



[OPC UA]

[穆珊珊][日期][版本]

1. 版本信息

编写人	穆珊珊	审核人	(整理, 检查, 测试, 注释)
应用归属	通讯		
软件信息	(版本, 库)	硬件信息	(硬件型号)
其他			
版本信息	修改内容	修改人	
V1.00	创建		

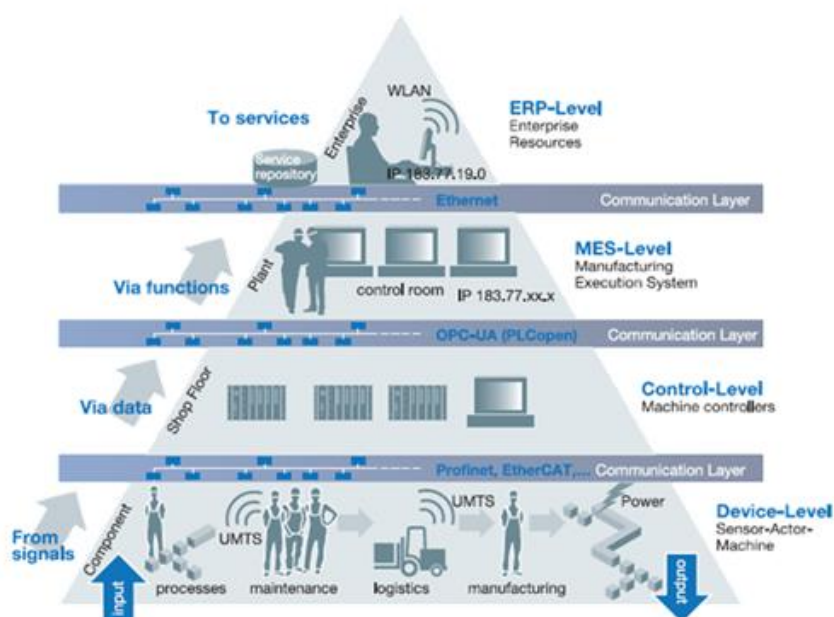
2. 通讯原理介绍

2. 1 基本信息

OPC UA (OPC Unified Architecture , OPC 统一架构) 是 OPC 基金会 (OPC Foundation) 于 2008 年发布的新一代工业通讯规范, 它将所有传统 OPC 功能集成于一个可扩展平台, 是一个独立于平台的面向服务的架构。

OPC UA 是一个安全的、可靠的、独立于制造商并独立于平台的国际性工业通讯标准。它实现了在自动化的金字塔结构中纵向和横向的信息交换, 提供了语义交互性, 有助于工业 4.0 的实现。

它以统一的架构与模式, 既可以实现设备底层的数据 采集、设备互操作等的横向信息集成, 还可以实现设备到 SCADA、SCADA 到 MES、设备与云端的垂直信息集成。





OPC UA 具有以下特点：

(1) 开放性

超过 450 个成员

平台中性

全领域应用

所有连接

(2) 高效率

工业标准

独立于制造商

互操作性

可靠性

(3) 协同性

设备集成

IEC61131-1/PLCopen

分析设备集成

企业-控制系统集成标准 (ISA-95)，批处理 (ISA-88)

智能电网

现场设备集成

EDDL 与现场设备技术 (FDT)

在统一的国际标准下，开发者可以很容易从市场上获得软件解决方案 (SDK、工具等)，不需要再做大量开发工作。

目前贝加莱也是 OPC 基金会的活跃成员。

2. 2 通讯原理

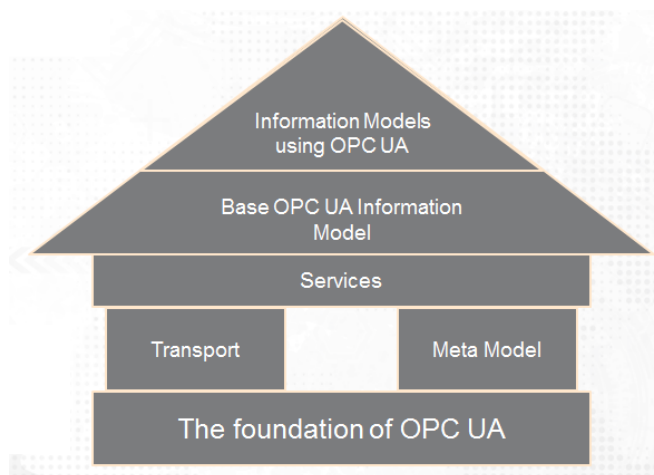
OPC UA 的基本组成有以下几部分：

(1) 传输机制：优化的二进制 TCP 协议；

(2) 元模型：如何对基本信息模型建模的规则；

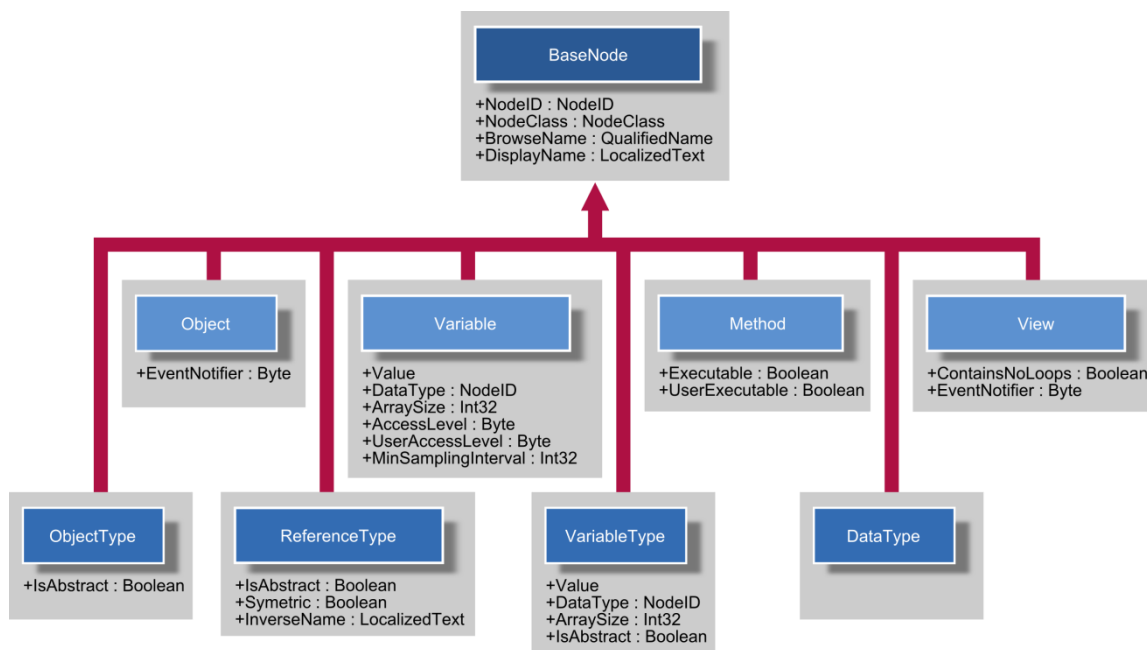
(3) 服务：提供信息模型的服务器和使用信息模型的客户端之间的接口使用的传输机制；

- (4) 基本 OPC UA 信息模型：包含相关类型系统的通用对象模型；
- (5) 扩展 OPC UA 的信息模型：基于 OPC UA 信息模型的生产商特定信息模型。

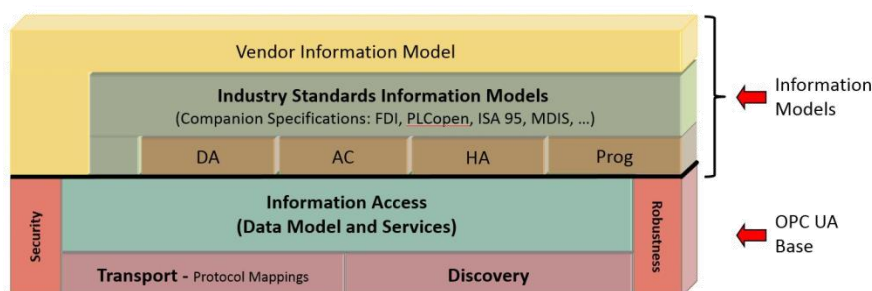


(1) 元模型：

OPC UA 定义了一种包含相关类型系统的通用对象模型。这个基本类型系统可以支持对象之间相互关系——我们称之为引用（reference）——以及多继承（类似于现代的面向对象的编程语言）。基于这个通用对象模型，OPC UA 可以描述各种类型的数据，以及他们的元数据和语义。这样，OPC UA 就可以很容易的支持复杂数据结构，并可以完整的描述复杂过程和系统。



