

文章编号:1001-9944(2014)12-0005-04

嵌入式 OPC UA 与 DPWS 的比较与分析

王侃侃^{1,2}, 张华良^{1,2}

(1.中国科学院 网络化控制系统重点实验室, 沈阳 110016; 2.中国科学院 沈阳自动化研究所, 沈阳 110016)

摘要:作为当前工业自动化部署的两大面向服务架构(SOA)技术, DPWS和OPC UA已广泛应用于设备层。但是由于嵌入式设备的内存空间有限, 操作系统简单, 低功耗要求, 尤其是对于一些低成本的芯片, 给SOA技术在嵌入式领域的发展带来了很大挑战。因此文章从DPWS和OPC UA的架构体系以及它们在嵌入式设备中运行的内部机制和占用内存情况进行了比较分析, 并明确了二者在嵌入式领域中的协同工作方向。

关键词:SOA技术; DPWS; OPC UA; 嵌入式设备

中图分类号:TP273 **文献标志码:**A

Comparative Study of Embedded OPC UA and DPWS

WANG Kan-kan^{1,2}, ZHANG Hua-liang^{1,2}

(1.Key Laboratory of Networked Control System, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2.Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

Abstract: As service oriented architecture (SOA) technology, devices profile for web services (DPWS) and OPC unified architecture (OPC UA) were currently more appropriate for the deployment of industrial automation and the major candidates to be deployed at device level in a service-oriented industrial scenario. The embedded devices have small memory, simple operating systems and low-power requirement, especially for low-cost microchips, so that these problems bring great challenges to SOA technology. Therefore, the performance of DPWS and OPC UA was compared and analyzed from their architectures, inner mechanism and processed resource and their application prospects in embedded field were clarified.

Key words: service oriented architecture (SOA); devices profile for web services (DPWS); OPC unified architecture (OPC UA); embedded devices

面向服务的体系架构 SOA (service oriented architecture) 已广泛应用于工业自动化领域的各个层面, 无论是在设备层面还是在系统层面都渗透着 SOA 技术^[1-3]。在这种架构中, 应用程序的不同功能被封装为服务, 服务的接口独立于硬件平台、操作

系统、网络 and 传输协议。服务之间的相互通信, 可以是简单的数据传递, 也可以按照一定的顺序进行服务组合^[4]。SOA 建立了灵活高效的框架模型, 使得不同领域, 不同供应商的应用之间能够互相通信, 而随着工业自动化的不断发展, 嵌入式设备种类的不

收稿日期: 2014-09-12; 修订日期: 2014-10-14

基金项目: 国家科技重大专项基金资助项目 (2013ZX03005004); 国家高技术研究发展计划 (863 计划) 项目 (2014AA041801); 中国科学院战略性先导专项 (XDA06020602, XDA06020500)

作者简介: 王侃侃 (1985—), 男, 工学硕士, 助理研究员, 研究方向为嵌入式 OPC UA 技术; 张华良 (1976—), 男, 工学博士, 副研究员, 研究方向为工业无线网络设计、优化及测试技术。

断增多,实现设备部署和通信的难度也不断提高,而嵌入式 SOA 技术则在很大程度上降低了这个难度,它使得工业领域的设备层是基于服务在通信,因而屏蔽了底层设备硬件细节的差异化。目前,在工业自动化系统中一般都有多个厂商的设备,如果要想实现这些设备之间能够互相发现并且进行通信交互,就要求设备之间具有互操作性,能够对外提供统一的服务和标准化的接口,因此便出现了能够支持嵌入式设备标准化通信的 2 项规范:DPWS(devices profile for web services)^[9]和 OPC UA(OPC unified architecture)^[6]。在文献[7]中就强调了 DPWS 和 OPC UA 的互操作性,给出了在监测应用中二者结合的互操作架构;文献[8]给出 OPC UA 和 DPWS 结合下的数据模型,提出了新的中间件服务器;但是目前的国内外文献中都没有对二者进行全面的比较分析。因此,本文的主要目的是分析 OPC UA 和 DPWS 在框架体系上的差异,并分析它们在内部机制上的优缺点,比较它们在嵌入式设备中的内存占用情况,最后明确二者今后的协同工作方式。

