

基于 MMS 的 ACSI 基本信息模型获取方法

王德文, 朱永利, 翟学明, 邸 剑

(华北电力大学计算机科学与技术学院, 河北省保定市 071003)

摘要: IEC 61850 标准的主要目标是实现不同厂商设备之间的互操作性, IEC 61850 基本信息模型的获取是进行 IEC 61850 深层次互操作试验的前提。分析了抽象通信服务接口 (ACSI) 提供的应用关联、目录、数据定义以及制造报文规范 (MMS) 提供的初始化与变量列表等服务, 给出了 ACSI 与 MMS 获取服务之间的映射规则, 提出了基于 MMS 的 ACSI 基本信息模型获取的实现方法。基于上述方法设计了由 ACSI 管理器、特定通信服务映射 (SCSM) 管理器、MMS 协议机、ASN.1 编/解码器与 ACSI/MMS 应用软件所构成的原型系统, 通过了互操作与功能测试。

关键词: 互操作性; IEC 61850; 抽象通信服务接口; 制造报文规范; 特定通信服务映射; MMS 协议机; ASN.1 编/解码器

中图分类号: TM764; TM73

0 引言

IEC 61850 是 IEC TC57 制定的变电站通信网络和系统的一系列国际标准(国内相应的电力行业标准为 DL/T 860)^[1]。从 2005 年开始, 国内先后进行了 6 次互操作试验, 一些以 IEC 61850 为核心的数字化变电站示范工程也正在建设过程中^[2]。目前, IEC TC57 第 10 工作组 (WG10) 正在制订 IEC 61850 的第 2 版, IEC 61850 将被应用于变电站、控制中心和风电厂等多个方面, 成为电力工业自动化的无缝通信标准。

IEC 61850 采用面向对象的方法, 为整个变电站的物理对象(包括一次设备和测量、控制、保护等二次设备)以及通信网络等定义了层次化的信息模型。信息模型获取是进行 IEC 61850 深层次互操作试验的前提, 常见的一种方法是: 使用基于变电站配置描述语言 (SCL) 的配置工具通过 SCL 模式文件 (SCL Schema) 对变电站、智能电子设备 (IED) 和通信网络的自描述文件进行可扩展置标语言 (XML) 解析与 SCL 的语法验证, 生成配置描述文件, 客户端通过配置描述文件来获取系统或 IED 的信息模型。文献[3]对该方法进行了详细讨论, 这种方法是一种静态的获取方法, 难以适应信息的变化, 例如当 IED 的部分信息被增加、删除或修改时, 配置描述文件需要被重新生成和传送。

本文利用抽象通信服务接口 (ACSI) 提供的应

用关联、目录和数据定义等服务, 通过自主设计的制造报文规范 (MMS) 协议栈实时获取 ACSI 的基本信息模型。该方法是配置工具的一个有效补充, 当通过配置描述文件获取了 IED 的信息模型后, 运行过程中一旦 IED 基本信息模型发生变化, 客户端可以使用本文所实现的基本信息模型获取服务在线更新所获得的 ACSI 模型信息, 更好地满足工业现场的实际应用需要。

1 ACSI 基本信息模型的获取过程

ACSI 的基本信息模型包括服务器、逻辑设备、逻辑节点、数据和数据属性等对象。本文采用关联 (Associate)、读服务器目录 (GetServerDirectory)、读逻辑设备目录 (GetLogicalDeviceDirectory)、读逻辑节点目录 (GetLogicalNodeDirectory)、读数据目录 (GetDataDirectory) 以及读数据定义 (GetDataDefinition) 等服务来实现 ACSI 基本信息模型的获取, 其获取过程如图 1 所示。

ACSI 是一个概念性的接口, 并没有定义具体的数据通信报文, 而是采用特定通信服务映射 (SCSM) 的方法将其映射为具体的实时通信协议, 从而保证了 IEC 61850 的扩展性, 可以很好地适应底层通信技术的发展。由于 MMS 同样采用面向对象的思想定义了由虚拟制造设备 (VMD)、域 (domain)、有名变量 (named variable) 等构成的层次对象模型, 并在通信服务中同样使用客户/服务器模式, 可以满足 IEC 61850 对强壮的底层实时通信协议的需要, 因此, IEC 61850 将其核心 ACSI 映射到了 MMS^[4]。服务器映射到 VMD, 逻辑设备映射到