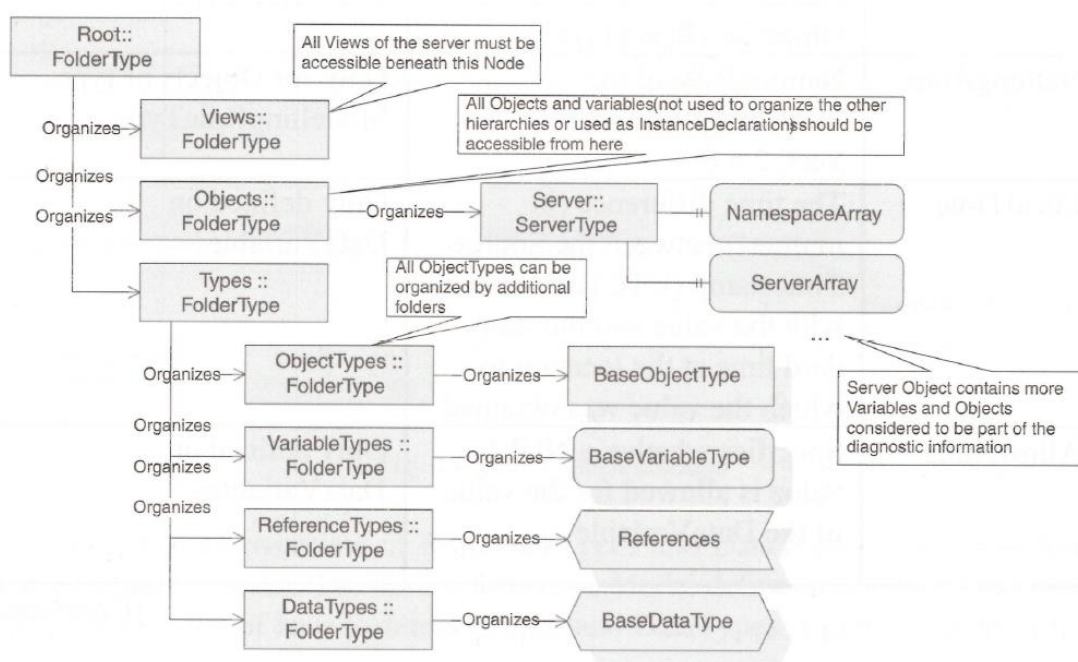
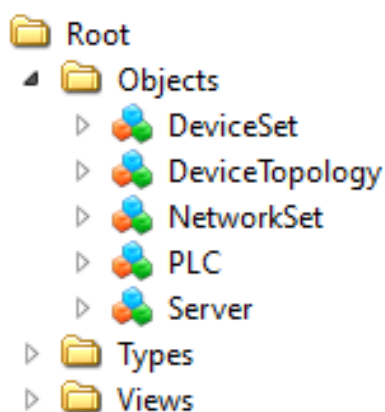
OPC UA 数据模型组成了 UA 信息模型的基础。作为专门的模型，它们通过添加特殊功能，如数据访问、报警和条件、历史访问或程序来扩展 OPC UA 基础模型。



(2) 基本对象类型

除了标准类型、方法和属性，基本模型还定义了一些标准节点作为进入地址空间的入口。

例如：



(3) 提供的服务

OPC UA 服务器提供以下功能：

- 为 OPC UA 客户端提供服务：连接、读写变量、调用方法、浏览等。
- 地址空间：把节点以及它们之间的引用组织在一起，为所属组织命名的命名空间，事件或数据更改通知，调用方法。
- 信息模型：为数据访问、报警和条件、历史访问定义步骤。

（4）服务集

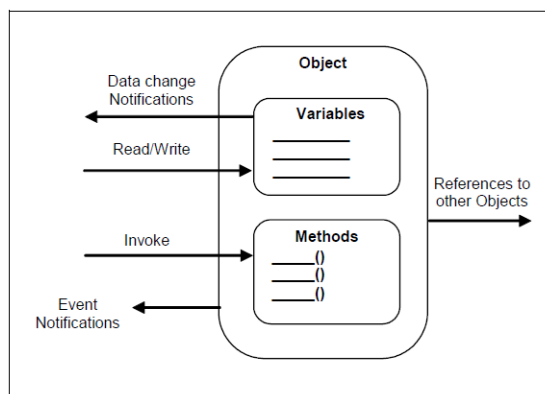
OPC UA 服务集：

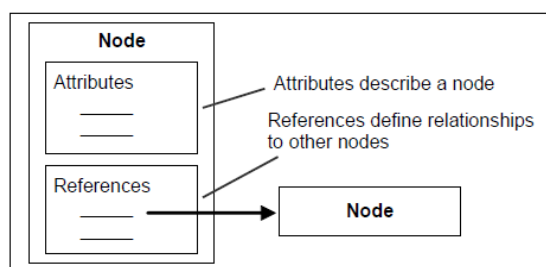
- 安全通道服务集：管理安全通讯通道；
- 会话服务集：管理用户专用连接；
- 节点管理服务集：对地址空间添加、更改、删除节点；
- 视点服务集：浏览地址空间（或其中一部分）；
- 属性服务集：读写值（属性值）；
- 方法服务集：调用对象函数；
- 监控项服务集：监控属性的值变化；
- 订阅服务集：为监控项管理信息；
- 查询服务集：选择节点来查询特定标准；

（5）地址空间

OPC UA 服务器为客户端的访问提供地址空间：

包含 UA 对象；对象由节点和它们之间的引用来表示。命名空间在地址空间中有唯一的 ID。





(6) 节点

信息在 OPC UA 地址空间中以节点的方式管理，每个节点会由一系列的属性定义。

节点 ID 是节点的唯一标识。由以下三部分组成：

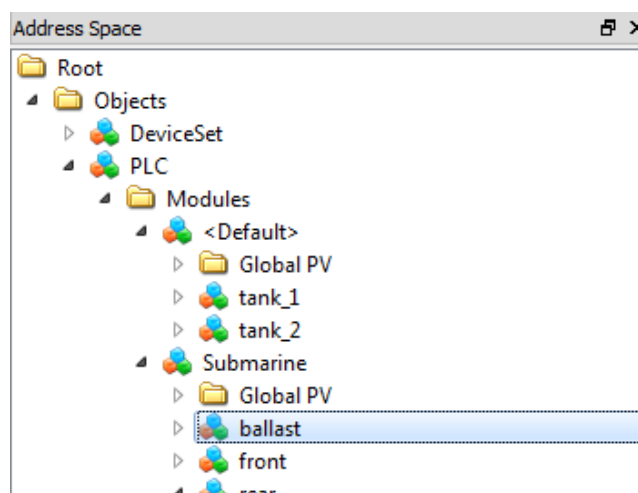
- NamespaceIndex: 命名空间索引号（数据提供者）；
- IdentifierType: 数字/字符串/GUID(全局唯一标识符)
- Identifier: 唯一标识符

BrowseName: 查找节点的非局部名称；

DisplayName: 局部名称；

Description: 局部描述；

NodeClass: 节点的基本类型，有对象类型、变量类型、数据类型、引用类型等。

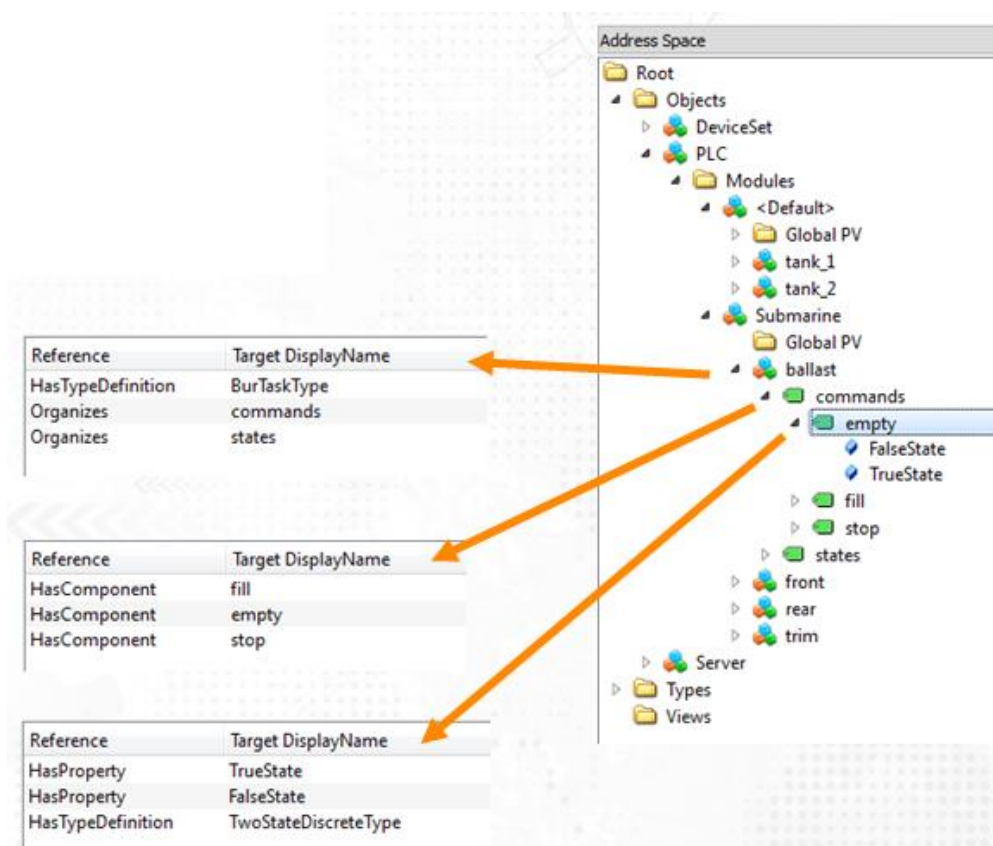


Attribute	Value
NodeId	NodeId
NamespaceIndex	6
IdentifierType	String
Identifier	Submarine::ballast
NodeClass	Object
BrowseName	6, "ballast"
DisplayName	"en-US", "ballast"
Description	"" , ""
WriteMask	0
UserWriteMask	0
EventNotifier	None

