电子科技大学学报,2003,32(2):133-136.  
[6] 杨静. 信道化数字接收机技术的研究 [D]. 成都:电子科技大学,2006.