域,逻辑节点、数据和数据属性映射到有名变量。表 1 给出了本文所实现的获取服务在 ACSI 与 MMS 之间的映射规则。

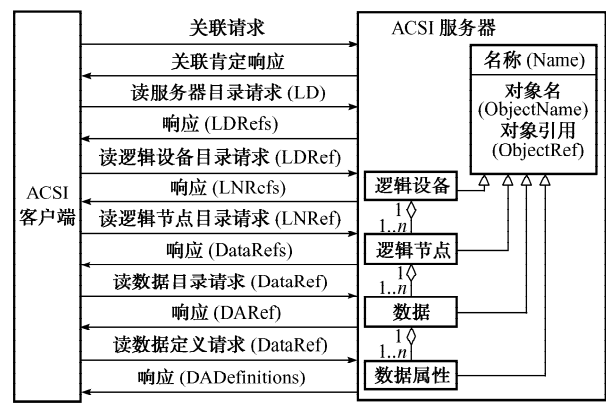


图 1 ACSI 基本信息模型的获取过程

Fig. 1 Acquisition process of ACSI basic information model

ACSI 服务	MMS 服务
Associate	Initiate; Identify; Status; GetCapabilityList
GetServerDirectory	GetNameList
GetLogicalDeviceDirectory	GetNameList
GetLogicalNodeDirectory	GetNameList
GetDataDirectory	GetVariableAccessAttributes
GetDataDefinition	GetVariableAccessAttributes

由于 ACSI 中没有相应的服务和 VMD 所支持的状态(Status)、标识符(Identify)以及获取能力列表(GetCapabilityList)等服务进行映射^[5], 本文将以上三者在 Associate 服务中实现。在获取 ACSI 信息模型的过程中, 首先, 客户端发出 Associate 服务请求与服务端建立双边应用关联, 并获取服务端的制造商名称、模型名称、版本号、逻辑状态、物理状态、本地细节以及能力列表等信息; 随后, 依次发出获取目录和数据类型定义服务请求; 最后, 一次性获取到服务端的 ACSI 层次信息模型(包括服务器、逻辑设备、逻辑节点、数据、数据属性和属性定义等)。另外, 当服务端信息模型发生改变时, 客户端可以选择合适的服务并调整参数, 更新所获取的 ACSI 模型信息。

2 采用 MMS 进行 ACSI 基本信息模型的数据交换

ACSI 基本信息模型获取的关键是解决如何通过底层通信协议来进行 ACSI 的数据交换问题。目

前, 绝大多数关于核心 ACSI 服务的理论研究和工程实践都采用国外 MMS 产品^[6], 例如 SISCO 公司的 MMS-EASE Lite, 是一个 MMS 协议的开发包, 提供 2 套应用程序接口(API), 即 MMS Protocol Encode/Decode 和 MMS-EASE Virtual Light, 无需开发人员自己实现 MMS 协议机以及 ASN.1 的编/解码器, 开发 MMS 的应用方便快捷, 但并不是专为 IEC 61850 而设计, 过于复杂, 依赖进口, 价格昂贵, 并不利于 IEC 61850 的推广应用。由于 IEC 61850 只使用 MMS 服务和协议的一个子集, 所以针对 IEC 61850 的应用来自主开发 MMS 是可行的^[7-8]。

2.1 原型系统的结构

本文在 Windows 平台上采用 C 语言、Visual C++ 和 ISO 开发环境(ISODE)设计了一个原型系统, 其核心部分包括 MMS 协议机(MMPM)、SCSM 模块、ACSI 模块、ACSI/MMS 客户/服务器等, 如图 2 所示。