(7) 引用

引用：节点之间的关系是由引用类型来定义的。

- HasTypeDefinition：例如，B&R Task
- Organizes：例如，结构体变量；
- HasComponent：例如，结构体元素；
- HasProperty：例如，BOOL 变量的状态；



(8) 命名空间

OPC UA 服务器提供命名空间

- 命名空间可以和标识符组合，一起构成地址空间中的位移 ID。
- 命名空间的 URI 标识了命名所有者；
- 命名空间索引号用来代替命名空间 URI（避免服务调用时的巨大消耗）。

Address Space		Value	Array of String
Root		[0]	http://opcfoundation.org/UA/
Objects		[1]	urn:B&R/server/
DeviceSet		[2]	http://opcfoundation.org/UA/DI/
PLC		[3]	http://PLCopen.org/OpcUa/IEC61131-3/
Server		[4]	urn:B&R/plc/
Auditing		[5]	
NamespaceArray		[6]	urn:B&R/pv/
ServerArray		[7]	urn:PLCopen/pv/

（9）B&R 数据模型

B&R Namespace[6]: urn:B&R/pv/

浏览路径：通过 Objects->PLC->Modules->Task->Variable

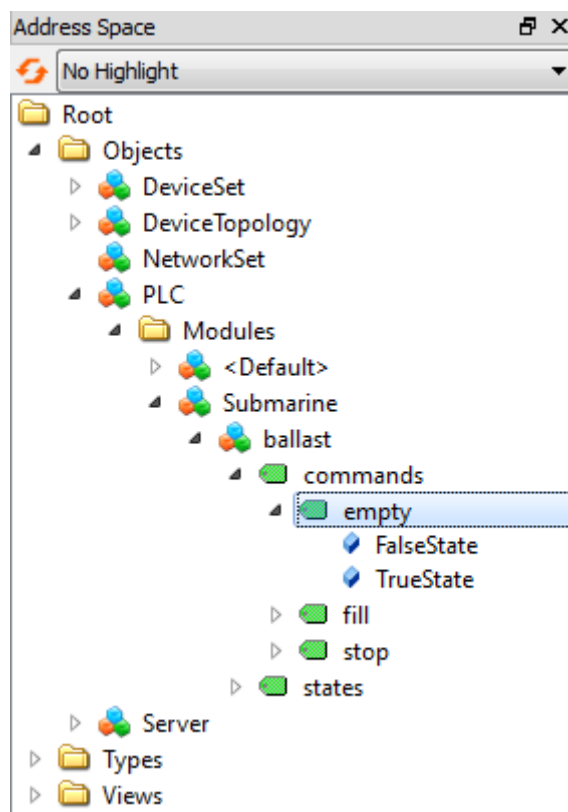
例如， 0:Root/0:Objects/4:PLC/6:Modules/6:Submarine/6:ballast/6:commands/6:empty

上例中相应标识符如下：

NamespaceIndex : = 6;

IdentifierType : = String;

Identifier : = Submarine:: ballast: commands.empty



(10) PLCopen 数据模型

B&R Namespace[7]: urn:PLCopen/pv/

浏览路径: 通过 Objects->DeviceSet->PLC->Resources->CPU->Programs->Task->Variable

例 如 ,

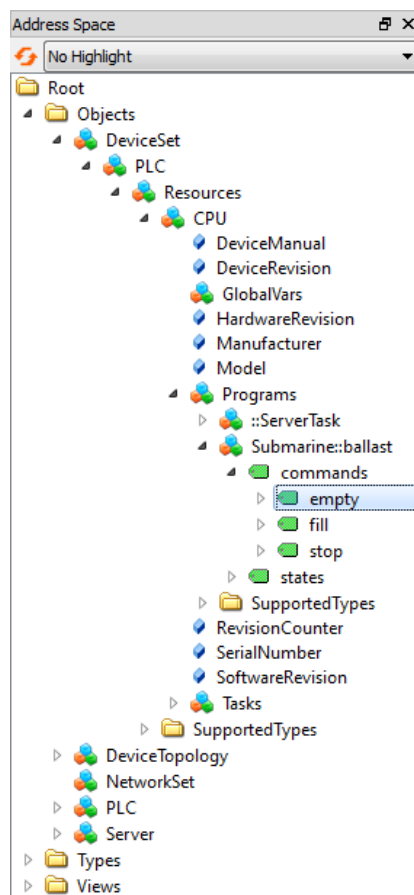
0:Root/0:Objects/2:DeviceSet/4:PLC/3:Resources/4:CPU/3:Programs/7:Submarine&::ballast/6:commands/6:empty

上例中相应标识符如下:

NamespaceIndex : = 7;

IdentifierType : = String;

