

## IEC61850MMS 编解码库的设计与实现

王林, 王倩, 刘从洪, 丁力

(西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** MMS 的 ASN.1 编解码是实现 IEC61850 通信的关键, 各公司的 MMS 软件包售价昂贵。在介绍相关规范的基础上, 利用开源的 ASN.1 编译器, 设计实现了 IEC61850 MMS 编解码库, 着重强调了实现细节的关键问题。并以具体的解码实例为例说明了编解码库的使用及测试方法, 验证了解码工作的正确性。最后, 提出了一个实现 IEC61850MMS 通信的高性价比解决方案。

**关键词:** IEC61850; MMS; ASN.1; 编解码; ACSE

## Design and realization of IEC61850 MMS encoder/decoder library

WANG Lin, WANG Qian, LIU Cong-hong, DING Li

(Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** The realization of MMS ASN.1 encoder/decoder is the key of IEC 61850 communication, so the MMS software package from different companies is sold very expensively. Based on the presentation of correlative specification, using open source ASN.1 compiler, this paper designs a IEC 61850 MMS encoder/decoder library. And the key issue about the detail is emphasized. Using an instance of decoding, the method of using and testing this library is explained, and the decoding result is verified to be correct. Finally, a solving scheme with higher performance is put forward for IEC 61850 MMS communication.

**Key words:** IEC61850; MMS; ASN.1; Encoder/Decoder; ACSE

中图分类号: TM764 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)05-0070-05

## 0 引言

IEC 61850 是基于通用网络通信平台的变电站自动化系统唯一国际标准。它采用抽象通信服务接口(ACSI)和特定通信服务映射(SCSM)的方法, 在适应网络技术迅速发展的同时, 能够维持信息模型和服务定义的稳定性。目前, IEC61850 规定将对象和客户/服务器服务映射到制造报文规范(MMS)。

文献[1, 2]较为详细地讨论了 IEC61850 对象服务和 MMS 对象服务的映射关系, 这仅是实现 IEC61850MMS 通信的第一步。MMS 服务是通过 MMS 客户与 MMS 服务器间交换应用协议数据单元(APDU)来实现的。由于 MMS 采用抽象语法规则一(ASN.1)来描述 APDU, 利用基本编解码规则(BER)实现 ASN.1 描述的抽象语法和比特流形

式的传输语法的转换, 因此如何实现 MMS 的 ASN.1 编解码将成为通信实现的关键。

## 1 相关规范简介

## 1.1 制造报文规范 MMS

MMS 是由国际标准化组织(ISO)工业自动化技术委员会 TC184 制定的, 一种用于网络设备和计算机应用间交换实时数据和监控信息的国际化的报文规范。它独立于执行的应用功能和设备制造商和应用开发商。

MMS 由两个核心标准 ISO 9506-1(服务规范)、ISO 9506-2(协议规范)以及多个伴同标准构成。服务规范定义了虚拟制造设备(VMD)、网络节点交换的服务以及与 VMD 和服务相关的属性和参数。协议规范定义了网络上的报文顺序、格式以及 MMS 层和 OSI 参考模型其它层的交互。从互操作角度而言, 服务规范定义了互操作的语义, 协议规范定义了互操作的语法。IEC 61850 在映射到 MMS

基金项目: 西南交大科技发展基金资助项目(2005A15)

时,只采用了其中一部分模型及服务,IEC61850 采用的是 MMS 协议的一个子集。

### 1.2 抽象语法记法— ASN.1

ASN.1 是为异构系统间高效通信设计的,用于描述通信协议间传输数据的一种正式标记(抽象语法)。利用 ASN.1,任何计算机系统都可以无歧义地将 ASN.1 定义的数据结构表示转换为自己的内部表示(具体语法)。ASN.1 编码规则将 ASN.1 数据结构编码为相应的比特流(传输语法)用于传输。编码后的比特流不依赖于具体的计算机结构、具体的编程语言,能被接收方解码为自己的数据表示。