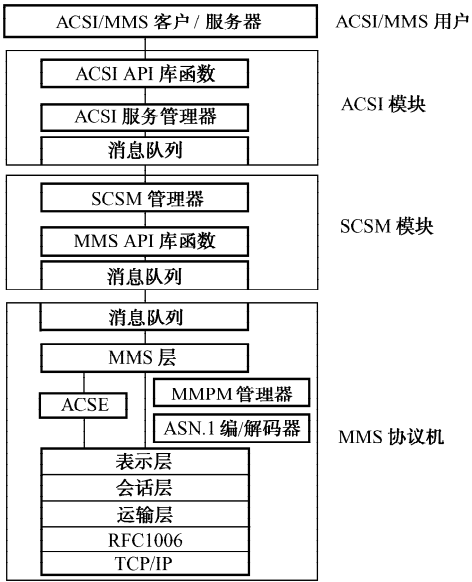


图 2 原型系统的软件结构

Fig. 2 Software structure of a prototype system

为了充分发挥 ACSI 和 SCSM 能够适应底层通信技术发展的优势, 并提供 MMS API 函数异步模式的支持, ACSI 模块、SCSM 模块和 MMPM 被设计为 3 个相对独立的进程实体, 并设置消息队列用来存放 ACSI 或 MMS 的服务请求和响应, 进程间通信通过消息队列来实现。本文以读服务器目录为例描述各部分的功能: 当 ACSI/MMS 客户端调用 ACSI API 函数 GetServerDirectory 时, ACSI 服务管理器产生相应的 ACSI 服务请求插入到 ACSI 消息请求队列中, 并将该服务请求发送给 SCSM 管理器; SCSM 管理器将该 ACSI 服务请求映射成相应

的 MMS API 函数调用 GetNameList,并发送给 MMPM 管理器;MMPM 管理器将接收的函数调用插入到 MMS 消息请求队列中,MMS 层构造相应的 MMS 协议数据单元(PDU),ASN.1 编/解码器对其进行编码并经过底层协议栈的逐层封装生成报文,最后发送给 ACSI/MMS 服务器。

2.2 MMPM

MMS 客户/服务器间的原语交换是通过 MMS 服务提供者来实现,MMS 服务提供者的核心为 MMPM。本文所设计的 MMPM 采用分层的方法,将整个 MMPM 分成运输层、会话层、表示层、关联控制服务元素(ACSE)层、MMS 层、MMPM 管理器和 ASN.1 编/解码器等。其中,ACSE 层、表示层和会话层通过 ISODE 实现,运输层采用 RFC 1006 在 TCP 协议栈上实现,链路层和物理层采用以太网。

ACSI 基本信息模型获取过程中使用的服务基本上都是证实性的服务,使用请求、指示、响应和证实 4 类服务原语,其数据通信过程如下:

1)MMS 客户端向 MMS 服务提供者发出服务请求(例如 GetNameList),MMS 服务提供者将服务原语及参数传递给 MMPM,MMPM 构造相应的 MMS PDU,对其进行编码并经底层协议栈(ACSE 或表示层、会话层、运输层、TCP/IP)的逐层封装,通过以太网将生成的报文传送给 MMS 服务器。

2)MMS 服务器的底层协议栈对收到的报文逐层拆分成 MMS PDU 传递给 MMPM,MMPM 对其进行解码后向 MMS 服务提供者传递相应的服务原语和参数,MMS 服务提供者通过指示通知 MMS 服务器请求的到达。

3)MMS 服务器处理完服务请求后发回服务响应。

4)MMS 服务提供者通过证实通知 MMS 客户端请求的确认,获取到所请求的有名变量列表,最后组织成 ACSI 的基本信息模型。

2.3 ASN.1 编/解码器

MMS 采用 ASN.1 及其基本编码规则(BER)作为数据结构定义描述工具与传输语法^[9-11]。ASN.1 编/解码器用于 MMS PDU 的 ASN.1 抽象语法与传送语法之间的转换,以实现 MMS 在异构系统下的互操作。ASN.1 BER 的格式为三元组<标签(tag),长度(length),内容(value)>,标签、长度和内容均为 8 位位组序列,简称为 TLV 结构。

以下是本文所实现的初始服务的请求报文。
M-INITIALIZE.REQUEST
{

```
initiate-RequestPDU {  
  localDetailCalling 65000,  
  proposedMaxServOutstandingCalling 10,  
  proposedMaxServOutstandingCalled 10,  
  proposedDataStructureNestingLevel 5,  
  initRequestDetail {  
    proposedVersionNumber 1,  
    proposedParameterCBB {str1, str2, vnam, valt, vlis},  
    servicesSupportedCalling '11111111000011111111'B  
  }  
}
```