Identifier : = Submarine:: ballast: commands.empty

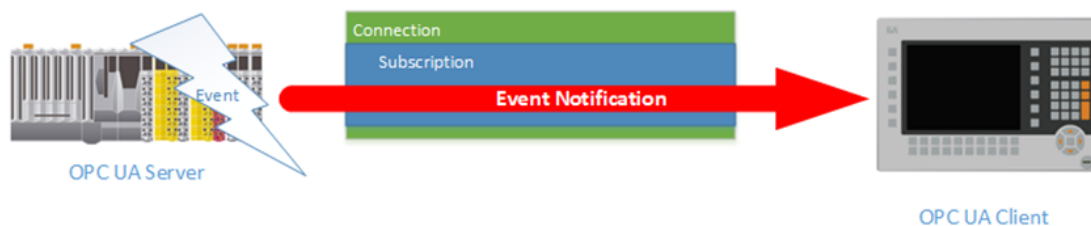


(11) 事件

表示特殊的临时事件，例如，配置更改，审计事件，系统错误等。

服务器使用事件通知来报告事件的发生，客户端通过向服务器订阅来获得事件通知。

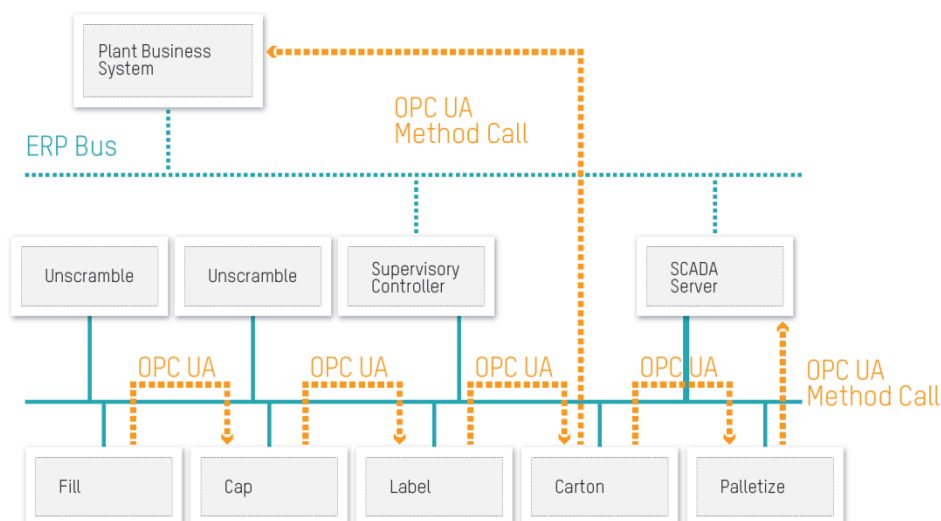
服务器能够支持 **BaseEventType** 中包含的不同事件类型。



(12) 方法

方法是基于 OPC UA 调用远程过程。由客户端触发的服务器上执行某些操作时使用的方法。方法表示对象的函数调用，完成后返回。算法可以浏览。

与读写变量相比，方法会把输入输出参数一起打包到函数中。

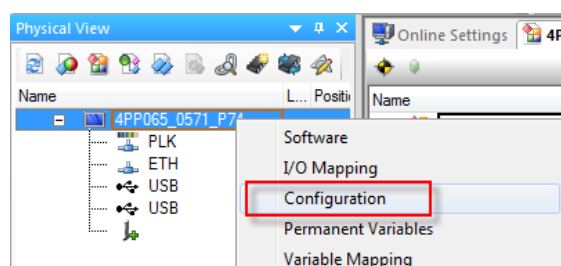


3. AS 中使用

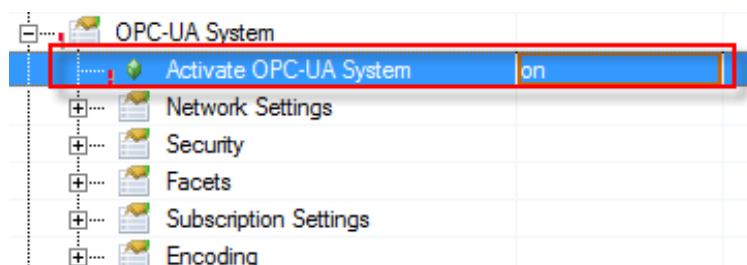
3.1 激活 OPC UA 系统

为了使 OPC UA 的 client 能够访问到 AR 系统，必须要激活目标系统的 OPC UA server。如果 PLC 作为客户端，那么为了使用 AsOpcUac 这个 OPC UA 的客户端库，也必须要激活 PLC 的 OPC UA 系统。

在 physical view 中，在 PLC 的右键快捷菜单中选择 Configuration。



将 OPC-UA System 这一项中的“Active OPC-UA System”选为 on。



如果简单使用，这样就可以了。其它参数不需要改动（如果使用 ARsim 测试，Network Setting 里面的端口号要改为 4841）。

如果了解每个参数的具体含义，请参考下面表格，其中具体解释了各个参数

OPC UA 系统(起始 AR 版本号)	说明	
Activate OPC UA system(B4.04)	On	使能目标系统的 OPC UA 系统
	Off（默认值）	关闭目标系统的 OPC UA 系统
Network settings（网络设置）		
Port number	用来访问 OPC UA server 的网络端口号（默认为 4840）。如果该端口号已经被其它服务器占用,那么 BR server 会取消 OPC UA 启动,并报错 35900。该问题可能会发生在使用 ARsim 时, 如果因为安装了 OPC UA 的核心组件而运行 discovery server,或者是因为安装其它工具时安装了 demo server 并运行了该 server。	
Subscription settings（订阅设置）		
Maximum sample-queue size	监控变量的采样队列的最大存储个数（默认为 100）。采样队列的实际大小是由客户端在生成监控项时指定的, 但是受该设置的限制。 客户端可以使用“MonitoredItems”或者“Subscriptions”订阅该客户端相关数据。数据变化会累计存储在队列中, 直到发布周期到达并发送通知给客户端。该通知会包含队列中所有的变化值。发布周期。当创建或修改订阅时, 客户端会确定发布周期。 队列中的每一条记录都需要所监控变量的大小的内容。例如, 监控 UDINT 类型的 ARRAY[1..1000]的 100 次变化值,在相同的发布周期下, 将占用 DRAM 中 400000 个字节。 客户端预定义的采样周期和发布周期会影响值变化累计的速度和数量。因此会引起目标系统上非预期的大量内存的使用, 可以通过这个设置来限制。	
Event settings（事件设置）		
Auditing server facet（A4.25）	On	使能事件记录服务, 使 OPC UA server 为以下动作生成记录事件:
Enable audit events		安全通道服务集动作（变更为安全连接, 例如证书

(A4.23)		错误) - 会话服务集动作 (例如用户登录和登出) - 具体节点动作(例如变量值)。该节点必须在“Default View Editor”中使能“Audit Events”设置,才能生成事件记录。
	Off (默认)	关闭事件记录服务, OPC UA server 不会生成记录事件
Security settings (安全设置)		
Security (A4.25)	admin	选择被授予管理权限的角色。用户角色系统中定义的角色可供选择。安全管理员的权限为: 记录事件的通知
Keying		
String encoding (C4.25)	定义了服务器和客户端功能块如何处理 STRING 数据类型: - UTF-8: 读取和写 STRING 类型数据都保持 UTF-8。该方式的优点是 STRING 类型可以用来传输扩展字符集。 - ISO 8859 (默认): 标准和扩展 ASCII 字符集。含有不能转换字符的字符串会因为 Bad_TypeMismatch 而被拒绝。 使用 UTF-8 时, 字符串操作的标准功能有可能不可用或限制性使用。例如, 多字节的 UTF-8 字符串使用 strlen()不会返回希望的结果。	

注意: 在 AR 版本低于 A4.23 时, OPC-UA 的参数是不一

OPC UA Server		
Activate OPC UA Server	on	
Network Settings		
Port number	4840	
Authentication		
Allow anonymous access	on	Allow or prevent anonymous access to the server
Anonymous access rights	Read	Limit rights of anonymously logged on user
User		User with all access rights
Username	admin	
Password	password	
Subscription Settings		
Maximum Sample-Queue Size	100	Limits the maximum sample queue size
DataItem Settings		
Highest Enum Value	1000	Limits the range for the EnumStrings property of the MultiStateDiscreteType



OPC UA server	说明	
Authentication		
Allow anonymous access	On（默认）	指定了匿名访问的访问权限（读，读写）
	Off	禁止匿名访问
Anonymous access rights	Read	只读
	Read/Write	可读可写
User	根据客户端登录数据进行检查的用户名和密码	