ASN.1 系列规范包括:基本标记规范(ISO/IEC 8824-1)、信息对象规范(ISO/IEC 8824-2)、约束规范(ISO/IEC 8824-3)、参数化规范(ISO/IEC 8824-4)以及基本编码规则、正则编码规则(CER)、非典型编码规则(DER)(ISO/IEC 8825-1)以及紧缩编码规则(PER)(ISO/IEC 8825-2)。MMS 采用基本标记规范和基本编码规则。

#### 1.2.1 基本编码规则

ASN.1 BER 编码结构由三或四部分组成:如图 1 所示:(1)标识符八位数组;(2)长度八位数组;(3)内容八位数组;(4)内容结束八位数组(可选)。

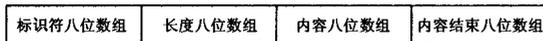


图 1 编码结构

Fig.1 Structure of an encoding

#### 1.2.2 ASN.1 工具

ASN.1 编译器是一个很重要的辅助开发工具,它能将 ASN.1 描述的数据结构翻译成某种计算机编程的数据结构,并为各种数据类型自动生成编解码函数,可以极大地加快协议软件的开发过程。

## 2 MMS 编解码库的设计及工具选择

### 2.1 分层的设计思想

MMS 作为 ISO 的一种应用层协议,位于 OSI 七层参考模型的顶层。它依赖于下层(ISO 表示层或 ACSE)协议提供服务。因此,MMS 通信软件的编写涉及到多层协议编解码库的开发。采用分层的设计思想,概念清晰。当某一层协议改变时,仅改变该层的编解码库即可。

MMS 编解码库在 MMS+TCP/IP+以太网的通信模型中的位置,如图 2 所示。

### 2.2 库函数接口设计

MMS 编解码库,提供两个函数接口:编码函数和解码函数。编码是将具体编程语言描述的 MMS

PDU 结构(具体语法)转换为 8 位二进制表示的比特流(传输语法)。解码是实现与编码相反的过程。编解码函数的 C 语言原型声明如图 3 所示。

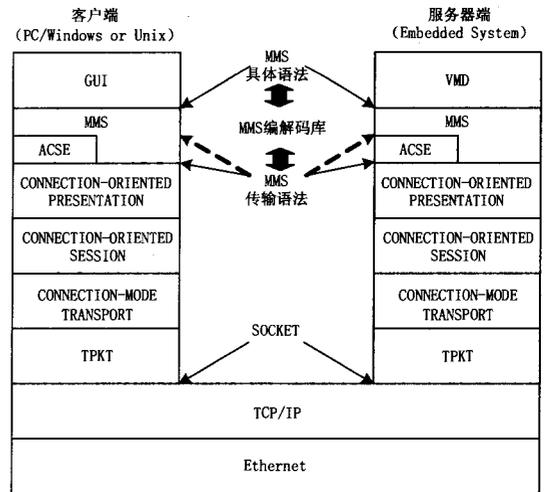


图 2 MMS+TCP/IP+以太网的通信模型

Fig.2 Model of communication based on MMS+TCP/IP+Ethernet

```
int encoder(MMSPdu_t* mms_pdu,char* outbuf);
MMSPdu_t* decoder(const void *buffer, size_t buf_size);
```

图 3 编解码函数的 C 语言原型声明

Fig. 3 Prototype declaration of encoder and decoder functions in C language

encoder 是 MMS 编码函数,参数 1(输入)是描述 MMS PDU 的 C 结构体(MMSPdu\_t)变量的首地址,参数 2(输入、输出)是指定用于存放编码后的报文数组的首地址,函数的返回值是编码后的报文数组的长度。decoder 是 MMS 解码函数,参数 1,2(输入)分别为需要解码的报文数组首地址及其长度,函数的返回值是描述 MMS PDU 的 C 结构体变量的首地址。简洁的接口设计,将方便 MMS 编解码库的使用。

### 2.3 库函数发布方式设计

MMS 客户和服务器都需要 MMS 编解码库的支持,而它们采用不同的操作系统,运行于不同的硬件平台之上:客户端多为 PC 机(站级计算机),可能使用 Windows 操作系统;而服务器端多为基于嵌入式系统的智能电子设备(IED),可能使用各种嵌入式操作系统(甚至不用操作系统)。因此,库函数提供的方式应能满足不同系统的需求。对于 Windows 操作系统,编解码库函数以动态链接库(DLL)的形式提供,将编解码函数作为导出函数,