1 OPC UA 简介

传统 OPC 是在微软 Windows 的 OLE 技术基础上发展起来的一种数据交换方法,其目的就是通过一个统一的接口实现不同厂商的软件产品之间的数据交换^[9-10]。但是由于传统的 OPC 技术逐渐显示出其不够灵活、安全机制不足、平台局限、实现和使用过于复杂等诸多弱点,于是 OPC 基金会在 2006 年推出了 OPC UA 来取代传统的 OPC 技术。OPC UA 不再局限于 Windows 系统,而是跨平台的技术标准,是以 SOA、Web Services 为核心的理想数据交换技术。

OPC UA 解决了传统 OPC 存在的安全问题,这是因为安全机制会影响整个系统的性能。OPC UA 传输数据时是可以加密的,并对通信连接和数据本身都可以实现安全控制。新的安全模型保证了数据从原始设备到 MES(manufacturing execution system),ERP(enterprise resource planning)系统,从本地到远程的各级自动化和信息化系统的可靠传递^[9]。

如图 1 所示,为了提高传输性能,OPC UA 还使用了二进制 TCP 传输机制,根据应用的不同需求,传输协议和信息编码可以以不同方式结合,UA

XML 和 UA 二进制消息都可以以 SOAP 方式传输,UA 二进制消息还可以内嵌到 XML 中进行传输。

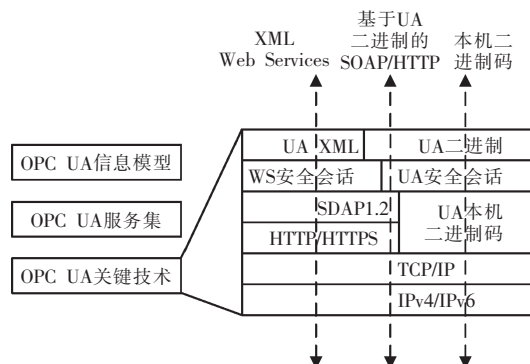


图 1 OPC UA 协议栈

Fig.1 OPC UA stacks

OPC UA 的信息模型^[11]统一了传统 OPC 中不同的数据模型。它利用树形结构进行分层呈现,而且这个结构中的不同部分可以互相引用,这样就形成了由节点组成的相互联系的网状结构,也就是地址空间。节点可以是不同类型,例如:可以在地址空间中进行结构化描述的对象,也可以是进行动态数据描述的变量。客户端可以通过通用服务集对信息模型进行访问、浏览和操作,服务集包括会话服务、读、写和订阅数据的服务,浏览、查询和更改地址空间内容的服务和调用方法的服务。

2 DPWS 简介

DPWS 规范了如何将 Web Services 技术应用于嵌入式设备,它使设备能动态地加入网络并获得 IP 地址,自动宣布自己的名称,发现网络上的其他设备及其提供的服务,DPWS 独立于任何操作系统、编程语言和传输协议,能够无缝地接入现有网络^[12]。

如图 2 所示 DPWS 的底层,即网络层,采用 IP 协议负责数据的接收与发送,第 2 层网络层采用 UDP 或 TCP/IP 协议,第 3 层则保证了嵌入式设备之间的端到端的通信能力,其中 SOAP 协议用于访问网络服务,WS-寻址则为 SOAP 消息的传输提供了统一的寻址方法,第 4 层加强了 SOAP 消息传输的安全性,保证了端到端的安全,其中 WS-安全将安全特性加入 SOAP 的消息头,WS-安全会话则描述了如何认证消息和服务以及建立认证的上下文,第 5 层的 XML 和 MTOM 实现对设备和服务的统一描述,第 6 层包含的是 DPWS 一些内置的服务,WS-发现机制实现嵌入式设备能在网络上广播自己

以及发现其他设备,它采用 UDP 协议和广播地址来广播和监听发现消息,WS-元数据通信实现嵌入式设备能够动态访问其他设备的服务和元数据,WS-事件机制允许其他设备向主机订阅异步消息。

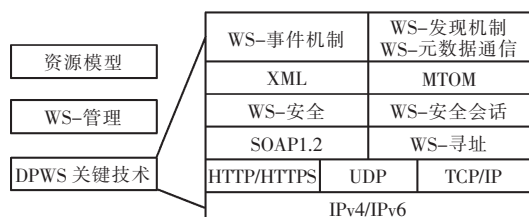


图2 DPWS 协议栈

Fig.2 DPWS stacks

3 OPC UA 与 DPWS 的比较与分析

从本文第 1,2 部分的描述中可看出 OPC UA 和 DPWS 在嵌入式领域的应用中存在很多优势,而目前嵌入式 SOA 技术也主要集中在 OPC UA 和 DPWS 上,因此,对它们的架构体系以及一些机制的比较分析的必要性是不言而喻的,因为这样就能明确 OPC UA 和 DPWS 各自的优势和适用场景,在某些应用场景下能否协同合作,以及未来的发展方向,最大程度地提高工业控制效率。