其中:“localDetailCalling”编码为“800300fde8”,“80”为标签,标签类型为 IMPLICIT INTEGER,标签值为“0”;“03”为数据单元的长度,即 3 个字节;“00fde8”为所传输数据单元的内容,即“65000”。

需要注意的是,TLV 结构作为一种编码规则,其 8 位位组受限于 ASN.1 的实际定义。例如“位串”类型的 8 位位组不仅包括传输内容,还包括未使用的位数。例如“proposedParameterCBB”被编码为“810305f100”,其中“81”为标签,“03”为长度,“05”为未使用的位数,“f100”为内容。

2.4 ACSI/MMS 应用程序接口与应用软件

为了能够通过 MMS 环境开发 IEC 61850 的各种应用,系统提供了统一的 API。具体到 ACSI 基本信息模型获取的应用,系统提供了 Associate,GetServerDirectory, GetLogicalDeviceDirectory, GetLogicalNodeDirectory, GetDataDirectory, GetDataDefinition 等服务接口,可以满足对目录和数据定义信息获取的需要。本文利用 ACSI/MMS API 开发了一个 ACSI/MMS 客户机软件,用于进行 ACSI 基本信息模型获取,提供 ACSI 和 MMS 对象的获取、浏览等功能。另外,开发了一个 ACSI/MMS 服务器软件,建立了一个 ACSI 基本信息模型,模拟 IED 的工作过程。

3 实验平台的构建和原型系统测试

为了对所开发的原型系统进行互操作和功能测试,选用 IEC 61850 测试评估软件,构建了一个实验平台,由客户端、服务器端和协议分析器构成。客户端包括 ACSI/MMS 客户机软件、Cycle 公司的 LiveData 客户端软件和 SISCO 公司的 MMS Object Explorer 客户端软件;服务器端包括 ACSI/MMS 服务器软件和 Tamarack 公司的服务器软件 Windows Test Server(WinServD);协议分析器包括 KEMA UniCA IEC 61850 与 MMS-Ethereal。

如图 3 所示。

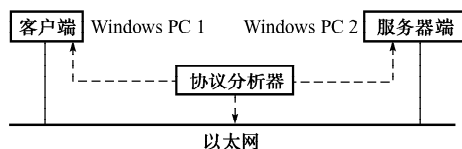


图 3 实验平台的配置

Fig. 3 Configuration of experiment platform

首先使用协议分析器对本文所实现的关联、目录获取和数据定义等获取服务(包括 Associate, GetServerDirectory, GetLogicalDeviceDirectory 等)进行报文的抓取。协议分析结果表明:所实现的 ACSI 和 MMS 映射机制以及 MMPM 符合 IEC 61850 及 MMS 标准的要求。

使用 ACSI/MMS 客户机软件向 Tamarack WinServD 发出关联、目录和数据定义请求,成功获取了服务器端的 ACSI 基本信息模型,并使用 MMS 开发商 SISCO 公司的 MMS Object Explorer 客户端获取了 Tamarack WinServD 的 MMS 对象模型(见附录 A 图 A1 和图 A2)。通过对比测试可以看出:ACSI/MMS 客户机软件获取的是 ACSI 信息模型,包括服务器(例如 192.168.0.148)、逻辑设备(Relay)、逻辑节点(LLN0 等)、功能约束(AX 等)以及数据(Diag 等);SISCO 公司的 MMS Object Explorer 获取的是 MMS 对象模型,包括服务器(WinServD)、域(Relay)以及有名变量(LLN0 \$ AX \$ Diag 等)。虽然展现方式不同,但双方所获取的数据是完全一致的。

为了测试 ACSI/MMS 服务器软件,使用 LiveData 客户端软件向 ACSI/MMS 服务器软件发出 MMS 对象获取请求,获取了 ACSI/MMS 服务器的 MMS 对象模型,实验结果见附录 A 图 A3。

为了进行深层次的互操作试验并能够运行在嵌入式平台,所开发的系统需要进一步改进,例如 MMPM 虽然采用了 C 语言进行开发,还需要对代码进行精简优化,并采用扁平化的设计以减少表示层、会话层、运输层和 ASN.1 编/解码器之间的数据交换,减少内存占用并提高运行效率。