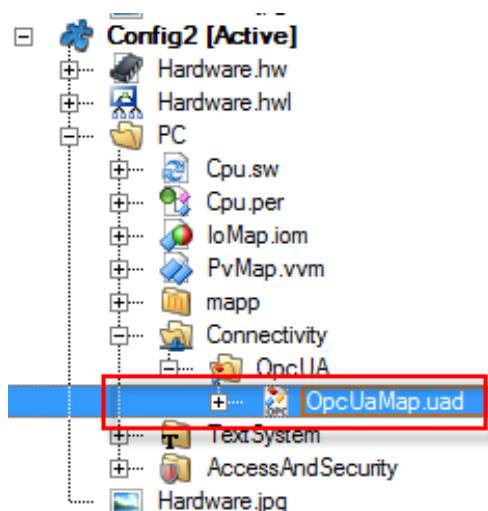
3.2 OPC UA 的默认视图编辑器

使能 OPC UA server 后，需要在默认视图编辑器中使能需要提供给 OPC UA 客户端的数据。

另外，还必须指定每个通讯变量的每个角色下的访问权限。

注意：在 AR 版本低于 J4.08 的旧版本中，所有的过程变量都作为 OPC UA 通讯变量提供。在默认视图编辑器中只能配置访问方式。

默认视图编辑器在 Configuration View 中打开。

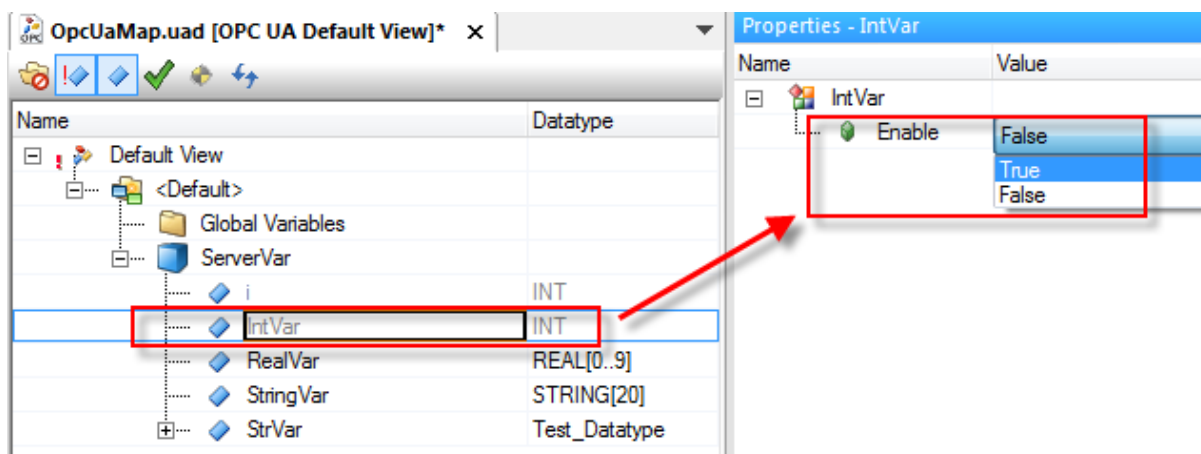


OPC UA 通讯变量使能后，还可以进行其它设置。在后面的内容中，OPC UA 通讯变量也称为 OPC UA 标签。

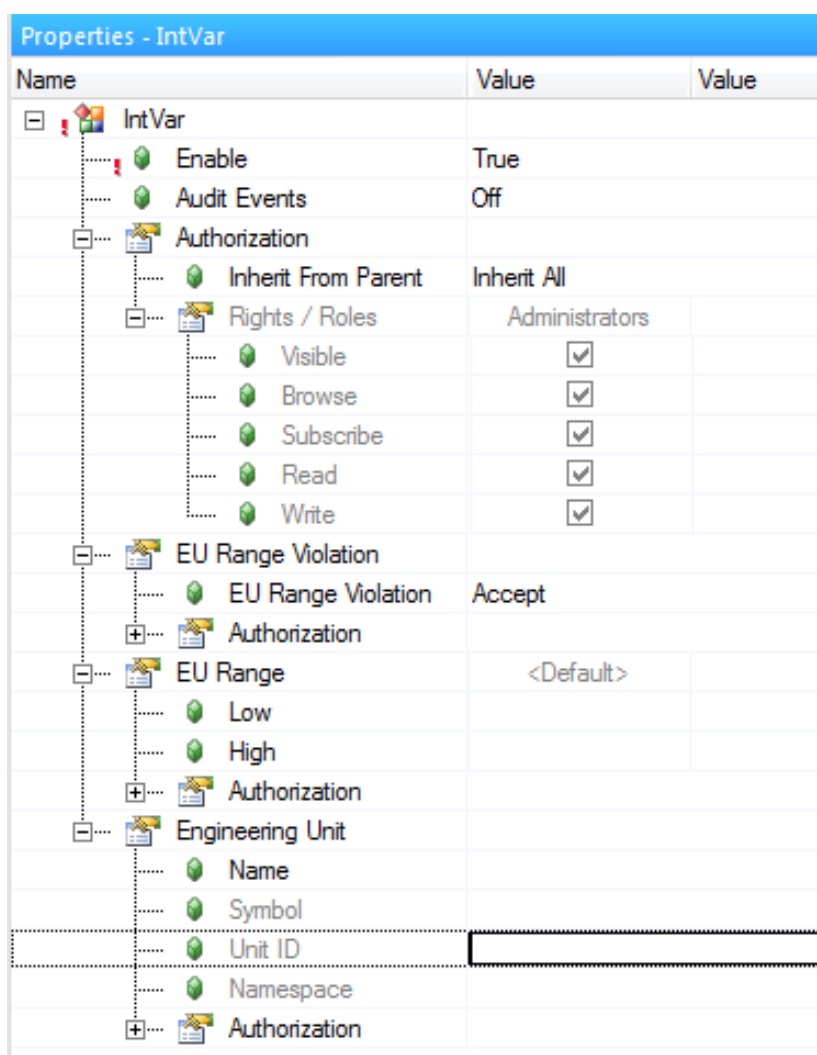
3.3 使能 OPC UA 标签

选中需要使能的变量，有两种方式来使能已选变量：

- 通过工具栏上的按钮
- 通过属性窗口中设置“Enable”属性为“True”

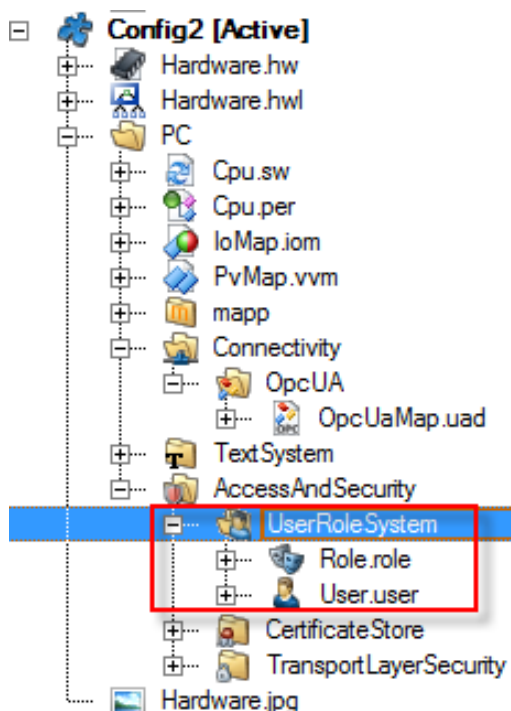


变量使能之后就不再是灰色的了，也可以进行其它设置。

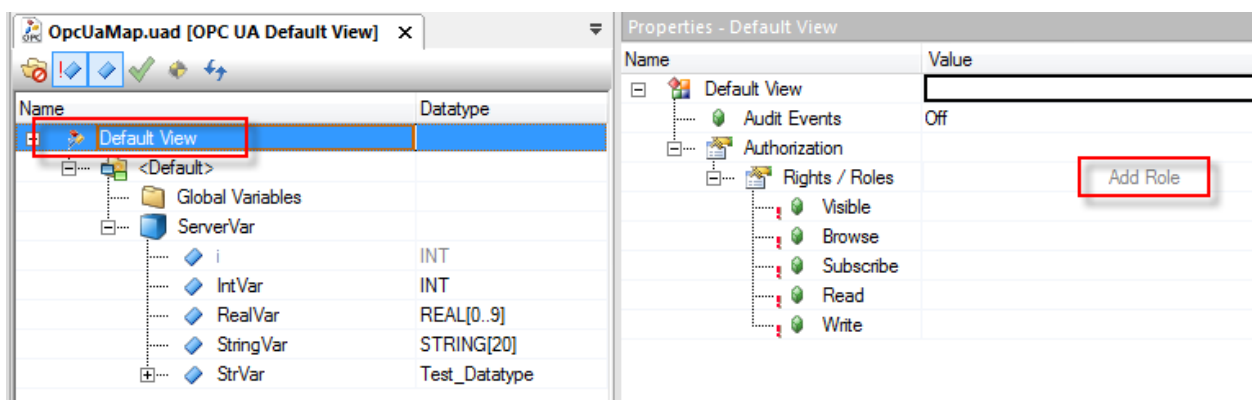


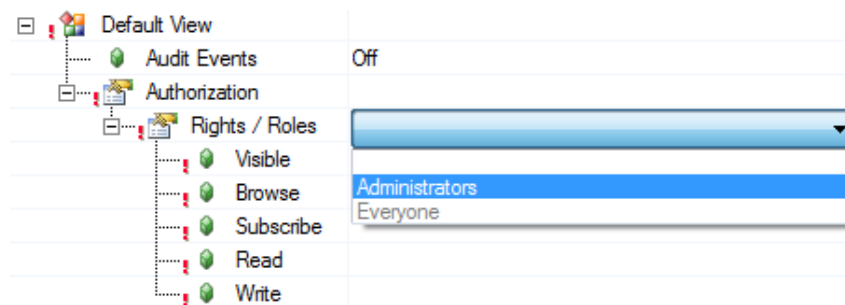
3.4 授权

设置每个 OPC UA 标签在不同用户下的使用权限。该设置是通过设置不同角色下不同权限来实现的。角色是在 UserRoleSystem 中设置的。默认设置中有一个“Anonymous”用户，属于“Everyone”的角色。接下来我们为 OPC UA 系统添加角色。

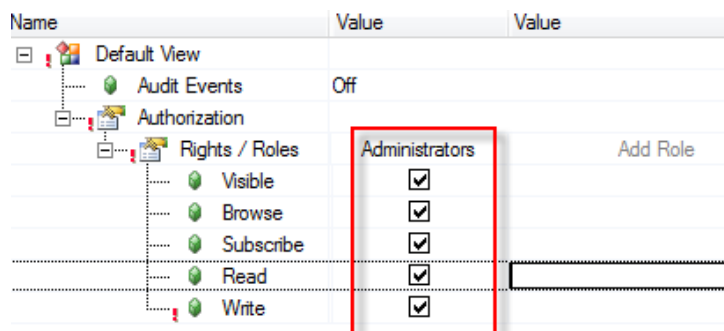


首先，要给整体 OPC UA 系统添加角色，否则在具体的变量中是无法添加角色的。选中“Default View”，在属性中点击“Add Role”会出现下拉框，可以选择需要的角色。





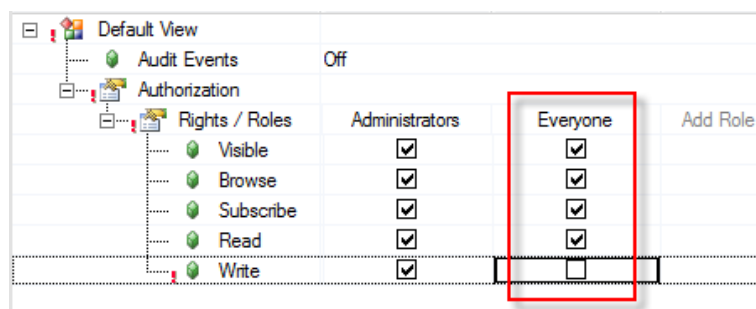
选中一个角色后，可以为该角色设置权限。



可以设置以下几个权限：

权限	说明
Visibility（可见）	OPC UA 标签是否在 OPC UA server 中可见，默认为 True
Browser（浏览）	OPC UA 标签的子成员在 OPC UA server 中是否可浏览，默认为 True
Monitoring（监控）	OPC UA 标签是否在 OPC UA server 中可监控，默认为 True
Read（读）	OPC UA 标签的值是否在 OPC UA server 中可读，默认为 True
Write（写）	OPC UA 标签的值是否在 OPC UA server 中可写，默认为 True