3.1 架构体系

表 1 给出了 OPC UA 和 DPWS 在架构体系上的特性对比,由此可以看出,它们在标准传输协议、消息协议和编码上是非常相似的,但是 OPC UA 本身又对其协议和编码做了优化,提出了其专有的优化协议,这样大大提高了其消息传输效率和传输安全性。

表 1 OPC UA 与 DPWS 特性对比

Tab.1 Comparison for characteristic between OPC UA and DPWS

特性	OPC UA	DPWS
传输	HTTP1.1	HTTP1.1
消息	SOAP1.2	SOAP1.2
编码	WS-Addressing	WS-Addressing
安全	XML	XML
	WS-Security	WS-Security
	WS-Trust	WS-Trust
	WS-SecureConversation	WS-SecureConversation
传输优化	UA Native	无
	UA SecureConversation	
编码优化	UA 二进制	二进制 XML
发现	WS/Discovery/UDDI	WS-Discovery
交互模式	C/S 或链式 C/S	点对点 C/S
硬件载体	网关/SCADA/HMI	底层设备
建模	UA 信息模型	无

OPC UA 虽然可以被嵌入到底层设备中,但它的框架协议主要针对系统级设备,依靠专有协议访问底层设备,OPC UA 主要采用链式 C/S 模式,其原理是服务器向上层客户端展现设备信息,在链式 C/S 架构中,处于上层的 UA 服务器可以是下层 UA 服务器的客户端。而 DPWS 的设计目标主要针对底层设备,采用端到端的模式,尽管 DPWS 的 C/S 模式可对系统更高级的管理层提供访问接口,但其规范中并没有提供关于 DPWS 能够集成到上层的支持。

3.2 内部机制

OPC UA 和 DPWS 对外都提供一些服务,而正是这些服务在机理上的区别才更能说明这两大框架体系各自的设计目的,下面就从两方面来说明这个区别。

3.2.1 发现服务

OPC UA 的发现服务是一种静态机制,也就是说要实现发现服务需要发现服务器,并且客户端要知道发现服务器的地址,其过程如下:其他服务器要先在发现服务器上注册自己,当客户端得到发现服务器的地址时,就可访问到所有处于网络连接中的 UA 服务器列表。DPWS 则是一种动态发现机制,其过程如下:新加入的设备组播发送自己的描述和服务信息,任何感兴趣的设备可以在标准的组播地址上监听服务的可用通知,如果存在匹配的设备或服务,则自动发送响应消息^[3]。

3.2.2 事件订阅

OPC UA 提供事件和数据的订阅服务,如图 3 所示,在一定取样时间间隔内,数据变化,数据处理和其他事件被压入监听消息队列,但是 OPC UA 服务器与客户端之间关于数据变化和事件的通知消息不是异步传输的。

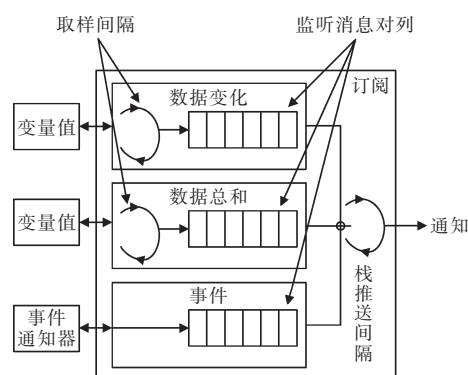


图3 OPC UA 订阅服务

Fig.3 Subscription for OPC UA

如图4所示,当服务器监听到数据变化或事件发生时,通知消息会通过订阅服务被压入消息队列,而不会立刻被传送给客户端,客户端必须去请求服务器上的栈推送服务,这样相应的通知消息才会被发送给客户端。而DPWS的事件推送则是异步传输的。当有事件发生或数据变化时,服务器会立刻把通知消息发送给客户端,不需等待客户端请求。综上所述,DPWS在事件推送机制上的效率要远远高于OPC UA。