在通信程序执行时链接编解码库函数。对于其它操作系统, 本文以编程语言源代码的形式提供, 在编译通信程序时, 加入这些源代码一起编译。

### 2.4 工具选择

ASN.1 编译器支持 ASN.1 与多种目标语言(C, C++, Java 等) 转换, 由于 PC 和嵌入式系统都支持 C 语言编程, 因此将 C 语言作为编程语言, 选用功能强大的 ASN.1 规范到 C 源代码的编译器, 开发 MMS 编解码库具有很强的通用性。

asn1c-0.9.21 是一个源代码开放的 ASN.1 规范到 C 源代码的编译器。它支持各种版本(ASN.1:1988, 1994,1997,2002) 的 ASN.1 语法, 支持 BER、PER、XER 编码规则, 已成功用于 RRC 25.331、MHEG-5 等协议软件的开发工作。本文将 asn1c-0.9.21 编译器用于 MMS 编解码, 可以在不增加系统成本的前提下, 大大降低 MMS 编解码实现的难度。

## 3 MMS 编解码库的实现

### 3.1 IEC61850 MMS 子集 ASN.1 规范的形成

依据 IEC61850 8-1 对 MMS 一致性的要求, 对完整的 ISO 9506-2 协议规范进行删减, 形成 IEC 61850 MMS 子集的协议规范。最终将该子集规范以扩展名为 asn1 的文件保存, 这里取名为 mms.asn1。它就是抽象语法文件, 将作为 ASN.1 编译器的输入文件。

协议规范中的 IF、ELSE、ENDIF 是嵌入 ASN.1 的预处理语言, asn1c-0.9.21 不支持其解析, 必须根据 61850 8-1 规定 MMS 支持的服务和参数 CBB, 对这些部分进行改写, 去掉这些预处理关键字。以 MMSpdu 的预处理为例, 说明改写的方法, 如图 4 所示。

```

MMSpdu ::= CHOICE
{
...
confirmedErrorPDU [2] IMPLICIT Confirmed-ErrorPDU
IF ( unsolicitedStatus informationReport eventNotification )
unconfirmedPDU [3] IMPLICIT UnconfirmedPDU,
ELSE
unconfirmedPDU [3] IMPLICIT NULL,
ENDIF
rejectPDU [4] IMPLICIT RejectPDU,
...
}
MMSpdu ::= CHOICE
{
...
confirmedErrorPDU [2] IMPLICIT Confirmed-ErrorPDU
unconfirmedPDU [3] IMPLICIT UnconfirmedPDU,
rejectPDU [4] IMPLICIT RejectPDU,
...
}
    
```

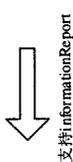


图 4 MMSpdu 的预处理

Fig.4 Pretreatment of MMSpdu

### 3.2 ASN.1 规范到 C 源代码的转换

将 mms.asn1 拷贝到 asn1c-0.9.21 的安装目录(默认: C:\Program Files\asn1c), 在命令行键入

asn1c.exe -S "C:\Program Files\asn1c\skeletons" -fcompound-names -fnative-types -fskeletons-copy mms.asn1, 调用 asn1c 编译器实现 ASN.1 规范文件到 C 源代码的转换。asn1c 编译器的输入输出如图 5 所示。