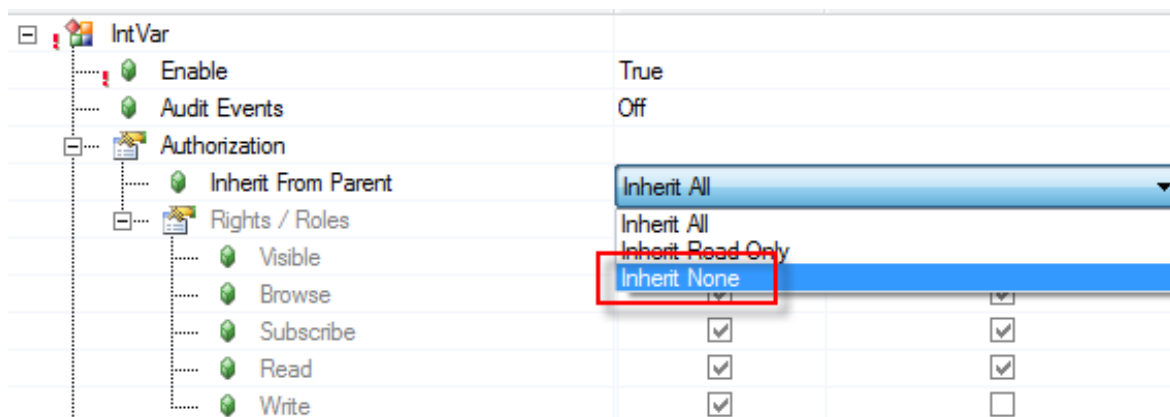
继续点击新出现的“Add Role”可以添加其它角色，并未角色设置权限。



注意，默认情况下，Everyone 的权限是只读，不能写的。

在树状结构中，每个节点都可以设置权限。该节点下的子节点可以直接继承该节点的权限，也可以单独设置权限。

接下来，我们来单独设置具体变量在角色下的权限。选中一个变量，在它的属性窗口中可以设置其权限。默认情况下，权限是继承上一级节点的设置，如果想要修改权限设置，需要首先将继承属性设置为 **None**。



选为 “Inherit None” 之后，“Rights/Roles” 就可以按照需要修改了。

3.5 EU Range

该部分可以对变量（仅限数据类型标签）设置一个范围。当变量被写入的时候，会检查写入值来确定是否处于设定的范围。如果不在范围内，则按照 “EU Range Violation” 中的设置继续操作。

Low 用来设置范围下限值，如果不设置，那么会自动设置为数据类型的下限。

High 用来设置范围上限值，如果不设置，那么会自动设置为数据类型的上限。

“EU Range Violation” 可以设置当值超出范围时的处理方法。

Accept: 接受写入值；

Rejected: 拒绝写入操作（报错 `Error: Bad_OutOfRange`）；

Limit[默认值]: 以离得近的限位值代替写入值（`StatusCode: Good Clamped`）；

[-] EU Range Violation		
[+] EU Range Violation	Accept	
[+] Authorization		
[-] EU Range	<Default>	Add Role
[+] Low	6	
[+] High	100	
[+] Authorization		

对于带有范围限制的变量，可以选择为不同的角色设置不同的范围。如果为某个角色的用户设置了单独的值范围，那么该用户有效的值范围就不再是“Default”设置的值范围。所有的角色都可以定义单独的值范围。

然而，只有在“Default View”节点处添加了并设置了 PV 权限的角色才能选到。

[-] EU Range Violation		
[+] EU Range Violation	Accept	
[+] Authorization		
[-] EU Range	<Default>	Add Role
[+] Low	6	
[+] High	12	
[+] Authorization		

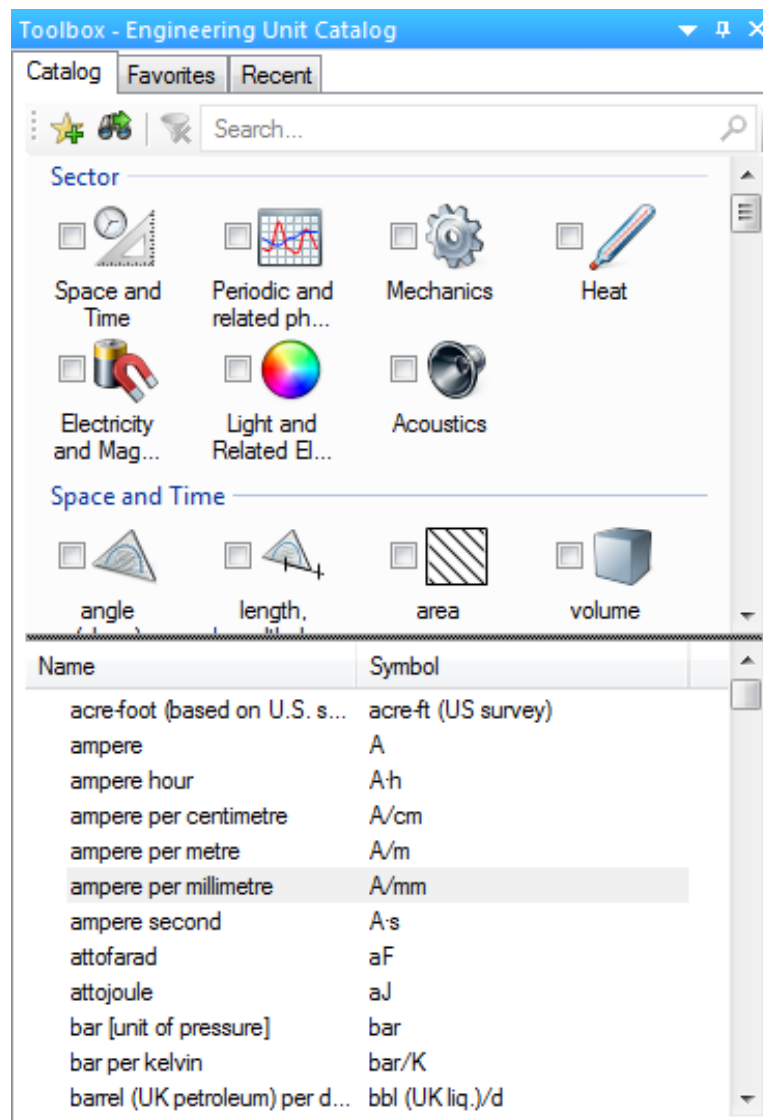
也可以为变量设置动态的值范围。在上下限处设置相应的变量即可。点击下图所示按钮可弹出对话框。

[-] EU Range Violation		
[+] EU Range Violation	Accept	
[+] Authorization		
[-] EU Range	<Default>	Add Role
[+] Low		...
[+] High		
[+] Authorization		

注意：这两项中的“Authorization”如果选择继承，不是继承父节点，而是继承他们所属的变量的权限。

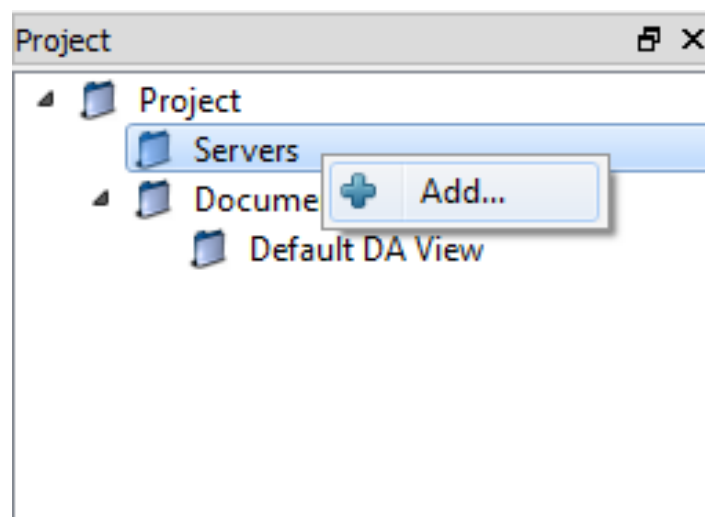
3.6 Engineering Unit

该项配置可以为 OPC UA 变量设置单位。可选单位显示在 AS 的 toolbox 中。选中所需单位，双击或拖拽到变量的 Engineering Unit 处即可。