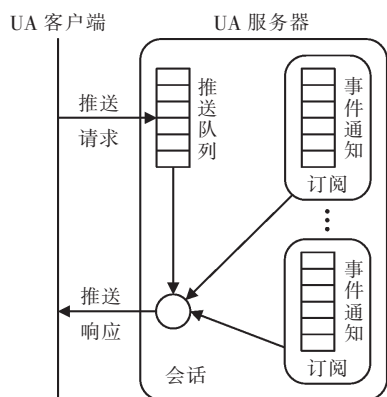


图4 OPC UA 通知消息的传输机制
Fig.4 Transmission for OPC UA

3.3 占用内存

由于低成本嵌入式设备的内存空间非常有限,所以DPWS和OPC UA在嵌入式设备中所占用内存空间大小就成为衡量它们性能和可移植性的重要指标。一方面,因为DPWS必须实现全部TCP/IP,而OPC UA只需实现部分TCP/IP,另一方面,虽然只实现基本服务的OPC UA所占内存资源可缩小到10 kB^[2],但需要重新编写协议栈,从而导致开发周期较长。所以,目前最优的方案是使二者能够协同工作,如图5所示。

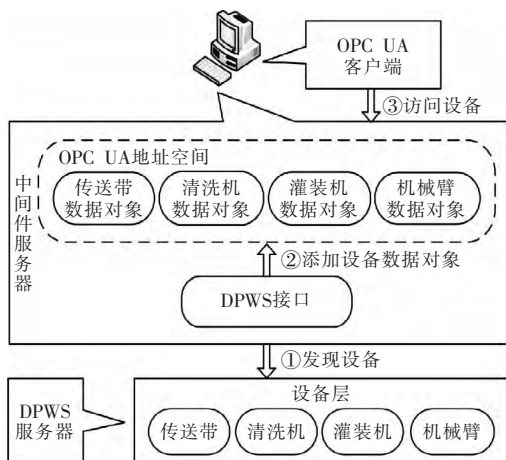


图5 OPC UA与DPWS协同工作
Fig.5 Collaborative working

由于OPC UA的静态发现机制以及在订阅事件中的非异步性可知,DPWS更适合底层设备,所以如图5所示将DPWS服务器嵌入到设备中,这样既实现了嵌入式设备之间的自主发现功能,又使事件变化通知能及时地发送给服务器。在上位机中通过DPWS接口得到设备的数据信息,并在OPC UA地址空间中添加设备的数据对象,将DPWS设备的元数据信息存储在UA地址空间中,这样就可以在信息模型中标识现场设备的层次结构,为了能给OPC UA客户端提供设备更多的信息,DPWS会为每个设备建立单独的服务,它通过分析每个设备的WSDL来得到设备服务和数据结构信息。

4 结语

综上所述,精简的OPC UA适合运行在低成本,内存空间小的嵌入式设备中,完备的OPC UA适合运行在系统级设备中,因它能对外提供非常丰富的服务,所以文章最后提出了OPC UA和DPWS今后的协同工作方式,这种方式不仅使底层设备之间能够自主发现,避免了OPC UA消息传递中的延迟,并且通过OPC UA地址空间可以明确设备类型、属性、变量以及现场设备之间的层次结构,这样可最大程度地提高工业控制精度和效率。

参考文献:

- [1] Candido G, Barata J, Colombo A W, Jammes F. Service-oriented architecture at device level to support evolvable production systems[C]//2010 IEEE International Conference on Industrial Electronics. Bari, 2010: 2669-2674.
- [2] Imtiaz J, Jasperneite J. Scalability of OPC-UA down to the chip level enables "Internet of Things"[C]//2013 11th IEEE International Conference on Industrial Informatics. Lisbon, 2013: 500-505.
- [3] De Deugd S, Carroll R, Kelly K E, Millett B, et al. SODA: Service Oriented Device Architecture[J]. IEEE Pervasive Computing, 2006, 5(3): 94-96.
- [4] 高岩, 张少鑫, 张斌, 等. 基于SOA架构的Web服务组合系统[J]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(4): 729-733.
- [5] OASIS. Devices Profile for Web Services Version 1.1 Specification[EB/OL]. [2014-06-24]. <http://www.oasis-open.org/committees/ws-d-d>.
- [6] OPC Foundation. OPC Unified Architecture (OPC-UA) Specifications[EB/OL]. <http://www.opcfoundation.org/U-A>. 2014-06.
- [7] Lzaguirre MJAG, Lobov A, Lastra JLM. OPC UA and DPWS interoperability for factory floor monitoring using complex event

(下转第17页)