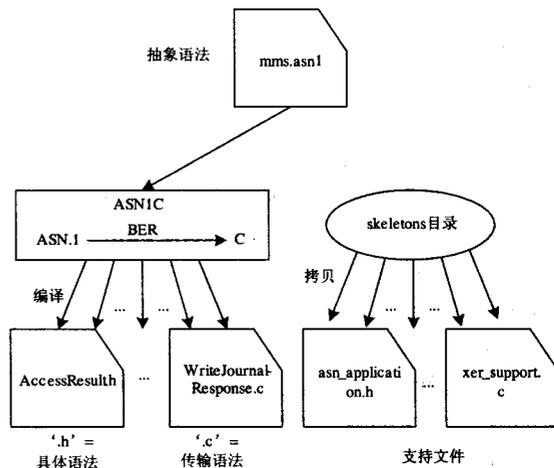


图 5 asn1c 编译器的输入输出

Fig.5 Input and output of asn1c compiler

这样将编译生成一系列.h 和.c 文件, 并从编译器 skeletons 目录拷贝相关的支持文件(手动删除 converter-sample.c 文件)。编译生成的.h 文件就是具体语法文件, 它实现了 ASN.1 描述的 PDU 结构到 C 语言数据类型的转换。编译生成的.c 文件就是传输语法文件, 它为规范中的每一个类型生成了各自的编解码函数。

### 3.3 编解码库的生成

#### 3.3.1 动态链接库形式的 MMS 编解码库的生成

采用集成 GCC 编译器的集成开发环境 Dev-C++, 开发 DLL 工程(mms.dev)。将 3.2 编译和复制得到的所有.h .c 文件, 拷贝到工程目录, 并加入到该工程。对 Project Options-Parameters-linker 进行设置, 添加 libiberty.a, libwsck32.a 引入库, 并在 Project Options-Directories-Include Directories 下添加头文件搜索路径 C:\Program Files\asn1c\skeletons。在 dll.h 文件中, 对编解码函数进行声明: 在图 3 基础上在函数前加上关键字 DLLIMPORT, 将编解码函数定义为 mms.dll 的导出函数(dll.h 中应包含 MMSpdu.h 头文件)。在 dllmain.c 文件中, 编写具体的编解码函数。编码最终通过调用 asn1c 编译器生成的 der\_encode\_to\_buffer 函数实现。解码调用 asn\_DEF\_MMSpdu.ber\_decoder 函数实现。编解码函数的实现如图 6 所示。

```

DLLIMPORT int encoder(MMSPdu_t* mms_pdu,char* outbuf)
{
    asn_enc_rval_t ec;
    ec = der_encode_to_buffer(&asn_DEF_MMSPdu_mms_pdu,outbuf(MMSPDU_MAX_SIZE);
    if(ec.encoded != -1)
    {
        return ec.encoded;//编码成功
    }
    else
    {
        return -1;//编码失败
    }
}

DLLIMPORT MMSPdu_t* decoder(const void*buffer, size_t buf_size)
{
    MMSPdu_t* rect = 0; /* Note this 0! */
    asn_dec_rval_t rval;
    rval = asn_DEF_MMSPdu_decoder(0,&asn_DEF_MMSPdu(void
    **&rect,buffer,buf_size,0);
    if(rval.code == RC_OK)
    {
        return rect; /* Decoding succeeded */
    }
    else
    {
        /* Free partially decoded rect */
        asn_DEF_MMSPdu_free_struct(&asn_DEF_MMSPdu rect, 0);
        return 0;
    }
}
    
```

图 6 编解码函数的实现

Fig.6 Realization of encoder and decoder functions

用 Dev-C++ 编译生成 mms.dll。MMS 编解码库应将 mms.dll 以及工程中的所有.h 文件提供给用户使用。

### 3.3.2 源代码形式的 MMS 编解码库的生成

新建 mms\_coder.h, mms\_coder.c 文件, 在 mms\_coder.h 中对编解码函数进行声明(如图 3), 在 mms\_coder.c 文件中编写 MMS 的编解码函数, 函数的实现与图 6 基本相同(去掉关键字 DLLIMPO-RT)。

将上述两文件连同 ASN.1 编译器编译生成和复制得到的所有 C 语言头、源文件, 一起提供给用户即可。

## 4 MMS 编解码库的使用及测试

### 4.1 动态链接库形式的 MMS 编解码库的使用及测试实例

在 windows 环境下, 采用 VC++ 6.0 编写测试程序, 对 MMS 编解码库进行测试。将 mms 编解码库提供的 mms.dll 以及相关头文件一起, 拷贝到测试程序工程所在目录。将头文件加入到该工程。对 mms.dll 导出的编解码函数的使用, 由于没有引入库.lib 文件, 只能采用动态加载方式。在需要进行编解码的文件中包含 MMSPdu.h, 编码工作仅需要按照 MMS 服务的参数, 对 MMSPdu\_t 的成员变量进行赋值, 然后调用编码函数即可; 解码工作在调用解码函数后, 可以通过对 MMSPdu\_t 的成员变量的值的分析, 解析出 MMS 服务的各参数并决定下