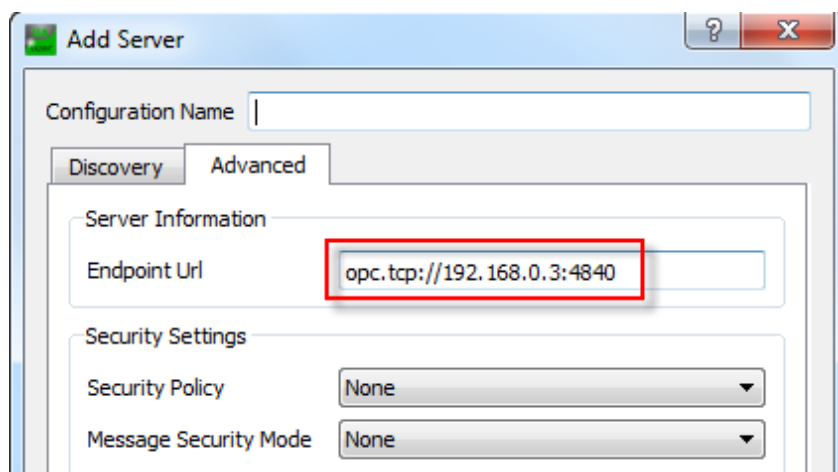
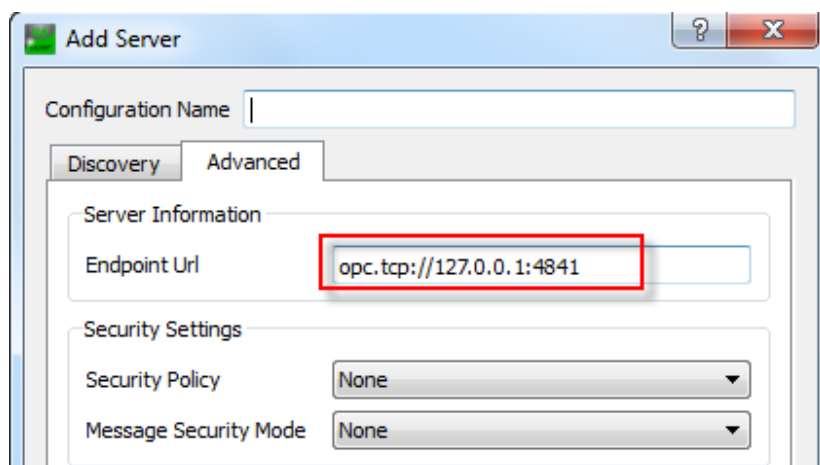
3.7 UaExpert 测试

打开 UaExpert，首先添加一个服务器。

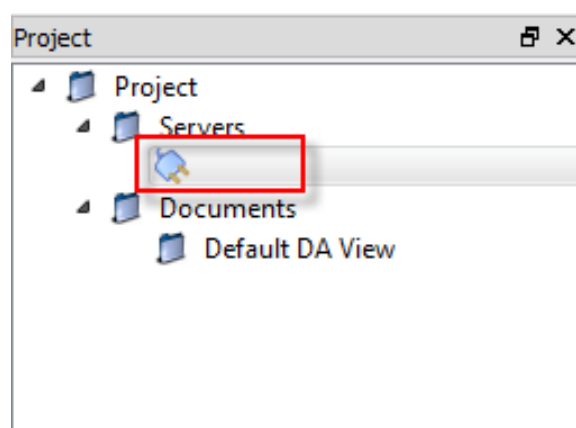
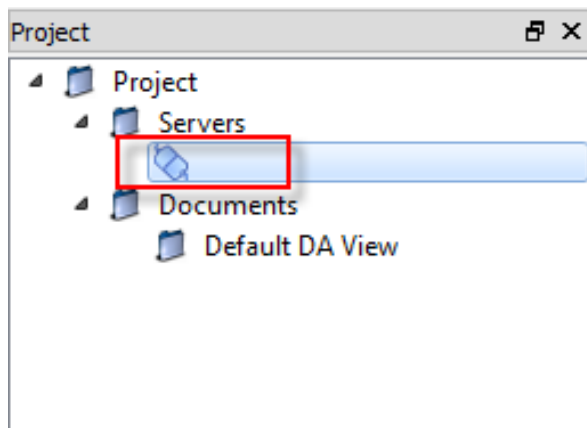




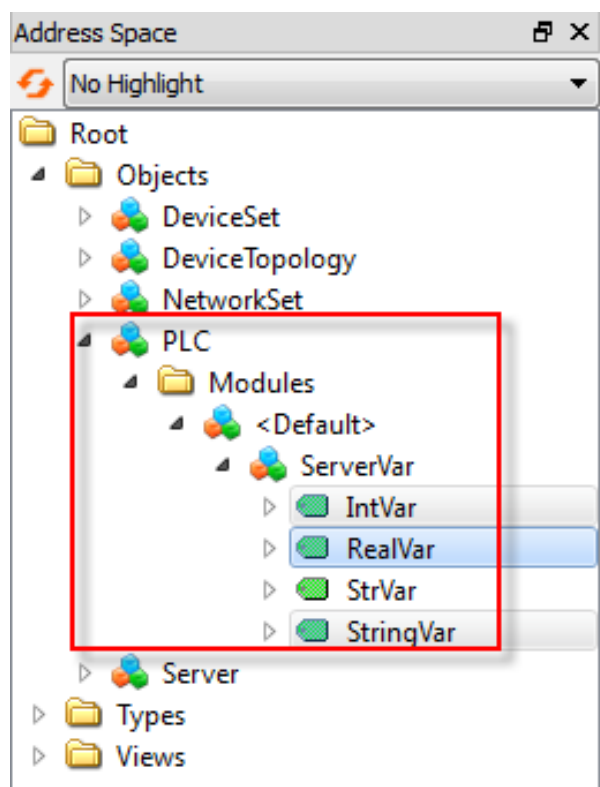
在打开的对话框中，选择“Advanced”选项卡，添加 OPC UA Server 的地址。如下图所示。通常，实际硬件的 OPC Server 的端口号设置为 4840，仿真器的设置为 4841。



如果能够连接上服务器，此时会显示为已连接状态。如果连接不上服务器，则显示断开状态。



连接上之后，就可以在 Address Space 中找到设置好的变量。



选中需要监控的变量，然后拖拽到右边的窗口中，就可以监控变量的运行了。可以看到变量的值以及通讯状态。如果变量的权限设置为可写的话，还可以在这里修改变量的值。

#	Server	Node Id	Display Name	Value	Datatype	Source Timestamp	Server Timestamp	Statuscode
1		NS6 String ::Ser...	RealVar	{5620,5620,5620,5620,5620,5620,5620,5620,5620,5620}	Float	9:54:45.070	9:54:45.070	Good
2		NS6 String ::Ser...	StringVar	Hello	String	9:52:30.152	9:52:30.152	Good
3		NS6 String ::Ser...	IntVar	11240	Int16	9:54:45.070	9:54:45.070	Good

需要注意的是，在 UA expert 中，结构体不能作为一个整体进行通讯，需要单个添加结构体中的变量。



#	Server	Node Id	Display Name	Value	Datatype	Source Timestamp	Server Timestamp	Status
1		NS6(String)::Ser...	RealVar	{6173,6173,6173,6173,6173,6173,6173,6173,6173,6173}	Float	10:03:56.550	10:03:56.550	Good
2		NS6(String)::Ser...	StringVar	Hello	String	9:52:30.152	9:52:30.152	Good
3		NS6(String)::Ser...	IntVar	12346	Int16	10:03:56.550	10:03:56.550	Good
4		NS6(String)::Ser...	BOOL_C	false	Boolean	9:57:23.349	9:57:23.349	Good
5		NS6(String)::Ser...	USINT_A	0	Byte	9:57:25.452	9:57:25.452	Good

3.8 审计 (Audit)

可以为 OPC UA 的变量设置 Audit 属性。这样，当客户端改写了变量时，服务器这边可以记录变量的变化，并有相应的事件号来表示是通过 OPC UA 客户端改写的。

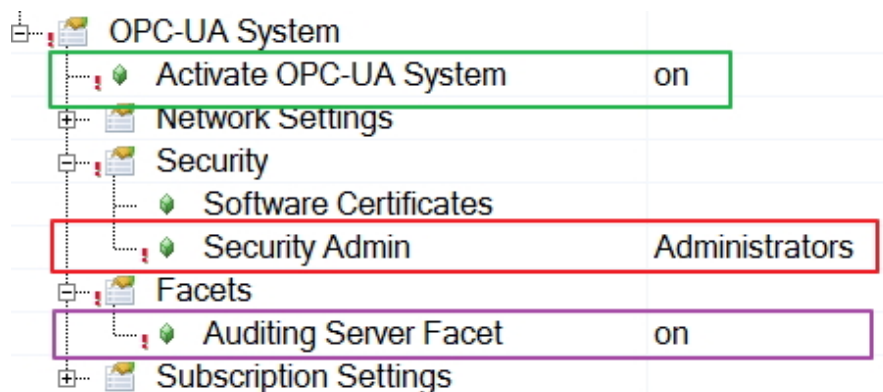
(1) 首先要在 MpAuditEvent 中使能 19 号事件。

可以通过 MpAuditTrailConfig 功能块中的 Config 变量来设置。

AuditConfig		MpAuditTrailCo
Events		UINT[0..9]
Events[0]	UINT	16
Events[1]	UINT	18
Events[2]	UINT	2
Events[3]	UINT	17
Events[4]	UINT	19
Events[5]	UINT	0
Events[6]	UINT	0
Events[7]	UINT	0
Events[8]	UINT	0
Events[9]	UINT	0