4 结语

IEC 61850 标准的目的之一是实现不同厂商设备之间的互操作性。若客户端无法获取服务器端的 ACSI 基本信息模型,就无法进行后续的实时数据通信等工作。本文通过对 IEC 61850 和 MMS 的研究和分析,提出了基于 MMS 的 ACSI 基本信息模型获取的实现方法,并开发了原型系统,通过互操作

和功能测试,验证了方案的可行性。

附录见本刊网络版(<http://www.aeps-info.com/aeps/ch/index.aspx>)。

参考文献

- [1] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. IEC 61850 通信协议体系介绍和分析. 电力系统自动化,2000,24(8):62-64.
REN Yanming, QIN Lijun, YANG Qixun. Study on IEC 61850 communication protocol architecture. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(8): 62-64.
- [2] 辛耀中,王永福,任雁铭. 中国 IEC 61850 研发及互操作试验情况综述. 电力系统自动化,2007,31(12):1-6.
XIN Yaozhong, WANG Yongfu, REN Yanming. Survey on research development and interoperability test of IEC 61850 in China. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(12): 1-6.
- [3] 王丽华,张青山,张马龙,等. IEC 61850 建模工具的设计与实现. 电力系统自动化,2008,32(4):73-76.
WANG Lihua, ZHANG Qingshan, ZHANG Malong, et al. Design and implementation of modeling tool based on IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(4): 73-76.
- [4] 何卫,缪文贵,朱送怡,等. IEC 61850 模型与 MMS 映射的矛盾及其解决建议. 电力系统自动化,2006,30(23):97-100.
HE Wei, MIAO Wengui, ZHU Songyi, et al. Contradiction in the mapping of IEC 61850 model and MMS and its solutions. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(23): 97-100.
- [5] IEC 61850-8-1 Communication networks and systems in substations, Part 8-1: specific communication service mapping (SCSM)—mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3. 2004.
- [6] 韩明峰,郑永志,唐永建,等. IEC 61850 目录服务的探讨与实现. 电力系统自动化,2006,30(18):74-76.
HAN Mingfeng, ZHENG Yongzhi, TANG Yongjian, et al. Discussion and implementation of IEC 61850 directory and definition services. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(18): 74-76.
- [7] 王德文,朱永利,邸剑. 利用 IEC 61850/MMS 的电力远动实时数据交换新方法. 中国电机工程学报,2008,28(1):65-70.
WANG Dewen, ZHU Yongli, DI Jian. A new approach to exchange real-time data of power telemonitoring systems by using IEC 61850/MMS. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(1): 65-70.
- [8] 丁代勇,刘频,王晓茹. 基于 IEC 61850 的 MMS 客户端软件的设计与实现. 继电器,2007,35(8):45-49.
DING Daiyong, LIU Pin, WANG Xiaoru. Design and implementation of MMS client software based on IEC 61850. Relay, 2007, 35(8): 45-49.
- [9] 丁心泉,顾冠群,雷静,等. OSI MMS 系统中 ASN.1 编解码器的设计与实现. 计算机研究与发展,1997,34(7):523-528.
DING Xinquan, GU Guanqun, LEI Jing, et al. Design and implementation of an ASN.1 encoder decoder in the OSI MMS system. Computer Research and Development, 1997, 34(7): 523-528.

- [10] ISO 9506 Industrial automation systems: Manufacturing Message Specification. 2002.
- [11] ISO/IEC 8824 Information technology: Abstract Syntax Notation One (ASN. 1). 2002.

gmail.com

朱永利(1963—),男,教授,博士生导师,主要研究方向:

电力系统自动化、电力系统运动和人工智能。

翟学明(1967—),男,副教授,主要研究方向:电力系统自动化。

王德文(1973—),男,通信作者,博士研究生,主要研究方向:电力系统自动化和计算机网络。E-mail: wdewen@

Method of Acquiring the Abstract Communication Service Interface (ACSI) Basic Information Model Based on Manufacturing Message Specification (MMS)

WANG Dewen, ZHU Yongli, ZHAI Xueming, DI Jian

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: The main objective of IEC 61850 is the interoperability between different vendors' equipments. The acquisition of the basic information model is the precondition for the deep-level interoperability tests of IEC 61850. Based on an analysis of the associates, directory and data definition services in the abstract communication service interface (ACSI), and initiation and variable listing services in the manufacturing message specification (MMS), a mapping rule between ACSI and MMS is suggested. An implementing method of the ACSI basic information model acquisition based on MMS is proposed. Furthermore, a prototype system based on the above method has been designed, which includes the ACSI manager, specific communication service mapping (SCSM) manager, MMS protocol machine (MMPM), ASN.1 encoder/decoder and ACSI/MMS application software. It has passed interoperability and function tests.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 60574037).