一步的行为。

按照上述步骤, 在编译工程时仍会产生'struct' type redefinition 的错误, 这是由于 VC++ 6.0 编译器不能完全支持标准的 C++ 规范, 需要对错误代码处进行一些小的修改。将 A\_SEQUENCE\_OF() 宏内定义的结构体, 放在前面先定义该结构体类型, 再在宏中使用该结构体类型。头文件的修改实例, 如图 7 所示。

```

typedef struct VariableAccessSpecification
{
    ...
    {
        ...
        A_SEQUENCE_OF
        (
            struct VariableAccessSpecification_listOfVariable__Member
            {
                VariableSpecification_t variableSpecification
                asn_struct_ctx_t _asn_ctx;
            } list;
        ...
    }
    ...
} VariableAccessSpecification;

typedef struct VariableAccessSpecification_listOfVariable__Member
{
    VariableSpecification_t variableSpecification
    asn_struct_ctx_t _asn_ctx;
} VariableAccessSpecification_listOfVariable__Member_t;

typedef struct VariableAccessSpecification
{
    ...
    {
        ...
        A_SEQUENCE_OF
        (
            VariableAccessSpecification_listOfVariable__Member_t
            ) list;
        ...
    }
    ...
} VariableAccessSpecification;
    
```

图 7 头文件的修改

Fig.7 Modification of header files

本文已对 MMS 编解码库, 做了大量的测试工作。测试结果表明, 它能够很好地完成所有编解码工作。下面是 MMS 解码测试的一个实例: 解码报文参考 MMS Ethereal 软件截获的, Tamarack 公司的 IEC 61850 Demo Server 收到的 Client 的一条 GetNameList Request 报文: a0 0e 02 01 03 a1 09 a0 03 80 01 09 a1 02 80 00。在测试程序中, 我们将其存放于一个长度为 16 的字符数组, 将该数组的首地址及长度 16 作为输入参数, 调用 MMS 库的解码函数, 通过调试运行可以清晰看到解码后 MMSPdu\_t 成员变量的值与 MMS Ethereal 分析结果相吻合。测试程序调试运行结果如图 8 所示。

MMS Ethereal 分析结果如图 9 所示。

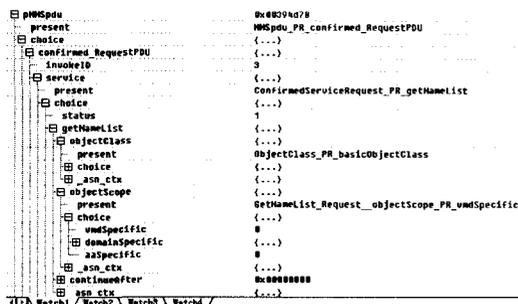


图 8 测试程序调试运行结果

Fig.8 Result of testing program in debug mode

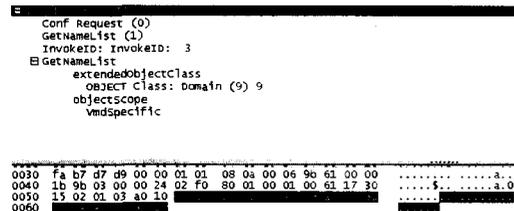


图 9 Ethereal 分析结果

Fig. 9 Analytical result of Ethereal

#### 4.2 C 语言源代码形式的 MMS 编解码库的使用

在通信应用程序文件中调用 MMS 编解码库函数，在编译时将 C 源代码形式的 MMS 编解码库和通信程序文件一同，交由 C 语言编译器进行编译，得到通信程序的可执行文件。如图 10 所示。