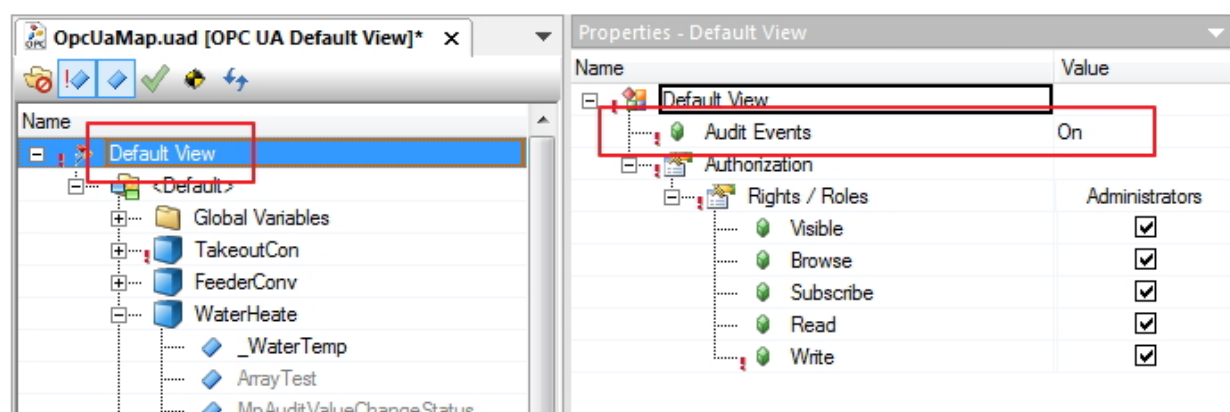
(2) OPC UA 的系统设置

有两个地方需要设置。一是必须设置安全管理员为 Administrator，另一个是把 Auditing Server Facet 设置为 on。



(3) 在 OPC UA 的编辑器中，使能变量的 Audit 属性。

可以在根目录下使能全部，或者单独使能某一个变量的 Audit 属性。



设置完成后，如果在客户端修改了变量的值，服务器这端会生成 Audit 事件（ID19）。如果从服务器这端修改该变量的值，则会生成 ID16 的事件（如果在 MappAudit 中没有配置该变量，则不会生成事件）。

3.9 其它

限制：

- 最多 50 个会话（session）；
- 每个会话最多 100 个订阅；
- 每个订阅最多 1000 个监控项；
- 最小采样周期 10ms；

UA 标签的属性



下表给出了 UA 标签的各属性的信息：

属性 (AR 起始版本, 显示)	说明	
Enable (起始版本 J4.08, 除数组元素外所有标签)	在默认视图中, 设置 OPC UA 标签是否可用。[默认值: False]	
Enable automatically (起始版本 J4.08, 仅限于结构体)	设置结构体元素是否自动使能。[默认值: False]	
Display array elements (起始版本 J4.08, 仅限于数组)	设置数组元素是否可见(在 OPC UA 服务器上是否显示为单独的节点)。[默认值: False]	
Elements inherit properties (-, 仅限于结构体和数组)	设置结构体或数组的子项是否继承配置的属性。[默认值: False]	
Audit Events (起始版本 A4.23, 所有元素)	设置 OPC UA 服务器是否为影响该节点的行为(例如变量值改写)生成 Audit 事件。[默认值: False] 如果该属性设置为 True, 那么所有子项的该属性也将使能, 并且不可以修改(显示为灰色)。 这是因为结构体的子项一旦改变整个结构体就会改变, 所以单个结构体子项不能拿出来。但是可以特别为一个结构体子项使能 Audit 事件。也就是说, 假如在根节点处设置了 Audit 事件, 那么默认视图中的所有元素该属性都会设置为 True。如果某个元素的该属性关闭, 那么它的所有子项的该属性也会关闭。	
Access right (终止版本 Z4.22, 所有标签)	None	该 OPC UA 标签不允许读写访问
	Read	该 OPC UA 标签为只读
	Write	该 OPC UA 标签为只写
	Read/Write[默认值]	该 OPC UA 标签为可读可写
Authorization (起始版本 A4.23, 所有元素)	设置在 OPC UA 服务器中作为节点的所有元素的权限	
Value range violation (起始版本 A4.21, 仅数据类型标签)	设定当写入值超出设定的范围时的处理方法	
	Accept	接受写入值
	Reject	拒绝写入操作(报错 Error: Bad_OutOfRange)
	Limite[默认值]	以离得近的限位值代替写入值(StatusCode: Good Clamped)
Range of value	定义在正常操作下 OPC UA 标签应该的值范围。	

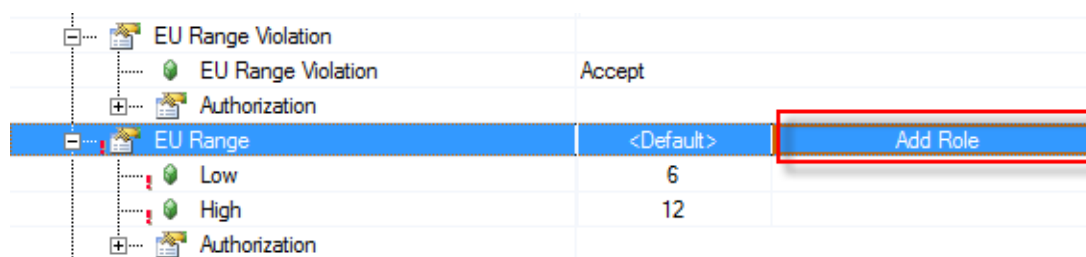
（起始版本 A4.21，仅数据类型标签）	当变量被写入的时候，会检查写入值来确定是否处于设定的范围。按照“Value range violation”中的设置继续操作。
Low	范围下限值。如果不设置，那么会自动设置为数据类型的下限
High	范围上限值。如果不设置，那么会自动设置为数据类型的上限
Unit （起始版本 A4.21，仅数据类型标签）	OPC UA 标签的单位。 不能直接编辑单位，需要从“Engineering Unit Catalog”中通过双击或拖拽添加
Name	单位的完整名称，例如，米每秒
Icon	单位的显示名称，例如，m/s（不能编辑）
Unit ID	单位的 ID 号（不能编辑）
Namespace	定义单位组织的标识（不能编辑）

值范围

基于角色的值范围

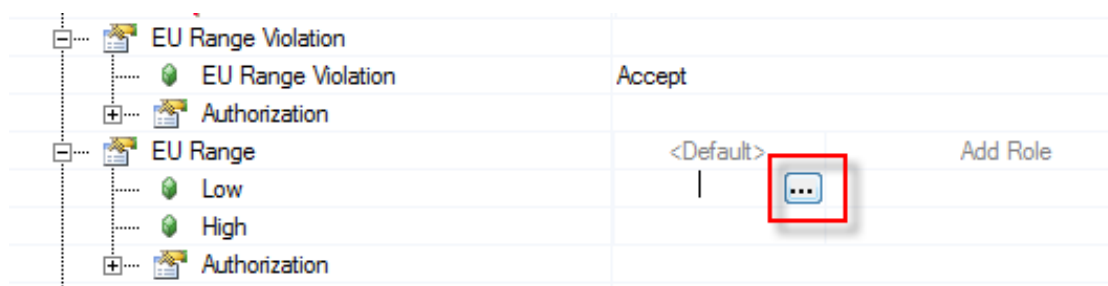
对于带有范围限制的变量，可以选择为不同的角色设置不同的范围。如果为某个角色的用户设置了单独的值范围，那么该用户有效的值范围就不再是“Default”设置的值范围。所有的角色都可以定义单独的值范围。

然而，只有在“Default View”节点处添加了并设置了 PV 权限的角色才能选到。



如果一个用户设置了多个角色，那么第一个添加的角色值范围对该用户有效。

也可以为变量设置动态的值范围。在上下限处设置相应的变量即可。点击下图所示按钮可弹出对话框。



Engineering Unit

该项配置可以为 OPC UA 变量设置单位。可选单位显示在 AS 的 toolbox 中。单位，双击或拖拽到变量的 Engineering Unit 处即可。