入的固有误差越小,各积分函数的引入误差随着雷诺数的增大逐渐趋于稳定。三声道模型各积分函数的最大误差为 1.5%~2%。层流区域内高斯-勒让德积分误差仍然最大,高斯-雅可比积分及圆管流速修正积分相近,具有最小误差;在 $2000 \leq Re \leq 5000$ 范围内,高斯-雅可比积分具有最小误差;而在 $5000 \leq Re \leq 1.0 \times 10^4$ 范围内,高斯-勒让德积分误差值最小;当 $1.0 \times 10^4 \leq Re \leq 1.8 \times 10^5$ 时,圆管流速修正积分具有最小误差;当 $Re > 1.8 \times 10^5$ 时,圆管最优权重积分具有最小误差。

本设计采用流量测量误差自修正方法进行计算,在软件中设置 4 种数值积分计算函数,系统工作开始,按照预设的测量公式计算出声道流速,定期计算测量管道液体雷诺数,基于计算的雷诺数来修正所采用的数值积分计算函数,通过流速计算积分函数的调整,降低流量计的测量计算误差,进而提高超声波流量计测量精度。

4 实验结果

本流量计的实验条件:超声波换能器工作频率 1 MHz,超声波以 45° 夹角入射,管径 DN 80 mm,流速 3 m/s 时测得的超声波形如图 8 所示。经比对采用三通道流量误差自修正算法较之单通道流量计算测量精度能提高 30% 以上。满足大口径管道进行高精度流量测量的要求。

5 结语

本文设计了一种基于 ARM Cortex-M3 内核的

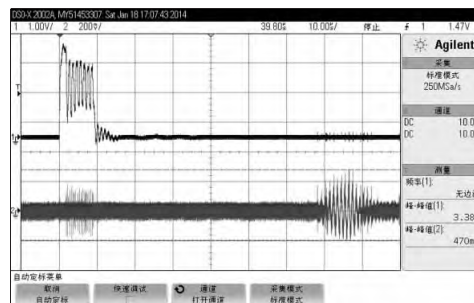


图 8 实测的超声波形图

Fig.8 Ultrasound wave of measured

STM32L 超低功耗微处理器的多通道超声波流量计。详细介绍了该测量仪器的硬件组成和软件设计流程,研究了多通道的数据数字滤波和误差修正算法以提高计量精度,实现了液体流量的计量、存储、在线监控计量数据的功能。该仪器具有计量精度高、使用方便、功能可扩展等优点,该仪器可根据不同行业需求,在软件上稍作更改即可进行功能扩充或修改。

参考文献:

- [1] 王民意,钟新跃.时差法在超声波气体流量计中的应用研究[J].仪表技术与传感器,2013(7):26-28.
- [2] 蔡忠兴,赵辉,徐南.四声道超声波流量计收发电路设计[J].自动化与仪表,2009,24(1):13-17.
- [3] 杨亚,王让定,姚灵.TDC-GP21 在时差法超声波流量计中的应用[J].微电子学与计算机,2013,30(3):118-121.
- [4] 徐方明,朱洁,闫丽,等.电压与增益联合调节的超声波流量计研制[J].仪表技术与传感器,2013(7):29-31.
- [5] 张梦,张辉.高精度超声波流量计的设计[J].工业计量,2010,20(3):35-37.
- [6] 陈强,李伟华,吴婷,等.数值积分函数对超声波流量计精度的影响研究[J].西安交通大学学报,2012,46(9):1-10.

(上接第 8 页)

- processing. In Industrial Informatic[C]//2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics.Lisbon,2011:205-211.
- [8] Bony B,Harnischfeger M,Jammes F.Convergence of OPC UA and DPWS with a cross-domain data model[C]//2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics.Lisbon,2011:187-192.
 - [9] 方辉.OPC UA 服务器地址空间与数据存储研究与开发[D].北京:华北电力大学,2011.
 - [10] 陈柳松.OPC UA 服务器事件管理及订阅功能模块研究与开发

[D].北京:华北电力大学,2011.

- [11] Candido G,Jammes F,et al.SOA at device level in the industrial domain:Assessment of OPC UA and DPWS specifications [C]//2010 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics.Osaka,2010:598-603.
- [12] OPC Foundation.OPC Unified Architecture Specification-Part5: Information Model[EB/OL].http://www.opcfoundation.org/UA.2014-06.
- [13] 李全.基于 DPWS 的工业控制网络及设备描述技术的研究与实现[D].南昌:南昌航空大学,2009.

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告