Key words: interoperability; IEC 61850; abstract communication service interface (ACSI); manufacturing message specifications (MMS); specific communication service mapping (SCSM); MMS protocol machine (MMPM); ASN.1 encoder/decoder

附录 A

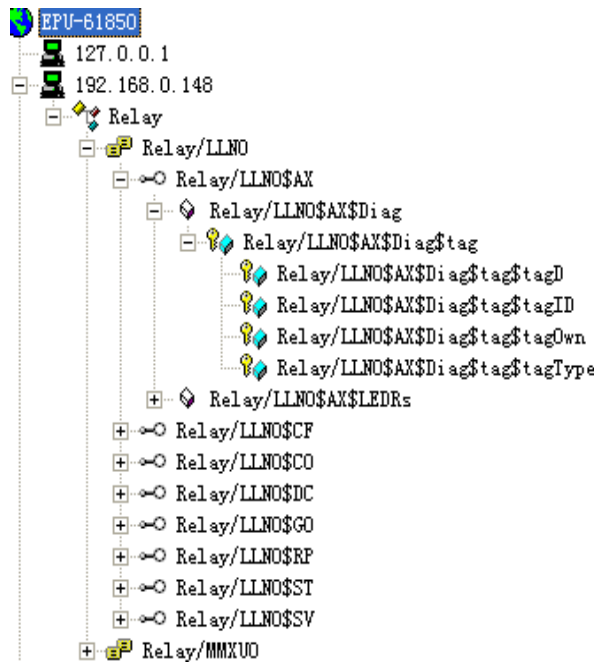


图 A1 Tamarack WinServD 的 ACSI 基本信息模型

Fig. A1 ACSI basic information model of Tamarack WinServD

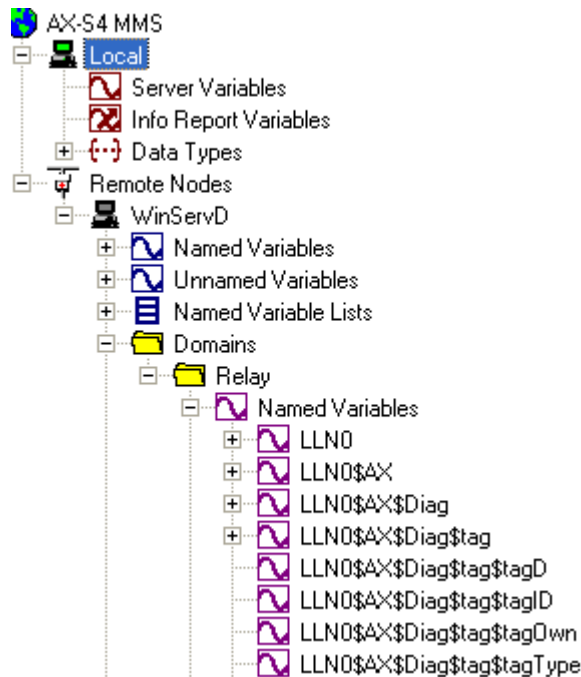


图 A2 Tamarack WinServD 的 MMS 对象模型

Fig. A2 MMS object model of Tamarack WinServD

Status		Identity	
State changes allowed		EPU, Studio.	
Operational		EPU-MMS-001-001	
11111100000011111111		1.00	
Variables		Services	
	Vmd Named variable	Initiate	
	<AA>/AA_Named_variable	Status	
	LD001/CSWI001	Parameters	
	LD001/CSWI001\$ST	STR1 - Arrays	
	LD001/CSWI001\$ST\$Pos	STR2 - Structures	
	LD001/CSWI001\$ST\$Pos\$stVal		
	LD001/CSWI001\$CO		

图 A3 ACSI/MMS 服务器的 MMS 对象模型
Fig.A3 MMS object model of ACSI/MMS server