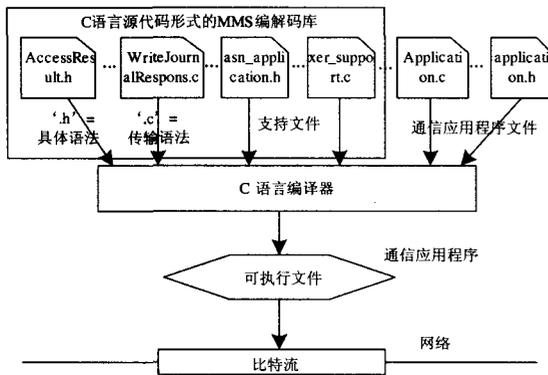


图 10 C 源代码形式的 MMS 编解码库的使用

Fig.10 Use of MMS encoder and decoder library with C source code

### 5 结论

本文设计实现的 MMS 编解码库，已用于 IEC 61850 通信软件的开发之中，能够方便地实现 MMS PDU 的编解码工作，具有较高的实用价值。

在 61850 客户和服务器软件开发过程中，厂商大都采用 SISCO 公司的 MMS-EASE Lite 软件包，其功能强大，但价格昂贵。

由于在 MMS+TCP/IP+以太网的通信模型中，应用层 ACSE，表示层的协议规范都采用 ASN.1 描述，采用本文类似的方法，便可以快捷地实现这些协议层 PDU 的编解码库的开发。会话层、传输层以及 TPKT，其协议规范的方式与传统协议规范（如 IEC 60870-101/104）相同，且仅涉及各个协议非常少的一部分，利用开发传统 101 协议编解码库的方法，能较容易地实现。底层 TCP/IP 协议集，各操作系统多以套接字（SOCKET）的形式为用户提供一套编程接口。因此，在套接字编程的基础上，调用各个层的编解码库函数，实现 61850 MMS 通信，是一个理想的、高性价比的解决方案。

#### 参考文献

- [1] 林知明, 扬丰萍, 余瑛. IEC61850 到 MMS 映射分析及实现[J]. 继电器, 2007, 35(2):64-67.  
LIN Zhi-ming, YANG Feng-ping, YU Ying. Analyzing and Implementation of Mapping Between IEC61850 and MMS[J]. Relay, 2007, 35(2):64-67.
- [2] 李永亮, 袁志雄, 陈斌, 等. 对基于 TCP/IP 的 IEC61850 特定通信服务映射 MMS 的分析与实现[J]. 电网技术, 2004, 28 (24).  
LI Yong-liang, YUAN Zhi-xiong, CHEN Bin, et al. Analysis and Implementation of TCP/IP Based Specific Communication Service Mapping MMS in IEC61850[J]. Power System Technology, 2004, 28 (24).
- [3] 丁青锋. 基于 IEC61850 的 ASN.1 编解码器的研究[J]. 华北水利水电学院学报, 2007, 28 (1).  
DING Qing-feng. Research of ASN.1 Encoder/Decoder Based on IEC61850[J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, 2007, 28 (1).
- [4] IEC 61850-8-1 Communication Networks and Systems in Substations-Specific Communication Service Mapping (SCSM)-Mapping to MMS (ISO/IEC 9506 Part 1 and Part 2) and to ISO/IEC 8802-3[S].
- [5] ISO 9506-1 Manufacturing Message Specification Service definition[S].
- [6] ISO 9506-1 Manufacturing Message Specification Protocol specification [S].
- [7] Using the Open Source ASN.1 Compiler[EB/OL]. <http://lionet.info/asn1c/asn1c-usage.html>.

收稿日期: 2007-08-16; 修回日期: 2007-09-29

作者简介:

王 林 (1983-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为轨道交通电气化及其自动化、IEC61850、电能质量监测、测控技术; E-mail: wanglin2117@163.com

王 倩 (1962-), 女, 教授, 主要研究方向为电力调度综合自动化、分布式开放式 SCADA 系统、嵌入式工业测控系统;

刘从洪 (1981-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为轨道交通电气化及其自动化、电力系统通信。